

Identificación y análisis de indicadores de sostenibilidad para la movilidad

*Identification and analysis of sustainability
indicators for mobility*

Resumen

Autores:
Mg. Arq. Enrique Flores Juca*
 enrique.flores@ucuenca.edu.ec
PhD. Justo García Navarro**
 justo.gnavarroupm.es
Arq. Jessica Chica Carmona*
 jessica.g.chica@outlook.es
Arq. Estefanía Mora Arias*
 estefania.mora@ucuenca.edu.ec

*Universidad de Cuenca
 **Universidad Politécnica de Madrid

*Ecuador
 **España

Recibido: 2 Feb 2017
 Aceptado: 11 Jun 2017

Este estudio es el resultado del proyecto de investigación: *Identificación y análisis de indicadores de sostenibilidad para el transporte: el caso del área rural del cantón Cuenca*. Su objetivo es identificar un conjunto de indicadores de sostenibilidad para el transporte rural con la finalidad de convertirse en una herramienta de planificación que permita mejorar las condiciones sociales, económicas y ambientales, a partir de la medición de los efectos generados por la movilidad rural actual. La conformación del conjunto de indicadores partirá de la aportación de estudios relacionados con el tema en contextos internacionales de los cuales, en virtud de criterios de elegibilidad definidos, se seleccionará los indicadores adecuados. Este conjunto final será aplicado en las parroquias rurales más representativas del cantón Cuenca, constituyendo este proceso el punto de partida para alcanzar una movilidad sostenible deseada.

Palabras clave: Indicadores de desarrollo, tránsito, transporte, transporte público, vialidad.

Abstract:

This study is the result of the research project: *Identification and analysis of sustainability indicators for transport: the case of the rural area of the Cuenca canton*. Its objective is to identify a set of sustainability indicators for rural transport with the aim of becoming a planning tool that allows improving social, economic and environmental conditions, from the measurement of the effects generated by the current rural mobility. The conformation of the set of indicators will start from the contribution of studies related to the subject in international contexts, of which, according to defined eligibility criteria, the appropriate indicators will be selected. This final set will be applied in the most representative rural parishes of the canton Cuenca, constituting this process the starting point to reach a desired sustainable mobility.

Keywords: Indicators of development, public transport, roads, transit, transport.

1. Introducción

En las últimas décadas las ciudades en América Latina han crecido de forma vertiginosa, producto de la urbanización y el crecimiento económico descontrolado, situación que genera el desdoblamiento del área urbana sobre las zonas rurales (Martner, 2016). Este proceso acarrea serios problemas relacionados con la sostenibilidad. En este sentido, se determina que uno de los factores que inciden en el desarrollo de dicho fenómeno, se relaciona con la inadecuada movilidad –aún no resuelta de manera integral– que permita una correcta vinculación entre las zonas urbanas y rurales del territorio (Martner, 2015).

En este contexto, se evidencia que las condicionantes que surgen alrededor de la movilidad rural, ocasionaron un incremento de tiempos y costos de traslado para los habitantes que se desplazan cotidianamente, incidiendo en la actividad económica de la población así como en el deterioro medio ambiental de la zona, causada, hipotéticamente, por la antigüedad de las unidades de transporte que brindan este servicio.

Por consiguiente, para mejorar la movilidad rural es imprescindible contar con información actualizada, que muestre con datos estadísticos la situación actual de esta zona. En este sentido, se inscriben los indicadores, que desempeñan un papel crucial en los sistemas de evaluación (Carrillo-Rodríguez & Toca, 2013), constituyendo un instrumento de carácter cuantitativo que forma una idea clara y accesible sobre un fenómeno complejo, su evolución y cuanto difiere de una situación deseada (Wautiez, Llaverro & Riveros, 2001).

A pesar de la importancia que representan los indicadores en la planificación del transporte, en Ecuador no se encuentran desarrollados con claridad dichos temas, ni se han realizado estudios sobre movilidad rural; situación que demuestra la importancia de identificar y analizar indicadores que permitan medir dicho fenómeno, los mismos que una vez determinados podrán servir a la institución pública encargada, como instrumento que aporta en la toma de decisiones al momento de plantear proyectos de movilidad.

En este contexto, se inscribe el presente estudio con la finalidad de definir un conjunto de indicadores de movilidad que permitan contribuir a la solución de la problemática presentada. Cabe mencionar que este estudio es el resultado del proyecto de investigación: *Identificación y análisis*

de indicadores de sostenibilidad para el transporte: el caso del área rural del cantón Cuenca (2017). Por tanto, el caso de estudio corresponde a Cuenca, tercera ciudad del Ecuador y la principal en actividades económicas en el sur del país; ésta se constituye como la sede administrativa y financiera e industrial del Austro ecuatoriano.

En este sentido, es entendible que la población de diversas zonas de la región, provincia y los sectores rurales llegue hacia ella todos los días por sus actividades cotidianas. Se conoce que el 85% de la población rural de esta Ciudad labora y estudia en el área urbana (Municipalidad de Cuenca, 2015).

La población del área rural del cantón Cuenca utiliza diversos medios para trasladarse a la zona urbana, sin embargo es imposible conseguir información consistente y actualizada sobre este tema; por tanto, los problemas sociales, económicos y ambientales no se conocen de manera cierta. En este sentido, la planificación del transporte rural no tiene un sustento estadístico claro y preciso que ayude en la solución del mismo.

Hasta hace algunos años, se utilizaba la bicicleta como uno de los medios de transporte desde las parroquias rurales cercanas hasta la ciudad de Cuenca; sin embargo, este medio de movilización ya no se utiliza. En la actualidad, el transporte público es el medio más utilizado en el Cantón; éste funciona con cuatro subsistemas: el Sistema Integrado de Transporte (SIT) que atraviesa la Ciudad y abastece a dos parroquias rurales (Baños y Ricaurte); el Transporte Urbano que cubre el área urbana de la Ciudad y las cabeceras parroquiales cercanas; el Transporte Microregional que es la extensión del urbano, y que da servicio a las comunidades más alejadas; y, el Transporte Interparroquial que vincula el área urbana con las parroquias rurales alejadas.

El punto de partida de este estudio es la construcción de un marco teórico que permita profundizar el tema analizado. Se estudian los conceptos de sostenibilidad y movilidad sostenible con su evolución histórica; luego se investiga sobre la utilización y aplicación de indicadores de movilidad en diferentes contextos internacionales; por último, con base en criterios de selección debidamente construidos, se puede realizar una selección definitiva de indicadores a utilizarse para el caso Cuenca. Para definir la jerarquía de los indicadores se utilizó una matriz de Vester que clasifica a los indicadores en: centrales, causas, efectos e indiferentes.

Finalmente, se debate sobre la importancia de contar con indicadores dentro de la planificación, pues a partir de los resultados se podrán crear políticas que permitan implementar modelos alternativos de transportación sostenible, así como jerarquizar proyectos en función de la influencia de los indicadores.

2. Marco teórico

2.1 La sostenibilidad

El término sostenibilidad, usado con tanta frecuencia, aparece tras una época que lleva de la mano el crecimiento económico y la degradación medioambiental como resultado. Dentro de la lógica de producción masiva, lo importante era producir sin medir sus consecuencias; por tanto, se debía pensar que los elementos naturales de la Tierra eran una fuente inagotable de recursos y un receptor de residuos de capacidad infinita. Sin embargo, desde inicios de la década de los setenta, diferentes movimientos en pro de la defensa del medio ambiente, empezaron a manifestarse en contra de la degradación ecológica, poniendo en evidencia los efectos negativos causados por este desarrollo (Justem, 2001).

A finales de los setenta, estos grupos empezaron a señalar esta problemática en distintos escenarios; fruto de este esfuerzo se conformó la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo que se encargó de profundizar el conocimiento y definición de la sostenibilidad (Paniagua & Moyano, 1998)

Con ello, surge el concepto de desarrollo sostenible como “el proceso de cambio en el cual la explotación de recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones, están acordes y acrecientan el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas” (ONU, 1987, citado en Barton, 2006, p.37).

Esta publicación oficial sobre la sostenibilidad impulsó aún más el interés de la comunidad académica y científica en profundizar el conocimiento de aquellos factores que provocan el cambio sustancial en la calidad de vida. Como resultado de ello, se realizan múltiples publicaciones sobre la temática y se establecen diferentes acepciones sobre el término sostenibilidad.

Una de los significados establece que la sostenibilidad promueve la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras (Fernández & Gutiérrez, 2013).

Además, se determina que la sostenibilidad es la relación entre la sociedad y lo ecológico que permite mejorar y desarrollar la calidad de vida, manteniendo al mismo tiempo la estructura, las funciones y la diversidad de los

sistemas que sustentan la vida (Ordoñez & Meneses, 2015).

En general, el término sostenibilidad es descrito por numerosos autores como el camino para solucionar los problemas causados por la acelerada intervención antrópica sobre el sistema natural y ecológico de la Tierra como la contaminación atmosférica, las alteraciones climáticas, la pérdida de biodiversidad, el consumo acelerado de recursos naturales, entre otros.

El proceso investigativo consiguió que este concepto tan amplio de sostenibilidad se incluya en la mayoría de los estudios a realizarse y en el caso del ordenamiento territorial está entre sus objetivos principales (Barton, 2006).

2.2 La movilidad sostenible

La movilidad y el transporte son dependientes, esto implica que para mejorar la movilidad, es necesario mejorar el transporte. Se debe entender al transporte como la acción de trasladar personas y mercancías de un sitio a otro; por tanto, el transporte es concebido como el elemento técnico de la movilidad (García-Schilardi, 2014).

Entonces, se debe entender a la movilidad sostenible como una nueva forma de afrontar los problemas del transporte desde un marco integral, que busca el uso equitativo del sistema vial, la reducción de la degradación ambiental y el incremento de accesibilidad.

Ante estos hechos, los gobiernos han institucionalizado los temas de movilidad desde una nueva perspectiva que, entre otros aspectos, fortalece el “reducir el uso del automóvil privado y promover medios de transporte menos consumidores de suelo y de recursos: el transporte público y los modos no motorizados” (Lizarraga, 2012, p.120).

En consecuencia, los medios de transporte sostenible son los que permiten generar desplazamientos oportunos, seguros, eficaces, no contaminantes mediante el consumo eficiente de energía alternativa con tarifas coherentes, sin amenazar el derecho de otros para moverse ahora ni en el futuro (Cardona, Flórez, Silva & Arango, 2010).

Así, se debe entender que la movilidad sostenible hace referencia a la existencia de patrones de transporte, tránsito e infraestructura vial que permiten cubrir las necesidades medioambientales, económicas y sociales tanto de la sociedad como del territorio (Lizarraga, 2012).

En este sentido, para conseguir proyectos sostenibles que se perfeccionen con el tiempo, es necesario contar con una serie de información de partida que permita conocer a detalle las características de los elementos que conforman la movilidad; y así, en la posterioridad, poder evaluarlos en su proceso de cambio. A esta información se le denominará como indicadores de movilidad sostenible.

3. Metodología de selección de indicadores

A pesar de que el transporte es un componente fundamental en la dinámica de las ciudades, no existen indicadores definidos que permitan medir la eficiencia de sus sistemas; por ello, es necesario establecer una metodología que contribuya a la construcción de éstos:

- Se partirá desde una amplia revisión bibliográfica que muestre diversas propuestas sobre la utilización de indicadores de movilidad sostenible realizados en diferentes países; como primer resultado, se obtendrá un listado de indicadores para sobre ellos, trabajarlos en una segunda instancia.
- Una vez que se ha seleccionado un primer grupo de indicadores de movilidad sostenible, el paso siguiente es la construcción de criterios de elegibilidad que se aplicarán a ellos, con la finalidad de definir cuáles pueden ser utilizados.

3.1 Revisión bibliográfica

A pesar de que la temática de estudio está enfocada a indicadores de movilidad rural, la revisión bibliográfica se desarrolla en el ámbito urbano debido a la carencia de documentos realizados en el ámbito rural. Por ello, se analizan las siguientes propuestas:

Díaz, Cantergiani, Salado, Rojas & Gutiérrez (2007) presentan un sistema de indicadores diseñados para evaluar la sostenibilidad de los patrones de movilidad diaria y el sistema de transporte en las ciudades. El sistema es diseñado a partir de los atributos de un modelo de movilidad sostenible y que se proponen en función de tres componentes: movilidad observada, transporte público y urbanismo. Se parte de la hipótesis de que los patrones de movilidad territorial de una ciudad y la red de transporte público tienen correspondencia con el modelo territorial de dicha ciudad, en términos formales y funcionales.

El Ayuntamiento de Sevilla (2008) establece un conjunto de indicadores que condicionan el proceso de planificación urbanística siguiendo el modelo de ciudad compacta en su organización, eficiente en los flujos metabólicos y cohesionada socialmente. Los indicadores responden a la ordenación del espacio urbano en tres niveles: compacidad, eficiencia y complejidad. Los indicadores se desarrollan en las siguientes temáticas: morfología urbana; espacio público y confort; movilidad y servicios; organización urbana; metabolismo urbano; aumento de la biodiversidad y cohesión social.

En cambio, FEDESARROLLO (2013) tiene el propósito de definir una batería de indicadores del sector transporte que permitan evaluarlo y darle un seguimiento. Para la selección se realiza un barrido de los indicadores

disponibles en el país, los cuales se comparan con los utilizados en otros territorios. Además, tiene presente la necesidad de contar con indicadores de insumo, producto y resultado para cada modo de transporte y para la intermodalidad. El objetivo central es permitir la medición completa del ciclo de generación de valor de las políticas del sector de transporte. En el estudio se realiza un análisis de indicadores de seis sistemas de información internacionales del sector transporte; cuatro corresponden a países latinoamericanos: Perú, Brasil, Chile y México; los otros son Estados Unidos y la Unión Europea.

El grupo de trabajo de Indicadores de Sostenibilidad de la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenibles (2010) propone un sistema municipal de indicadores de sostenibilidad en seis ámbitos: ocupación del suelo, complejidad urbana, movilidad sostenible, metabolismo urbano, cohesión social, aumento de la biodiversidad.

Por otro lado, Jiménez (2008), señala diez pasos para construir indicadores. Tras la aplicación de dichos pasos, el autor establece indicadores en el ámbito del tránsito, transporte y movilidad.

Shiau, Huang & Lin (2013) desarrolla un sistema de indicadores para medir la sostenibilidad del transporte en Taiwán. La investigación parte con una batería de ochenta y nueve indicadores, posteriormente veintiséis son seleccionados como claves, utilizando la teoría de conjuntos aproximados.

Dichos indicadores tienen el inconveniente de que con frecuencia sólo refleja un aspecto muy concreto en la evolución de la movilidad, mas no del sistema de movilidad en su conjunto. Mientras que los indicadores basados en datos sociales muestran una información que mide las pautas de movilidad de los ciudadanos.

Urbano, Ruiz & Sánchez (2011) señalan que la sostenibilidad precisa de indicadores solventes que permitan detectar cambios en la dinámica natural o las variaciones en la actividad socioeconómica. El estudio plantea un sistema de indicadores para el sector del transporte de naturaleza ecléctica cimentada en el modelo Presión-Estado-Respuesta, donde a los componentes básicos de la sostenibilidad se añade la dimensión institucional. El sistema de indicadores propuesto se clasifica en cuatro matrices: capacidad, utilización, aprovechamiento y riesgo; todos ellos basados en el sector del transporte.

En general, los estudios agrupan a los indicadores en grandes temas; una situación común permite observar que los diversos estudios plantean, como necesidad, el conocimiento de la movilidad de manera cuantificada.

3.2 Criterios de elegibilidad para la selección de los indicadores

Los estudios analizados con anterioridad no definen cuántos, ni cuáles deben ser los indicadores que se utilicen para medir el grado de sostenibilidad de la

movilidad en su conjunto. Por ello, es necesario establecer criterios generales que permitan elegir los indicadores más idóneos a utilizarse.

En este sentido, se han definido seis criterios generales y necesarios que servirán de referentes para la selección del conjunto final de indicadores.

1. Relevancia y pertinencia: Se determina si el indicador es apropiado y relevante en el contexto de la movilidad sostenible. Este criterio debe usarse para evaluar la conexión del indicador con los temas que el estudio aborde: tránsito, transporte y vialidad.
2. Claridad de enfoque y significado: El indicador tiene que ser claro y sencillo para que sea fácil de entender e interpretar; su significado debe ser inequívoco y reflejar el objeto de la evaluación de forma precisa.
3. Medibles y verificables: Un indicador debe ser medible en términos cuantitativos o cualitativos, debido a que la mayor utilidad de un indicador es poder compararlo entre la situación medida y la situación esperada. Su cálculo debe estar adecuadamente soportado y documentado para su seguimiento y evaluación.
4. Disponibilidad y calidad de datos: Hace referencia al grado en el que los datos son accesibles para usarse como parte del estudio. Este criterio requiere de la identificación de posibles fuentes de datos –primarios y secundarios–, las cuales deben ser confiables, válidas y completas.
5. Universales y comparables: A pesar de la disparidad de realidades territoriales, se debe

partir siempre del intento de concebir los indicadores con la mayor universalidad posible, procurando que el mismo pueda ser válido para el máximo de territorios y, de esta manera, poder compararlos.

6. Sensibles: Los indicadores deben adecuarse al nivel de agregación del análisis del sistema de estudio; por esta razón, resulta fundamental que estos indicadores sean sensibles a cambios para que se puedan transferir a múltiples ecosistemas y, a su vez, permitan reflejar el cambio de la variable en el tiempo.

El proceso de selección se realiza a través de una matriz formada por el conjunto inicial de indicadores obtenidos a través de la revisión bibliográfica y los criterios generales antes mencionados, en la que se irán descartando aquellos que no cumplan con los requerimientos.

4. Resultados

Se definieron veintinueve indicadores; este conjunto permitirá medir y evaluar la situación actual de la movilidad rural para proponer soluciones en busca de mejorar la problemática detectada.

4.1 Indicadores seleccionados

Es fundamental contar con la fórmula de cálculo de cada indicador, con el fin de conocer los datos requeridos en cada caso y, de esta manera, determinar las posibles fuentes de información.

Para el efecto, se organizaron los indicadores según el ámbito de actuación: tránsito, transporte y vialidad; éstos se muestran en las Tablas 1, 2 y 3.

Cód.	Indicador	Fórmulas
TR1	Índice de motorización	= [Número de vehículos automotores registrados a excepción de los que utilizan energías alternativas (híbridos y eléctricos), en un período de tiempo y una unidad espacial de referencia / Número de habitantes que viven dentro de la unidad espacial de referencia en un período de tiempo] * 1000
TR2	Vehículos privados en circulación	= (Número de vehículos privados de pasajeros que circulan en tiempo dado) + (Número de motos que circulan en el mismo tiempo)
TR3	Viajes en medios no motorizados	= (Viajes realizados a pie y en bicicleta / Total de viajes realizados según las encuestas realizadas) * 100
TR4	Intensidad media diaria en la red vial urbano – rural	= (Intensidad media diaria semanal + intensidad media diaria anual) / 365
TR5	Accidentabilidad de tránsito anual	= (Número total anual de accidentes de tránsito registrados por accidentes de tránsito / Población total del área de estudio) * 100.000
TR6	Vehículos que consumen energía alternativa o renovable	= (Número de vehículos matriculados en el cantón Cuenca que utilizan energía alternativa - renovable / Número de vehículos matriculados en el cantón Cuenca) * 100

Tabla 1: Método de cálculo de indicadores según ámbito: tránsito

Fuente: Universidad de Cuenca, 2017. Elaboración propia

Cód.	Indicador	Fórmulas
TS1	Viajes con transbordos hacia el área urbana	= [Número de viajes que realizan transbordos (viajes que se ejecutan con más de un medio) / Total de viajes realizados hacia el área urbana] * 100
TS2	Tiempo medio de viajes en transporte público por motivo trabajo	= Sumatoria de los tiempo de viajes empleado en transporte público por motivo trabajo / Población que se moviliza por razones de trabajo en transporte público
TS3	Tiempo medio de viajes en transporte público por motivo estudio	= Sumatoria de los tiempo de viajes empleado en transporte público por motivo estudio / Población que se moviliza por razones de trabajo en transporte público
TS4	Tiempo medio de viajes cotidianos hacia el área urbana del cantón en transporte público	= Sumatoria de los tiempos de viajes que se realizan hacia la ciudad por motivo estudio y trabajo en transporte público / Población que se moviliza hacia el área urbana por motivos cotidianos en transporte público
TS5	Costes promedio del usuario de transporte público por motivo de estudio.	= Total del coste del usuario de transporte público por motivo de estudio / Total de usuarios de transporte público consultadas que se movilizan por motivo de estudio
TS6	Costes promedio del usuario de transporte público por motivo de trabajo	= Total del coste del usuario de transporte público por motivo trabajo / Total de usuarios de transporte público consultadas que se movilizan por motivo de trabajo
TS7	Usuarios de transporte público que pagan más de una tarifa completa por motivo de estudio	= Total de usuarios de transporte público que pagan más de una tarifa por motivo de estudio / Total de usuarios de transporte público consultados que se movilizan por motivo de estudio
TS8	Usuarios de transporte público que pagan más de una tarifa por motivo de trabajo	= Total de usuarios de transporte público que pagan más de una tarifa por motivo de trabajo / Total de usuarios de transporte público consultados que se movilizan por motivo de trabajo
TS9	Gasto en transportación en función del nivel de renta familiar disponible	= Gasto mensual de una familia en transporte público / Nivel de renta familiar disponible
TS10	Comunidades con acceso al servicio de transporte público colectivo	= (Asentamientos con servicio de transporte público colectivo / Total de asentamientos de la parroquia) * 100
TS11	Uso de transporte público colectivo	= (Viajes en transporte público colectivo / Número total de viajes realizados según las encuestas realizadas) * 100
TS12	Capacidad vehicular del transporte público colectivo por habitantes	= (Capacidad vehicular del transporte público colectivo / Población total de la parroquia) * 100
TS13	Velocidad promedio del transporte público colectivo	= Distancia total recorrida / Tiempo total empleado para el desplazamiento
TS14	Frecuencia de paso del transporte público colectivo	= FL1 + FL2 + FLn / Total de líneas que abastecen al área de estudio FL: Frecuencia de cada línea de transporte público que sirva al área de estudio
TS15	Edad del parque automotor del transporte público colectivo	= Sumatoria de la edad de las unidades que prestan servicio de transporte público colectivo para zonas rurales / Total de unidades que prestan servicio de transporte público colectivo para dichas zonas rurales
TS16	Calidad del transporte público colectivo	= [Percepción del estado de la unidad (% estado bueno) + Percepción del trato al usuario (% trato bueno) + Percepción de seguridad (% si es seguro) + Percepción sobre la actitud del conductor (% de actitud bueno) + Cumplimiento del horario (% de población que dijo que sí cumple)] / 5

Tabla 2: Método de cálculo de indicadores según ámbito: vialidad
Fuente: Universidad de Cuenca, 2017. Elaboración propia

Cód.	Indicador	Fórmulas
V1	Vías de acceso adecuadas	= [Longitud de vías adecuadas (estado bueno y material de asfalto o concreto) / Longitud total de vías que unen el área urbana con las áreas de estudio] * 100
V2	Espacio viario para peatones	= [Longitud del viario público peatonal (longitud de acera derecha más longitud de acera izquierda) / (Longitud del viario público total)] * 100
V3	Accesibilidad del espacio de tránsito peatonal	= [Longitud del espacio de tránsito peatonal accesible ≥ 1,00m / Longitud total del espacio de tránsito peatonal (longitud de acera derecha más longitud de acera izquierda)] * 100
V4	Espacio viario para bicicletas	= [Longitud del viario público para bicicletas / (Longitud viario público total) * 2] * 100
V5	Nivel de accesibilidad al transporte público colectivo	= (Población bajo cobertura de transporte público colectivo / Total de Población) * 100
V6	Espacio viario para transporte público	= (Longitud carril bus / Longitud total de vías) * 100
V7	Proximidad de paradas de transporte público colectivo	= Población abastecida por las paradas de buses / Población total de la parroquia

Tabla 3: Método de cálculo de indicadores según ámbito: vialidad

Fuente: Universidad de Cuenca, 2017. Elaboración propia

4.2 Los indicadores de movilidad y su relación

La segunda utilidad de la generación de indicadores de movilidad –que, además, permiten conocer la situación actual y su evaluación en el tiempo– resultan ser el instrumento clave para proponer las actuaciones que lleven a mejorar la movilidad.

Esta afirmación se puede observar en la relación de menor o mayor grado que existe entre ellos; la misma que es clasificada en función de la matriz de Vester.

En efecto, los indicadores de movilidad pueden jerarquizarse en: centrales, de causa, de efecto e indiferentes. De esta manera, se conoce los indicadores que mayor influencia tienen (Figura 1).

Esta relación entre indicadores permite reflexionar que una actuación puede ser efectiva para mejorar uno o varios indicadores a la vez, mostrando así la utilidad de conocerlos.

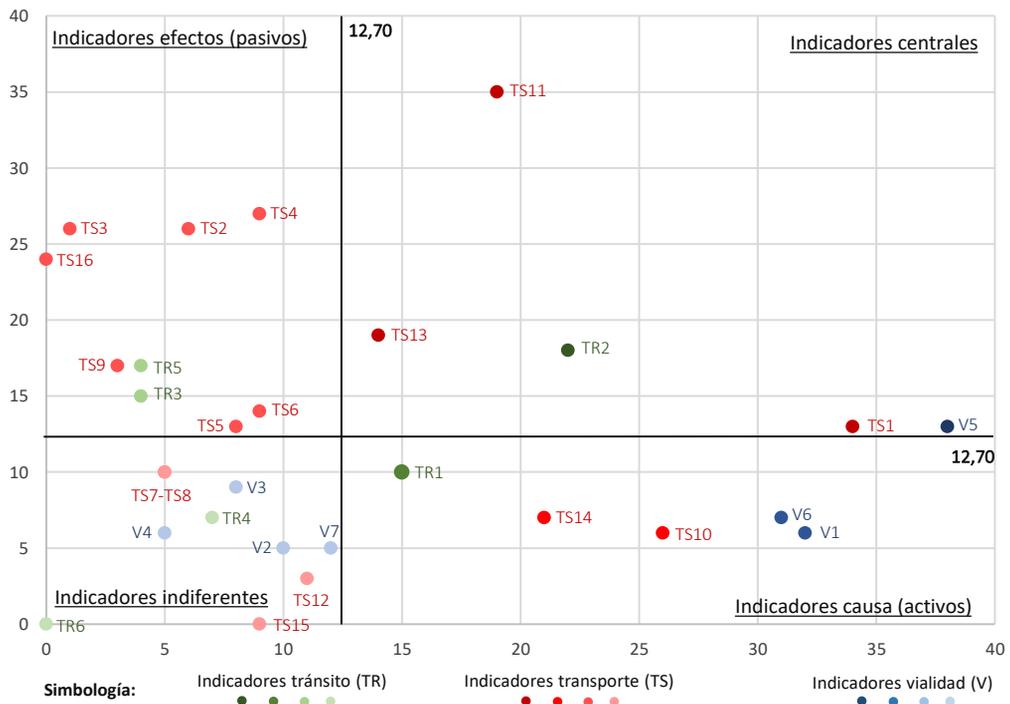


Figura 1: Jerarquización de los indicadores

Fuente: Universidad de Cuenca, 2017. Elaboración propia

5. Aplicación

5.1 Áreas de estudio

Los estudios se aplicarán a la ciudad de Cuenca y la situación a medirse es la movilidad desde las zonas periféricas –parroquias rurales cercanas– hacia las zonas urbanas, en función de los indicadores ya seleccionados con anterioridad.

Para ello, se definen las áreas de estudio en función de la estructuración establecida en El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca (2015); para estructurar una organización policéntrica se definió tres niveles de jerarquización del territorio cantonal:

1. Nodo Articulador del Cantón: Nivel alto de jerarquía que corresponde a la ciudad de Cuenca.
2. Nodo de las Áreas de Desarrollo: Nivel jerárquico intermedio en el que se ubican las cinco parroquias rurales con mayor población y las más cercanas a la Ciudad
3. Nodo de las parroquias: Nivel jerárquico bajo y corresponden a las demás cabeceras urbano-parroquiales.

En este contexto, se establecen que las áreas de estudio serán las parroquias rurales más representativas del Cantón; es decir, aquellas parroquias que conforman los Nodos de las Áreas de Desarrollo: Baños, El Valle, Ricaurte, Sinincay y Tarqui.

Después ser identificadas las parroquias de estudio, en cada una de ellas se seleccionan cuatro asentamientos humanos de mayor jerarquía en el sistema territorial, con el fin de facilitar el levantamiento de información (Figura 2).

5.2 Aplicación, caso Cuenca

Uno de los principales problemas en Cuenca es la carencia de datos actualizados y disponibles, más aún cuando se trata de las zonas rurales en la que la información es muy deficiente e incompleta.

Por esta razón, para el cálculo de indicadores, la mayoría de información se obtuvo a través de fuentes primarias, por medio de levantamientos en campo de las áreas de estudio.

Es importante manifestar que para dar organización al estudio, se agruparon los indicadores según grandes áreas: tránsito, transporte y vialidad como se muestran en las Tablas 4, 5 y 6.

Cabe indicar que al ser este estudio el primero en realizarse, no se cuentan con datos de años anteriores que permita compararlos; por ello, no se pueden realizar evaluaciones sobre la sostenibilidad del indicador.

En consecuencia, el presente análisis constituye la base para futuras mediciones; cuyos resultados esperados serán el incremento o disminución de la variable, según la naturaleza del indicador que estará fundamentado con miras a la sostenibilidad.

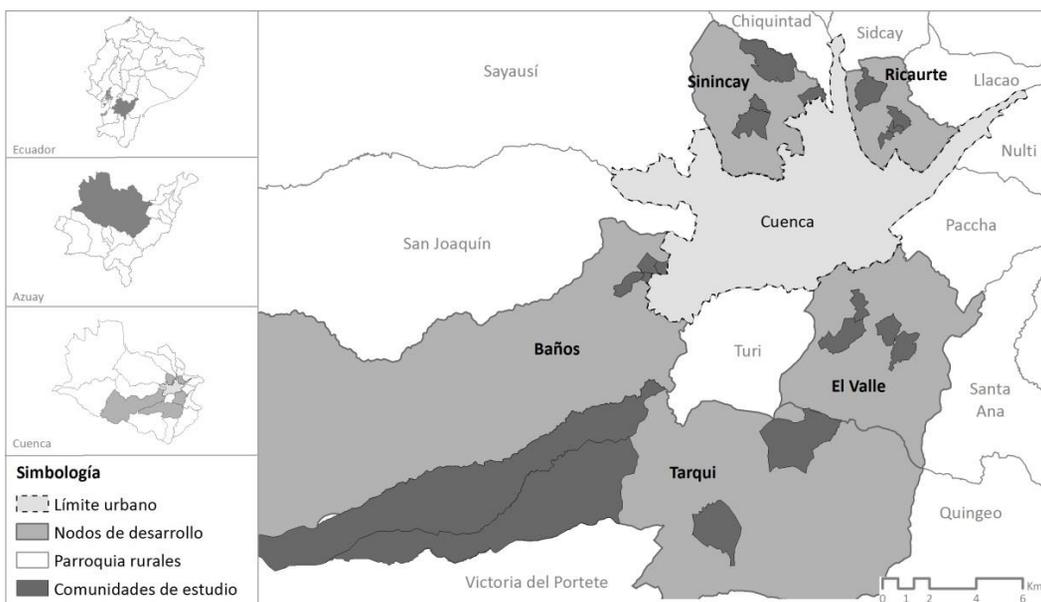


Figura 2: Cantón Cuenca; áreas de estudio
Fuente: Universidad de Cuenca, 2017. Elaboración propia

Cód.	Indicador	Unidad	Parroquias rurales (promedio)	Resultado esperado
TR1	Índice de motorización	Veh./1000 hab.	101	Disminuya
TR2	Vehículos privados en circulación	vehículos	4351	Disminuya
TR3	Viajes en medios no motorizados	%	13	Incremente
TR4	Intensidad media diaria en la red vial urbano - rural	veh./día	5751	Disminuya
TR5	Accidentabilidad de tránsito anual	/ 100mil hab.	82	Disminuya
TR6	Vehículos que consumen energía alternativa o renovable	%	0,2	Incremente

Tabla 4: Parroquias rurales cantón Cuenca; cálculo de indicadores de tránsito

Fuente: Universidad de Cuenca, 2017. Elaboración propia

Cód.	Indicador	Unidad	Nodos de Desarrollo	Resultado esperado
TS1	Viajes con transbordos hacia el área urbana	%	20	Disminuya
TS2	Tiempo medio de viajes en transporte público por motivo trabajo	minutos	54	Disminuya
TS3	Tiempo medio de viajes en transporte público por motivo estudio	minutos	46	Disminuya
TS4	Tiempo medio de viajes cotidianos hacia el área urbana del Cantón en transporte público	minutos	52	Disminuya
TS5	Costes promedio del usuario de transporte público por motivo de estudio	USD	0,4	Disminuya
TS6	Costes promedio del usuario de transporte público por motivo de trabajo	USD	0,5	Disminuya
TS7	Usuarios de transporte público que pagan más de una tarifa diferenciada por motivo de estudio	%	45	Disminuya
TS8	Usuarios de transporte público que pagan más de una tarifa por motivo de trabajo	%	37	Disminuya
TS9	Gasto en transportación en función del nivel de renta familiar disponible	%	10	Disminuya
TS10	Comunidades con acceso al servicio de transporte público colectivo	%	64	Incremente
TS11	Uso de transporte público colectivo	%	60	Incremente
TS12	Capacidad vehicular del transporte público colectivo por habitantes	%	8	Incremente
TS13	Velocidad promedio del transporte público colectivo	km/hora	19	Incremente
TS14	Frecuencia de paso del transporte público colectivo	minutos	12	Disminuya
TS15	Edad del parque automotor del transporte público colectivo	años	13	Disminuya
TS16	Calidad del transporte público colectivo	%	38	Incremente

Tabla 5: Parroquias rurales cantón Cuenca; cálculo de indicadores de transporte

Fuente: Universidad de Cuenca, 2017. Elaboración propia

N°	Indicador	Unidad	Nodos de Desarrollo	Resultado esperado
V1	Vías de acceso adecuadas	%	47,2	Incremente
V2	Espacio viario para peatones	%	27,2	Incremente
V3	Accesibilidad del espacio de tránsito peatonal	%	44,6	Incremente
V4	Espacio viario para bicicletas	%	5,6	Incremente
V5	Nivel de accesibilidad al transporte público colectivo	%	60	Incremente
V6	Espacio viario para transporte público	%	0	Incremente
V7	Proximidad de paradas de transporte público colectivo	%	14,8	Incremente

Tabla 6: Parroquias rurales cantón Cuenca; cálculo de indicadores de vitalidad

Fuente: Universidad de Cuenca, 2017. Elaboración propia

6. Conclusiones

La identificación del conjunto de indicadores de movilidad sostenible es el punto de partida para conocer los efectos de la movilidad sobre los aspectos sociales, económicos y ambientales que afectan a la población y al territorio en general. En este caso, por tanto, constituirán una fuente de información cuantitativa sobre la movilidad rural. Esta información base debe ser evaluada de forma periódica para conocer la variación de los distintos indicadores que complementan el estudio.

En este sentido, el proceso de cálculo y evaluación de indicadores implicará la continua monitorización y levantamiento de información necesaria, para que los resultados obtenidos sean utilizados con suficiencia.

Por tanto, las entidades encargadas de la movilidad son las que deben adoptar, entre sus políticas, la necesidad de contar con el conjunto de indicadores que facilite la toma de decisiones al momento de planificar y desarrollar proyectos referentes al tránsito, transporte y vialidad, con el objetivo de avanzar hacia una movilidad sostenible.

El estudio muestra a través de sus indicadores, que existe un alto porcentaje de población rural, que para movilizarse hacia sus actividades cotidianas tienen que pagar altos costos, los mismos que se miden en la tarifa y en el tiempo utilizado en sus desplazamientos.

Los indicadores de movilidad están relacionados entre sí de diversa manera pues todos son parte de la movilidad, la relación entre ellos se puede medir y permitirá

jerarquizarlos, aquí se genera otro argumento importante del trabajo con indicadores.

La jerarquización de los indicadores de movilidad permite situarlos en: centrales, de causa, de efecto e indiferentes; esta agrupación es definida a través de su relación de dependencia. Al conocer esta relación se puede trabajar sobre las actuaciones más efectivas, que serán aquellas que permitan mejorar uno o varios indicadores de movilidad a la vez.

Se plantea como tema posterior de investigación definir los umbrales o techos deseables de los indicadores según las áreas de estudio y su sistematización en el cálculo.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte financiero de la DIUC (Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca) para la realización del proyecto de investigación *Identificación y Análisis de Indicadores de Sostenibilidad para el Transporte, el Caso del Área Rural del Cantón Cuenca*, ganador del XIII Concurso Universitario de Proyectos de Investigación.

Como citar este artículo/*How to cite this article*: Flores, E., García, J., Chica, J. & Mora, E. (2017). Identificación y análisis de indicadores de sostenibilidad para la movilidad. *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 6(11), 99-109. doi:10.18537/est.v006.n011.a07

Bibliografía

- Ayuntamiento Sevilla. (2008). *Plan especial de indicadores de sostenibilidad ambiental de la actividad urbanística de Sevilla*. Recuperado de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0681581.pdf>
- Barton, J. (2006). Sustentabilidad urbana como planificación estratégica. *EURE*, 32(96), 27–45. doi: 10.4067/S0250-71612006000200003
- Cardona, R., Flórez, L., Silva, S. & Arango, I. (2010). Implementación de buenas prácticas ambientales para reducir las emisiones atmosféricas aportadas por el transporte público colectivo y de carga en el Valle de Aburrá. *Producción + Limpia*, 5(1), 75–94. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552010000100006&lng=es&tln=es
- Carrillo-Rodríguez, J. & Toca, C. (2013). Desempeño sostenible en Bogotá: construcción de un indicador a partir del desempeño local. *EURE* 39(117), 165–190. doi: 10.4067/S0250-71612013000200008
- Díaz, M., Cantergiani, C., Salado, M., Rojas, C. & Gutiérrez, S. (2007). Propuesta de un sistema de indicadores de sostenibilidad para la movilidad y el transporte urbano. Aplicación mediante SIG a la ciudad de Alcalá de Henares. *Cuaderno de Geografía*, 31–50. Recuperado de http://www.uv.es/cuadernosgeo/CG81_82_031_050.pdf
- FEDESARROLLO. (2013). *Indicadores del sector transporte en Colombia*. Recuperado de <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Indicadores-del-sector-transporte-en-Colombia-Informe-Consolidado.pdf>
- Fernández, L. & Gutiérrez, M. (2013). Bienestar social, económico y ambiental para las presentes y futuras generaciones. *Información Tecnológica*, 24(2), 121–130. doi: 10.4067/S0718-07642013000200013
- García-Schilardi, M. (2014). Transporte público colectivo: su rol en los procesos de inclusión social. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 1-20. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/35104/1/35342-199086-1-PB.pdf>
- Grupo de trabajo de Indicadores de Sostenibilidad de la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible. (2010). *Sistema Municipal de indicadores de sostenibilidad*. Recuperado de http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/medio-ambiente-urbano/sistema_municipal_indicadores_sostenibilidad_tcm7-177732.pdf
- Jiménez, R. (2008). *Planificación estratégica y construcción de indicadores en el sector público de Costa Rica. Metodología para la construcción de indicadores*. Recuperado de <http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/4/34184/PresentacionIndicadores.pdf>
- Jusmet, J. (2001). El debate sobre el crecimiento económico desde la perspectiva de la sostenibilidad y la equidad. *Capitalismo, desigualdades y degradación ambiental*, 17. Recuperado de <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/ec/jec7/pdf/plen1-c.pdf>
- Lizarraga, C. (2012). Expansión metropolitana y movilidad: El caso de Caracas. *EURE*, 38(113), 99–125. doi: 10.4067/S0250-71612012000100005
- Martner, C. (2015). Transporte y articulación urbano-rural de una ciudad intermedia mexicana. *Revista Mexicana de Sociología*, 77(2), 215–241. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032015000200002
- Martner, C. (2016). Expansión dispersa, ciudad difusa y transporte: El caso de Querétaro, México. *EURE*, 42(125), 31–60. doi: 10.4067/S0250-71612016000100002
- Municipio de Cuenca. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca*. Ecuador
- Ordoñez, M. & Meneses, L. (2015). Criterios e indicadores de sostenibilidad en el subsector vial. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 81–98. doi: 10.18359/rcin.1433
- Paniagua, A. & Moyano, E. (1998). Medio ambiente, desarrollo sostenible y escalas de sustentabilidad. *Revista española de investigación sociológica*, (83), 151-175. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=757748>
- Shiau, T.-A., Huang, M.-W. & Lin, W.-Y. (2013). Developing an Indicator System for Measuring Taiwan's Transport Sustainability. *International Journal of Sustainable Transportation*, 9 (2), 81-92. doi: 10.1080/15568318.2012.738775
- Universidad de Cuenca (2017). *Identificación y análisis de indicadores de sostenibilidad para el transporte: el caso del área rural del cantón Cuenca*. Ecuador.
- Urbano, P., Ruiz, A. & Sanchez, J. (2011). Indicadores de sostenibilidad para el transporte. Una perspectiva estructural. *XIII Reunión de economía mundial*. Madrid. Recuperado de http://xiiiirem.ehu.es/entry/content/237/cod_049.pdf
- Wautiez, F., Llaveró, A. & Riveros, C. (2001). Indicadores regionales de desarrollo sustentable en Chile: ¿Hasta qué punto son útiles y necesarios? *EURE* 27(81), 85–95. doi: 10.4067/S0250-71612001008100005