



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Sostenibilidad de la capitales de provincia de España

Autor: Francisco Rivero Pallarés

Institución: Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía

e-mail: friverop@hotmail.com

Otros Autores: Josefa María Rodríguez Mellado (Consejería de Educación, Junta de Andalucía)

RESUMEN

Se deduce una función de sostenibilidad que estandariza los valores alcanzados por diferentes indicadores, cada uno medido en diferentes unidades. Se establecen diferentes postulados para los diferentes indicadores a partir de los cuales se deduce el valor del indicador para el que se alcanza una sostenibilidad máxima. Este valor se denomina I_0 . La aplicación de la función de sostenibilidad y del valor I_0 permite realizar un diagnóstico cuantificado sobre el estado de sostenibilidad en que se encuentra un determinado ámbito de estudio y se pueden establecer líneas de acción prioritarias acordes con la situación de sostenibilidad detectada. Esta metodología se aplica al 'Sistema Integrado de Indicadores Urbanos' desarrollado por el Observatorio de Medio Ambiente Urbano de Málaga y presentado en 'Sostenibilidad Local: una aproximación urbana y rural' del Observatorio de Sostenibilidad de España. Los indicadores seleccionados son: Generación de residuos urbanos, Consumo de agua en los hogares, Consumo de energía por habitante, Superficie de zonas verdes, Número de días que se superan los 50 $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$, Tasa de Paro, Índice de motorización, Ratio viviendas no principales/viviendas principales, Densidad urbana. Se deduce el valor de sostenibilidad alcanzado por cada capital de provincia con cada indicador y el valor de sostenibilidad media para el conjunto de indicadores. Los valores obtenidos sugieren un posible orden de prioridades de actuación a realizar en cada ciudad por su ayuntamiento si éste quiere que su ciudad sea realmente sostenible. Las ciudades que alcanzan valores más altos de sostenibilidad media son: San Sebastián (0,4749), Bilbao (0,4510), Pontevedra (0,4383), Logroño (0,3824), Cádiz (0,3483). Se deduce, también, el valor de sostenibilidad medio alcanzado por cada uno de los indicadores para el conjunto de las capitales de provincia. Los valores obtenidos sugieren un posible orden de prioridades en el tipo de actuación a realizar. Todas las ciudades presentan una sostenibilidad nula para la generación de residuos urbanos y para el consumo de energía, y la mayoría de las ciudades presentan una sostenibilidad nula para el consumo de agua. Estos tres son indicadores de metabolismo urbano y sugieren la gran voracidad de las ciudades. La densidad urbana presenta también una sostenibilidad nula en la mayoría de las ciudades, lo que puede estar relacionado con la excesiva ocupación del territorio por el suelo urbano.

Palabras Clave: Función de Sostenibilidad, Sostenibilidad Urbana, Indicadores de Sostenibilidad, Generación de residuos urbanos, Consumo de agua en los hogares, Consumo de energía por habitante, Superficie de zonas verdes, Número de días que se superan los 50 $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$,

1. INTRODUCCIÓN

Los análisis de sostenibilidad realizados hasta el momento no presentan una metodología y unos criterios objetivos que permitan comparar la situación de dos ámbitos de estudio o de dos indicadores distintos. En el mejor de los casos se considera que la sostenibilidad varía entre 0 y 1 según una relación lineal en el que el valor cero de la sostenibilidad corresponde al valor mínimo establecido para el indicador y el valor uno de la sostenibilidad corresponde con el valor máximo establecido para el indicador. Esta relación lineal no se demuestra en ningún momento, simplemente se supone.

El sistema de cuantificación de la sostenibilidad Urban Ecosystem Europe, usado en algunos conjuntos de indicadores asigna los valores de 1 a 7 según la posición que ocupa el valor del indicador con respecto a los demás valores de las diferentes ciudades y, además, se supone que estos valores siguen una distribución normal, aunque no se demuestra estadísticamente que sigan una distribución normal. Otra objeción a este método es que una ciudad puede mejorar o empeorar el valor de la sostenibilidad sin hacer nada especial, simplemente porque las otras ciudades empeoren o mejoren sus valores.

El objetivo de definir una función de sostenibilidad es conseguir la estandarización de los valores de sostenibilidad alcanzados por los diferentes indicadores para comparar distintas zonas de estudio. Cada indicador se mide en diferentes unidades, por lo que la medición de la sostenibilidad para el conjunto de indicadores puede ser complicada. Tampoco se puede establecer una sostenibilidad media de un conjunto de indicadores. Los valores estandarizados van a permitir conocer qué aspectos presentan una menor, o mayor, sostenibilidad según los diferentes indicadores definidos. Se puede realizar un diagnóstico cuantificado sobre el estado de sostenibilidad en que se encuentra un determinado sistema (ciudad, país, actividad económica, etc.) por lo que se pueden establecer líneas de actuación prioritarias acordes con las necesidades detectadas en cada zona de estudio.

El objetivo de este trabajo es seguir en la línea de definir una función de sostenibilidad que permita la estandarización de los valores de sostenibilidad alcanzados por los diferentes indicadores. Como todo el mundo sabe, cada indicador se mide en diferentes unidades, por lo que la medición de la sostenibilidad para un conjunto o batería de indicadores puede ser complicada. Tampoco se puede establecer la sostenibilidad media de dicho conjunto de indicadores.

El trabajo actual es una aplicación a un conjunto de datos presentados en la publicación “Sostenibilidad local: una aproximación urbana y rural” del Observatorio de Sostenibilidad de España, y, más concretamente, en el capítulo “Guía de aplicación para un sistema integrado de indicadores urbanos” desarrollado por el Observatorio de Medio Ambiente

Urbano de Málaga (OMAU) junto con la oficina de cooperación de la Comisión Europea (EUROPEAID) y Naciones Unidas (UNHABITAT).

Los valores estandarizados van a permitir conocer qué aspectos presentan una menor, o mayor, sostenibilidad según los diferentes indicadores definidos. Se puede realizar un diagnóstico cuantificado sobre el estado de sostenibilidad en que se encuentra cada una de las ciudades, y se pueden establecer líneas de actuación prioritarias acordes con la situación de sostenibilidad detectada en cada zona de estudio.

2. METODOLOGÍA

La metodología es similar a la seguida en otra comunicación presentada por los autores en este mismo congreso: Análisis de la sostenibilidad de la ciudad de Sevilla.

2.1. Deducción de la función de sostenibilidad

Debe existir un valor del indicador que produce una sostenibilidad máxima y que denominaremos I_0 . Se postula que el valor de la sostenibilidad sea función de la diferencia entre el valor que alcanza el indicador en un momento dado y el valor del indicador que produce la sostenibilidad máxima, y que la variación del valor de la sostenibilidad en relación con la variación del valor del indicador sea proporcional a dicha diferencia.

También se postula que el estado del sistema, la sostenibilidad, tenga una cierta capacidad de resistencia al cambio, de tal modo que la variación del valor de la sostenibilidad en relación con la variación del valor del indicador sea función del propio valor de la sostenibilidad.

Matemáticamente se puede escribir

$$\frac{dS}{dI} = K * S * (I - I_0) \quad (1)$$

Donde:

(dS/dI) es la variación del valor de la sostenibilidad en relación con la variación del valor del indicador.

K es una constante de proporcionalidad

S es el valor de la sostenibilidad (comprendido entre 0 y 1)

I es el valor del indicador medido en las unidades correspondientes

I_0 es el valor óptimo del indicador, que produce un valor de 1 en la sostenibilidad

Integrando la expresión (1) se obtiene:

$$S = e^{(C2+C1-(I-I_0)^2)} \quad (2)$$

Donde C1 y C2 son constantes de la integración.

Cuando $I = I_0$ entonces $S = 1$, por lo que $C2 = 0$, y la expresión (2) queda

$$S = e^{C1-(I-I_0)^2} \quad (3)$$

El valor de C1 tiene que ser tal que cuando $I = 0$, el valor de $S = 0$, cosa que no es posible al ser una función exponencial. Se puede considerar que el valor de la sostenibilidad sea el valor mínimo que pueda expresarse en la hoja de cálculo; este valor mínimo es 0,00005 si se usan cuatro decimales ya que se redondea a 0,0001. Entonces se deduce que $C1 = -9,9035/I_0^2$, y la expresión (3) queda

$$S = e^{-9,9035 \cdot \left(\frac{I-I_0}{I_0}\right)^2} \quad (4)$$

Si se consideran sólo dos cifras decimales se deduce que $C1 = -5,3/I_0^2$. Y la expresión (3) queda

$$S = e^{-5,3 \cdot \left(\frac{I-I_0}{I_0}\right)^2} \quad (5)$$

Los valores de sostenibilidad que se obtienen son algo más altos que aplicando la expresión (4). Puede considerarse que el cálculo del valor de la sostenibilidad según la expresión (4) es más estricto que dicho cálculo según la expresión (5), por lo que hablaremos de una sostenibilidad *sensu stricto* y sostenibilidad *sensu lato*. La figura 2 muestra el aspecto de la función de sostenibilidad considerando ambas expresiones.

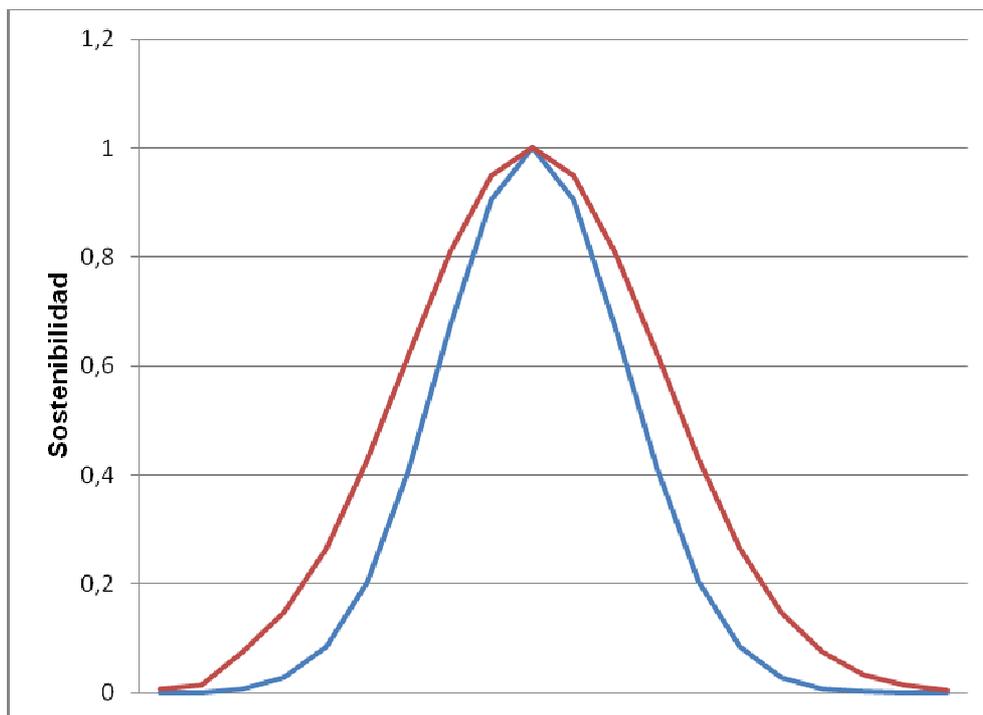


Figura 1. Representación gráfica de la función de sostenibilidad *sensu stricto* (línea azul) y *sensu lato* (línea roja)

Esta gráfica muestra cómo el valor de sostenibilidad presenta un máximo cuando el valor del indicador es I_0 , y cómo la sostenibilidad va disminuyendo conforme el valor del indicador se aleja de este valor I_0 tanto hacia la derecha como hacia la izquierda.

El indicador puede estar definido de tal modo que se use sólo la rama de la izquierda o la rama de la derecha de la función. El primer caso se produce cuando la sostenibilidad varía entre cero y uno cuando $I < I_0$, y la sostenibilidad permanece con el valor de 1 para valores de $I > I_0$, mientras que el segundo caso se produce cuando el indicador alcanza la sostenibilidad de 1 cuando $I < I_0$, y la sostenibilidad disminuye para valores de $I > I_0$.

Puede plantearse la situación que un determinado indicador tenga como valor óptimo cero, es decir que la sostenibilidad sea máxima cuando $I_0 = 0$. En este caso hay que definir un valor máximo del indicador (I_M) que produce una sostenibilidad de cero. Se demuestra que las expresiones (4) y (5) se transforman, respectivamente, en las siguientes expresiones:

$$S = e^{-9,9035 \cdot \left(\frac{I}{I_M}\right)^2} \quad (6)$$

$$S = e^{-5,5 \cdot \left(\frac{I}{I_M}\right)^2} \quad (7)$$

2.2. Aplicación a los datos de la Guía de aplicación para un sistema integrado de indicadores urbanos

La Guía de aplicación para un sistema integrado de indicadores urbanos define una serie de indicadores de sostenibilidad y recoge los valores que alcanzan dichos indicadores en las diferentes capitales de provincia. A continuación se analizan estos indicadores y se definen los valores de I_0 o de I_M para aquellos que pueden medirse. El nombre de cada indicador va acompañado de unas iniciales en mayúsculas que permiten identificarlo en posteriores citas en este documento.

Generación de residuos urbanos (GRU)

Se mide en Kg. residuos/habitante y día (kg/hab día)

Se considera que los residuos urbanos (RU a partir de ahora) son la materia no aprovechada al pasar de un nivel trófico a otro en los ecosistemas. Si se aplica la regla del 10 %, la cantidad de residuos debe ser la indicada en la siguiente figura:

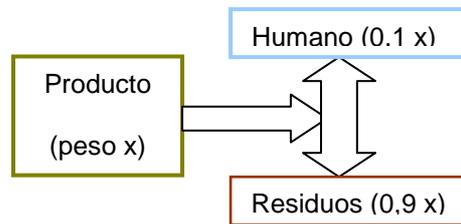


Figura 2. Distribución de las masas según la regla del 10 %. Elaboración propia.

Se concluye que la relación peso RU/peso humano debe ser de 9. Es decir, un humano debe producir nueve veces su peso en RU para que sea ecológicamente sostenible. Hay que conocer el peso medio de los ciudadanos, que denominaremos P_m . El peso medio se ha obtenido combinando los pesos teóricos que deben tener las personas según edad y sexo y la distribución de edades y sexo de cada ciudad. Hay que considerar la materia seca, que se acepta es un 30 % en el cuerpo humano. Por lo tanto se concluye que el valor que se considera óptimo para este indicador es:

$$I_o = 9 \times 0,3 \times P_m / 365 \quad (8)$$

$$I_o = 0,0074 \times P_m \quad (9)$$

Que viene dado en kg/hab día, por lo que la función de sostenibilidad queda

$$SGRU_{ss} = e^{-9,9033 \cdot \left(\frac{I - 0,0074 \cdot P_m}{0,0074 \cdot P_m}\right)^2} \quad (10) \quad \text{ó} \quad SGRU_{sl} = e^{-9,9 \cdot \left(\frac{I - 0,0074 \cdot P_m}{0,0074 \cdot P_m}\right)^2} \quad (11)$$

para valores de $GRU > 0,0074 \times P_m$. Para valores de $GRU < 0,0074 \times P_m$ se considera que la sostenibilidad es igual a 1.

$SGRU_{ss}$ y $SGRU_{sl}$ representan la sostenibilidad para la producción de residuos sensu stricto y sensu lato respectivamente

Tal y como está definido el indicador se considera sólo la rama derecha de la función de sostenibilidad.

Consumo de agua en los hogares (CAH)

Se mide en litros/habitante y día (l/hab día).

Se considera que el agua disponible es la diferencia entre la precipitación (P) y la evapotranspiración (ET) y viene dado en mm, o, lo que es lo mismo, l/m². Es decir:

$$A_{\text{dis}} = P - ET \quad (12)$$

La evapotranspiración se calcula según el método de Thornthwaite según la expresión:

$$ET = 1,6 * \left(\frac{10 * t}{I} \right)^a \quad (13)$$

Donde: -ET es la evapotranspiración potencial (mm/mes)

-t es la temperatura media mensual, medida en grados centígrados

-I es el índice de calor anual

-a se obtiene según la expresión:

$$a = 0,492 + 0,0179 * I + 0,0000771 * I^2 + 0,000000675 * I^3$$

El índice de calor anual se calcula a partir de las temperaturas medias de los doce meses según la expresión:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1,5} \quad (14)$$

Donde t_i es la temperatura media del mes i.

Hay que definir una superficie que recoja el agua disponible. Este trabajo considera que esta superficie debe ser la superficie urbana que debería tener la ciudad supuesto que es totalmente sostenible. Una ciudad puede tener una gran superficie urbana porque tiene una baja densidad de viviendas, situación sobre la que hay un común acuerdo que no es demasiado sostenible. Hay que considerar la superficie que debería tener la ciudad si tuviera una densidad de viviendas sostenible. Más adelante se define un indicador que se denomina Densidad Urbana. En dicho indicador se razona que un valor óptimo puede ser 217,5 hab/Ha. Para deducir cual es la superficie que debería tener la ciudad se realiza el cociente:

$$S_U' = \text{Total habitantes} / 217,5 \text{ hab/Ha} \quad (15)$$

Que viene dado en hectáreas. El total de litros de agua disponible será:

$$\text{Total agua} = A_{\text{dis}} * S_U' * 10^4 \quad (16)$$

El valor óptimo del indicador viene dado por la expresión:

$$I_o = (A_{\text{dis}} * S_U' * 10^4) / (\text{Total habitantes} * 365) \quad (17)$$

Que queda: $I_o = 0,126 * A_{\text{dis}} \quad (18)$

Que viene dado en l/hab día, por lo que la función de sostenibilidad queda

$$SCA_{ss} = e^{-9,9085 - \left(\frac{1-0,126 \cdot A_{\text{dis}}}{0,126 \cdot A_{\text{dis}}}\right)^2} \quad (19) \quad \text{ó} \quad SCA_{sl} = e^{-5,3 - \left(\frac{1-0,126 \cdot A_{\text{dis}}}{0,126 \cdot A_{\text{dis}}}\right)^2} \quad (20)$$

Donde SCA_{ss} y SCA_{sl} representan la sostenibilidad del consumo de agua sensu stricto y sensu lato respectivamente

Para valores de CA > 0,126 * A_{dis}. Para valores de CA ≤ 0,126 * A_{dis} se considera que la sostenibilidad es 1.

Tal y como está definido el indicador se considera sólo la rama derecha de la función de sostenibilidad

Consumo de energía eléctrica por habitante estimado (CEHe)

Se mide en Megavatiohora/habitante y año (Mwh/hab año)



Sea E_h la cantidad de kilocalorías necesarias para el mantenimiento del cuerpo humano en un día. Para transformarlas en Mwh/hab año se tiene:

$$E_h \frac{\text{Kcal}}{\text{hab día}} * \frac{4,187 \text{ J}}{1 \text{ Kcal}} * \frac{1 \text{ Kwh}}{3,6 * 10^3 \text{ KJ}} * \frac{1 \text{ Mwh}}{10^3 \text{ Kwh}} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = E_h * 0,000425 \frac{\text{Mwh}}{\text{hab año}}$$

Si consideramos la regla del 10 %, la energía que necesita una persona para que sea ecológicamente sostenible será

$$I_o = E_h * 0,00425 \text{ Mwh/hab año}$$

El valor de E_h se ha obtenido combinando los valores energéticos que necesitan las personas según edad y sexo y la distribución de edades y sexo de cada ciudad. La función de sostenibilidad queda:

$$SCEH_{ess} = e^{-3,9035 * \left(\frac{I - E_h * 0,00425}{E_h * 0,00425} \right)^2} \quad (21) \quad \text{ó} \quad SCEH_{esl} = e^{-6,8 * \left(\frac{I - E_h * 0,00425}{E_h * 0,00425} \right)^2} \quad (22)$$

para valores de $CEHe > E_h * 0,00425$ Mwh/hab año. Para valores de $CEHe < E_h * 0,00425$ Mwh/hab año se considera que la sostenibilidad es igual a 1

Donde $SCEH_{ess}$ y $SCEH_{esl}$ representan la sostenibilidad del consumo de energía sensu stricto y sensu lato respectivamente

Tal y como está definido el indicador se considera sólo la rama derecha de la función de sostenibilidad.

Los datos que aporta el estudio sobre energía consumida en un año son: energía eléctrica (Mwh/hab), gases licuados del petróleo (Tm/hab), gas natural (Gcal/hab), hidrocarburos totales (Tep/hab) y Renovables (Tep/100 hab). Para calcular el consumo total de energía se transforman estas unidades a Mwh/Hab año.

Superficie de zonas verdes (ZV)

Se mide en metros cuadrados por habitante (m²/hab)

La OMS recomienda el intervalo 10-15 m²/hab. El estándar europeo deseable es de 25 m²/hab. Se considera lo = 20 m²/hab. La función de sostenibilidad queda:

$$SZV_{ss} = e^{-9,9035 \cdot \left(\frac{I-20}{20}\right)^2} \quad (23) \quad \text{ó} \quad SZV_{sl} = e^{-5,3 \cdot \left(\frac{I-20}{20}\right)^2} \quad (24)$$

Donde SZVss y SZVsl representan la sostenibilidad para la superficie de zonas verdes sensu stricto y sensu lato respectivamente

Para valores de SZV > 20 m²/hab se considera que la sostenibilidad es igual a 1.

Tal y como está definido el indicador se considera sólo la rama izquierda de la función de sostenibilidad.

Concentración de PM10 (PM10)

Se mide en µg PM10/m³ de aire. El parámetro más utilizado es el número de días, en un año, en que se supera la concentración de 50 µg PM10/m³ de aire. Se considera que el valor ideal es cero días (lo = cero), el valor de I_M es el valor máximo permitido por la ley, que son 35 días. La función de sostenibilidad queda:

$$SPM10_{ss} = e^{-9,9035 \cdot \left(\frac{I}{I_M}\right)^2} \quad (25) \quad \text{ó} \quad SPM10_{sl} = e^{-5,3 \cdot \left(\frac{I}{I_M}\right)^2} \quad (26)$$

Donde SPM10ss y SPM10sl representan la sostenibilidad para la concentración de PM10 sensu stricto y sensu lato respectivamente

Para valores de PM10 < 35 días. Para valores de PM10 > 35 días la sostenibilidad es igual a cero.

Tasa de paro (TP)

Se mide en porcentaje de la población apuntado al INEM.

Lo ideal es que la tasa de paro sea cero, lo = 0%. Hay que definir I_M . Se considera que, como máximo, puede haber un parado en cada unidad familiar, ya que más de un parado por unidad familiar puede resultar bastante insostenible socialmente. Por lo tanto, el valor de I_M será el cociente entre el número de unidades familiares (UF) y la población en edad laboral, es decir:

$$I_M = UF / \text{Población edad laboral}$$

Las unidades familiares se pueden estimar, a falta de mayor información, dividiendo la población total entre 2,9, ya que según los datos del INE hay 2,9 individuos en cada unidad familiar como promedio. La población en edad laboral será la que se encuentra en el intervalo de edad entre 16 y 65 años. El valor de I_M queda:

$$I_M = \text{Población total} / (2,9 * \text{Población edad laboral})$$

La función de sostenibilidad queda:

$$STP_{ss} = e^{-9,9035 - \left(\frac{I}{I_M}\right)^2} \quad (27) \quad \text{ó} \quad STP_{sl} = e^{-5,3 - \left(\frac{I}{I_M}\right)^2} \quad (28)$$

Donde STP_{ss} y STP_{sl} representan la sostenibilidad para la tasa de paro sensu stricto y sensu lato respectivamente.

Para valores de $TP > IM$ la sostenibilidad vale cero.

Evidentemente puede existir mucha variación del número de unidades familiares de una ciudad a otra.

Índice de motorización (IM)

Se mide en vehículos por cada 100 habitantes. Se propone como indicador el número de habitantes por vehículo (HV), es decir el inverso del valor que da el trabajo analizado. Cuando se habla de VAO se considera que el vehículo debe tener una ocupación mínima

de tres personas, por lo que se propone este valor como valor óptimo, es decir $I_0 = 3$ hab/veh., por lo que la función de sostenibilidad queda:

$$SIM_{SS} = e^{-9,9085 - \left(\frac{I-9}{8}\right)^2} \quad (29) \quad \text{ó} \quad SIM_{Sl} = e^{-5,3 - \left(\frac{I-9}{8}\right)^2} \quad (30)$$

Donde SIM_{SS} y SIM_{Sl} representan la sostenibilidad para los habitantes por vehículo sensu stricto y sensu lato respectivamente

Para valores de $IM < 3$ hab/veh. Cuando $IM \Rightarrow 3$ la sostenibilidad vale 1.

Tal y como está definido este indicador, se considera sólo la rama de la izquierda de la función de sostenibilidad.

Ratio viviendas principales/viviendas no principales (VPVNP)

Mide la relación entre las viviendas principales y las secundarias. Utiliza las mismas definiciones de vivienda vacía y secundaria que utiliza el INE.

Tal y como está definido el indicador, lo ideal es que el cociente sea lo más alto posible; lo ideal es que las viviendas no principales sean cero. Se puede realizar el inverso, es decir el cociente VNP/VP, de tal modo que ahora el valor de lo es cero.

Hay que definir I_M . Parece lógico pensar que una situación insostenible será cuando en una ciudad el número de viviendas no principales supere al de viviendas principales ($VNP > VP$). Se considera que la sostenibilidad vale cero cuando $VNP \geq VP$, por lo que $I_M = 1$. La función de sostenibilidad queda:

$$SVPVNP_{SS} = e^{-9,9085 - \left(\frac{I}{I_M}\right)^2} \quad (31) \quad \text{ó} \quad SVPVNP_{Sl} = e^{-5,3 - \left(\frac{I}{I_M}\right)^2} \quad (32)$$

Cuando $VNP/VP \Rightarrow 1$ la sostenibilidad vale cero.

SVPVNP_{ss} y SVPVNP_{sl} representan la sostenibilidad para el cociente vivienda no principales/viviendas principales sensu stricto y sensu lato respectivamente.

Este indicador puede ser un reflejo del abandono de un núcleo urbano por parte de sus habitantes cuando éstos emigran. También puede ser un reflejo de un exceso de “fiebre constructiva” mal planificada, sobre todo en zonas turísticas. La sostenibilidad vale cero cuando

Densidad urbana (DU)

Se mide en habitantes por hectárea.

Tal y como está definido el indicador, no da mucha información sobre la sostenibilidad de una ciudad. No está definido cuál es el valor óptimo de densidad urbana que produce un máximo de sostenibilidad.

No existen unos criterios objetivos que permitan definir el valor óptimo de la densidad urbana, ya sean viviendas o habitantes, que produce un máximo de sostenibilidad. El único acuerdo es que la ciudad debe ser compacta.

De los valores de densidad de viviendas señalados en diferentes documentos se toma como valor más próximo a la ciudad compacta el de 75 viv/Ha, que es el recogido en la Ley de Ordenación Urbanística de Andalucía como valor máximo posible.

Según los datos del Instituto Nacional de Estadística hay 2,9 individuos en cada unidad familiar como promedio y cada unidad familiar tendrá una sola vivienda, por lo que el número máximo de habitantes por hectárea será $75 * 2,9 = 217,5$. Tenemos que $l_0 = 217,5$ hab/Ha. La función de sostenibilidad queda:

$$SDU_{ss} = e^{-9,9085 - \left(\frac{l - 217,5}{217,5}\right)^2} \quad (33) \quad \text{ó} \quad SDU_{sl} = e^{-5,8 - \left(\frac{l - 217,5}{217,5}\right)^2} \quad (34)$$

Para valores superiores a 217,5 hab/Ha la sostenibilidad vale cero.

SDUss y SDUsl representan la sostenibilidad para la densidad urbana sensu stricto y sensu lato respectivamente.

Tal y como está definido el indicador se considera sólo la rama izquierda de la función de sostenibilidad.

Otros indicadores utilizados en el documento analizado se han descartado para este primer estudio:

-Concentración media anual de NOx: No hay datos de muchas ciudades por lo que se perdería capacidad de comparación.

-Índice de actividad económica: Es un indicador que parece un tanto sesgado ya que no recoge las actividades agrícolas ni ganaderas. Las ciudades con amplias superficies agrícolas a su alrededor van a presentar valores más pequeños que las ciudades con menos territorio agrícola.

3. RESULTADOS

Los resultados que se obtienen cuando se aplican las distintas expresiones matemáticas a los valores de los indicadores en las diferentes ciudades se muestran en las siguientes tablas, donde se recogen el nombre de la ciudad, las iniciales de los diferentes indicadores, el valor que alcanza cada indicador en cada ciudad (fila I), los valores considerados óptimo y máximo de cada indicador y en cada ciudad (filas I_o e I_M), y los valores de sostenibilidad sensu stricto y sensu lato para cada indicador y el valor medio (filas Sost ss y Sost sl).

ALBACETE	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,16	146,6	30,45	7	46	7,85	1,72	0,38	57,65	
I _o	0,47	37,72	9,56	20	0	0	3	0	217,5	
I _M					35	48,96		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,0152	0,0000	0,7752	0,1648	0,2393	0,0048	0,1333
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,87	0,38	0,47	0,06	0,21



ALICANTE	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,29	139,3	19,4	10,4	37	6,76	1,64	0,49	67,59	
Io	0,47	31,96	9,5	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,64		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,1021	0,0000	0,8322	0,1306	0,0928	0,0091	0,1296
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,91	0,34	0,28	0,08	0,21

ALMERIA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	0,8	105,9	17,89	-	43	7,83	1,67	0,46	73,16	
Io	0,46	22,28	9,52	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,24		1		
Sost ss	0,0045	0,0000	0,0005	-	0,0000	0,7785	0,1428	0,1230	0,0128	0,1327
Sost sl	0,06	0,00	0,02	-	0,00	0,87	0,35	0,33	0,10	0,22

ÁVILA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,09	-	29,83	7	26	7,54	1,65	0,5	36,01	
Io	0,47	43,18	9,53	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,54		1		
Sost ss	0,0000	-	0,0000	0,0152	0,0042	0,7950	0,1346	0,0841	0,0010	0,1293
Sost sl	0,00	-	0,00	0,11	0,05	0,88	0,34	0,27	0,02	0,21

BADAJOS	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	0,97	172,3	22,12	-	5	10,47	1,59	0,38	23,67	
Io	0,46	48,47	9,51	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	48,99		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,8170	0,6361	0,1122	0,2393	0,0004	0,2256
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,90	0,78	0,31	0,47	0,01	0,31



BARCELONA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,47	121,6	26,59	6,6	44	4,88	1,75	0,27	199,7	
Io	0,48	71,45	9,47	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,86		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,117	0,0000	0,9129	0,1792	0,4858	0,9356	0,2814
Sost sl	0,00	0,07	0,00	0,09	0,00	0,95	0,40	0,68	0,97	0,35

BILBAO	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,26	112,6	50,47	6,1	56	6,29	2,02	0,13	212,5	
Io	0,48	141,95	9,44	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	51,55		1		
Sost ss	0,0000	1,0000	0,0000	0,0084	0,0000	0,8629	0,3476	0,8459	0,9947	0,4510
Sost sl	0,00	1,00	0,00	0,08	0,00	0,92	0,57	0,91	1,00	0,50

BURGOS	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	10,7	117,5	42,6	-	23	5,93	1,87	0,31	44,17	
Io	0,47	62,57	9,48	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,82		1		
Sost ss	0,0000	0,0005	0,0000	-	0,0139	0,8691	0,2453	0,3861	0,0019	0,1896
Sost sl	0,00	0,02	0,00	-	0,10	0,93	0,47	0,60	0,03	0,27

CÁCERES	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,19	145,3	19,63	16,6	-	8,27	1,6	0,5	35,79	
Io	0,47	56,78	9,51	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	48,61		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,7511	-	0,7508	0,1157	0,0841	0,0010	0,2128
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,86	-	0,86	0,32	0,27	0,02	0,29



CÁDIZ	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,32	201,9	30,22	17,6	18	12,9	2,12	0,25	178,2	
Io	0,48	64,97	9,48	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,24		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,8671	0,0728	0,5068	0,4265	0,5385	0,7231	0,3483
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,93	0,25	0,70	0,63	0,72	0,84	0,45

CASTELLÓN	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,18	-	75,85	7,8	26	4,1	1,5	0,27	81,13	
Io	0,47	45,75	9,55	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	48,51		1		
Sost ss	0,0000	-	0,0000	0,0251	0,0042	0,9317	0,0841	0,4858	0,0204	0,1939
Sost sl	0,00	-	0,00	0,14	0,05	0,96	0,27	0,68	0,12	0,28

CIUDAD REAL	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,3	-	34,48	-	-	8,04	1,83	0,38	36,29	
Io	0,46	40,89	9,49	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,33		1		
Sost ss	0,0000	-	0,0000	-	-	0,7687	0,2217	0,2393	0,0010	0,2051
Sost sl	0,00	-	0,00	-	-	0,87	0,45	0,47	0,03	0,30

CÓRDOBA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,2	155,7	17,89	4,6	19	12,1	1,82	0,3	53,18	
Io	0,47	56,98	9,46	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,13		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0004	0,0028	0,0540	0,5616	0,2161	0,4101	0,0035	0,1387
Sost sl	0,00	0,00	0,01	0,04	0,21	0,73	0,44	0,62	0,05	0,23



CORUÑA (LA)	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,2	112,3	23,55	8,2	23	8,37	1,72	0,35	94,62	
Io	0,48	118,4	9,44	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,11		1		
Sost ss	0,0000	1,0000	0,0000	0,0318	0,0139	0,7586	0,1648	0,2973	0,0424	0,2565
Sost sl	0,00	1,00	0,00	0,16	0,10	0,86	0,38	0,52	0,18	0,36

CUENCA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,3	-	30,62	8,7	56	6,48	1,68	0,51	47,81	
Io	0,47	55,86	9,55	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,01		1		
Sost ss	0,0000	-	0,0000	0,0424	0,0000	0,8468	0,1470	0,0761	0,0024	0,1393
Sost sl	0,00	-	0,00	0,18	0,00	0,91	0,36	0,25	0,04	0,22

GERONA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,47	170,1	25,52	24,3	13	4,68	1,48	0,48	64,36	
Io	0,47	85,52	9,53	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	48,65		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,2551	0,9124	0,0787	0,1021	0,0074	0,2617
Sost sl	0,00	0,00	0,00	1,00	0,48	0,95	0,26	0,29	0,007	

GRANADA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,5	140,8	20,15	-	44	9,63	1,5	0,53	88,59	
Io	0,48	35,85	9,48	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,76		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,0000	0,6901	0,0841	0,0619	0,0308	0,1084
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,82	0,27	0,23	0,16	0,18



GUADALAJARA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,5	170,3	40,1	-	14	4,7	1,62	0,28	41,23	
lo	0,47	55,85	9,56	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	48,58		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,2050	0,9115	0,1230	0,4600	0,0015	0,2126
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,43	0,95	0,33	0,66	0,03	030

HUELVA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,33	164,6	67,57	6	13	9,63	1,76	0,33	78,36	
lo	0,47	51,19	9,5	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	48,94		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078	0,2551	0,6815	0,1842	0,3401	0,0174	0,1651
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,07	0,48	0,81	0,40	0,56	0,11	0,27

HUESCA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,09	148,1	45,4	10,1	5	4,65	1,61	0,43	32,62	
lo	0,47	58,94	9,47	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,79		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,0883	0,8170	0,9203	0,1193	0,1602	0,0008	0,2340
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,27	0,90	0,96	0,32	0,38	0,02	0,32

JAÉN	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	0,97	161,7	20,01	-	24	8,41	1,78	0,33	59,79	
lo	0,46	66,48	9,49	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,12		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,0095	0,7567	0,1944	0,3401	0,0055	0,1633
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,08	0,86	0,42	0,56	0,03	0,25



LEÓN	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,23	151,1	30,24	14,8	37	7,64	1,83	0,38	64,25	
Io	0,48	62,64	9,41	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	51,79		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,5120	0,0000	0,8061	0,2217	0,2393	0,0073	0,1985
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,89	0,45	0,47	0,07	0,29

LÉRIDA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,17	166,6	30,66	9,4	17	4,35	1,67	0,42	57,37	
Io	0,47	37,49	9,54	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,53		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,0619	0,0967	0,9265	0,1428	0,1743	0,0047	0,1563
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,23	0,29	0,96	0,35	0,39	0,06	0,25

LOGROÑO	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	0,95	130,9	53,63	19,9	5	5,38	1,98	0,31	88,43	
Io	0,47	41,87	9,48	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,66		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,9998	0,8170	0,8903	0,3183	0,3861	0,0306	0,3824
Sost sl	0,00	0,00	0,00	1,00	0,90	0,94	0,54	0,60	0,15	0,46

LUGO	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,16	132,7	32,9	11,8	7	8,52	1,6	0,61	82,61	
Io	0,48	128,89	9,45	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,31		1		
Sost ss	0,0000	0,9914	0,0000	0,1892	0,6729	0,7527	0,1157	0,0251	0,0222	0,3077
Sost sl	0,00	1,00	0,00	0,41	0,81	0,86	0,32	0,14	0,13	0,41



MADRID	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,33	157,9	19,72	17	24	5,14	1,61	0,28	86,91	
Io	0,48	46,02	9,47	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,35		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,8003	0,0095	0,9019	0,1193	0,4600	0,0282	0,2577
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,89	0,08	0,95	0,32	0,66	0,15	0,34

MÁLAGA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,63	133,3	17,83	5,7	18	9,96	1,64	0,27	73,3	
Io	0,47	55,58	9,49	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,12		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0005	0,0063	0,0728	0,6655	0,1306	0,4858	0,0129	0,1527
Sost sl	0,00	0,00	0,02	0,07	0,25	0,80	0,34	0,68	0,10	0,25

MURCIA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,26	155,2	39,25	4,2	7	4,25	1,55	0,29	36,54	
Io	0,46	27,41	9,53	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,43		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	0,6729	0,9294	0,0989	0,4348	0,0011	0,2377
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,04	0,81	0,96	0,29	0,64	0,03	0,31

ORENSE	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,08	137,5	22,11	8,2	9	9,76	1,43	0,5	43,54	
Io	0,48	94,19	9,43	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	51,31		1		
Sost ss	0,0000	0,1232	0,0000	0,0318	0,5195	0,6988	0,0664	0,0841	0,0018	0,1695
Sost sl	0,00	0,33	0,00	0,16	0,70	0,83	0,23	0,27	0,03	0,28



OVIEDO	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,05	-	26,12	-	24	6,94	1,97	0,32	123,3	
Io	0,48	114,5	9,46	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	48,85		1		
Sost ss	0,0000	-	0,0000	-	0,0095	0,8188	0,3112	0,3627	0,1558	0,2369
Sost sl	0,00	-	0,00	-	0,08	0,90	0,54	0,58	0,37	0,35

PALENCIA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,05	167,2	34,33	10	34	8,11	1,89	0,34	70,56	
Io	0,48	44,43	9,46	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,07		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,0841	0,0001	0,7712	0,2577	0,3183	0,0109	0,1603
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,27	0,01	0,87	0,48	0,54	0,09	0,25

PALMA MALL.	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,75	140,4	29,13	-	9	5,65	1,29	0,31	66,05	
Io	0,47	43,33	9,56	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	47,77		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,5195	0,8706	0,0400	0,3861	0,0082	0,2281
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,70	0,93	0,18	0,60	0,08	0,31

Las PALMAS	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,2	-	14,53	1,6	14	11,37	1,72	0,34	116,3	
Io	0,48	4,87	9,46	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,07		1		
Sost ss	0,0000	-	0,0582	0,0002	0,2050	0,6001	0,1648	0,3183	0,1174	0,1830
Sost sl	0,00	-	0,22	0,01	0,43	0,76	0,38	0,54	0,32	0,33



PAMPLONA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,24	145,3	42,91	0,8	17	6,06	1,67	0,31	102,4	
Io	0,47	82,85	9,45	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,62		1		
Sost ss	0,0000	0,0036	0,0000	0,0001	0,0967	0,8677	0,1428	0,3861	0,0626	0,1733
Sost sl	0,00	0,05	0,00	0,01	0,29	0,93	0,35	0,60	0,23	0,27

PONTEVEDRA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	-	162,3	18,87	-	0	8,63	1,56	0,39	60,76	
Io	0,47	204,25	9,47	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,29		1		
Sost ss	-	1,0000	0,0001	-	1,0000	0,7382	0,1021	0,2217	0,0058	0,4383
Sost sl	-	1,00	0,01	-	1,00	0,85	0,29	0,45	0,06	0,52

SALAMANCA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,2	172,7	27,83	-	36	8,94	1,96	0,43	59,04	
Io	0,48	40,40	9,41	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	52,01		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,0000	0,7463	0,3042	0,1602	0,0052	0,1520
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,86	0,53	0,38	0,06	0,23

S. SEBASTIÁN	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,34	163,5	41,63	22,5	3	5,01	1,77	0,4	93,69	
Io	0,48	188,96	9,41	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	51,2		1		
Sost ss	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,9298	0,9095	0,1892	0,2020	0,0404	0,4749
Sost sl	0,00	1,00	0,00	1,00	0,96	0,95	0,41	0,43	0,18	0,55



SANTA CRUZ	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,35	120,3	15,77	5,5	30	8,2	1,42	0,32	77,69	
Io	0,48	14,53	9,56	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	47,95		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0153	0,0055	0,0007	0,7485	0,0641	0,3627	0,0167	0,1348
Sost sl	0,00	0,00	0,11	0,06	0,02	0,86	0,23	0,58	0,11	0,22

SANTANDER	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,6	187	32,16	7,9	45	5,98	1,76	0,3	74,87	
Io	0,48	148,43	9,45	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,11		1		
Sost ss	0,0000	0,5124	0,0000	0,0267	0,0000	0,8685	0,1842	0,4101	0,0141	0,2240
Sost sl	0,00	0,70	0,00	0,14	0,00	0,93	0,40	0,62	0,10	0,32

SEGOVIA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,3	151,5	37,59	11,4	21	4,33	1,61	0,39	54,99	
Io	0,47	50,68	9,5	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	51,25		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,1602	0,0283	0,9317	0,1193	0,2217	0,0040	0,1628
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,38	0,15	0,96	0,32	0,45	0,05	0,26

SEVILLA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,41	137	18,48	6,2	59	9,38	1,69	0,31	71,78	
Io	0,47	56,22	9,47	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,81		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0001	0,0090	0,0000	0,7038	0,1513	0,3861	0,0117	0,1402
Sost sl	0,00	0,00	0,01	0,08	0,00	0,83	0,36	0,60	0,09	0,22



SORIA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1	161,9	47,23	12,8	45	5,27	1,52	0,57	58,68	
Io	0,47	55,92	9,45	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	51,93		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,2771	0,0000	0,9030	0,0898	0,0400	0,0051	01461
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,95	0,28	0,18	0,06	0,22

TARRAGONA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,4	217	51,97	-	19	5,38	1,6	0,43	44,9	
Io	0,47	54,16	9,5	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,42		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,0540	0,8893	0,1157	0,1602	0,0020	0,1526
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,21	0,94	0,32	0,38	0,04	0,23

TERUEL	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	-	122,7	66,24	-	2	5,17	1,51	0,46	41,27	
Io	0,47	39,25	9,5	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,93		1		
Sost ss	-	0,0000	0,0000	-	0,9682	0,9030	0,0869	0,1230	0,0015	0,2975
Sost sl	-	0,00	0,00	-	0,98	0,95	0,27	0,33	0,03	0,37

TOLEDO	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,5	169,5	38,1	-	40	4,43	1,69	0,33	12,16	
Io	0,47	35,62	9,49	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	48,78		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,0000	0,9216	0,1513	0,3401	0,0001	0,1766
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,96	0,36	0,56	0,01	0,24



VALENCIA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,26	119,2	21,29	5,4	10	5,44	1,61	0,36	163	
Io	0,47	46,83	9,49	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,84		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,0051	0,4455	0,8887	0,1193	0,2771	0,5366	0,2525
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,06	0,65	0,94	0,32	0,50	0,72	0,35

VALLADOLID	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,2	176	34,61	11,1	24	7,23	1,9	0,26	55,3	
Io	0,48	46,87	9,46	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,58		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	0,1407	0,0095	0,8101	0,2641	0,5120	0,0041	0,1934
Sost sl	0,00	0,00	0,00	0,35	0,08	0,89	0,49	0,70	0,05	0,29

VOTORIA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,06	121,8	44,75	39,2	8	5,67	1,79	0,14	32,49	
Io	0,48	90,52	9,51	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	48,68		1		
Sost ss	0,0000	0,3065	0,0000	0,0000	0,5961	0,8743	0,1997	0,8236	0,0008	0,3112
Sost sl	0,00	0,53	0,00	0,00	0,76	0,93	0,42	0,90	0,02	0,40

ZAMORA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,3	207,4	31,61	-	31	8,33	1,79	0,35	57,98	
Io	0,48	37,62	9,48	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	50,78		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,0003	0,7661	0,1997	0,2973	0,0049	0,1585
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,87	0,42	0,52	0,06	0,24

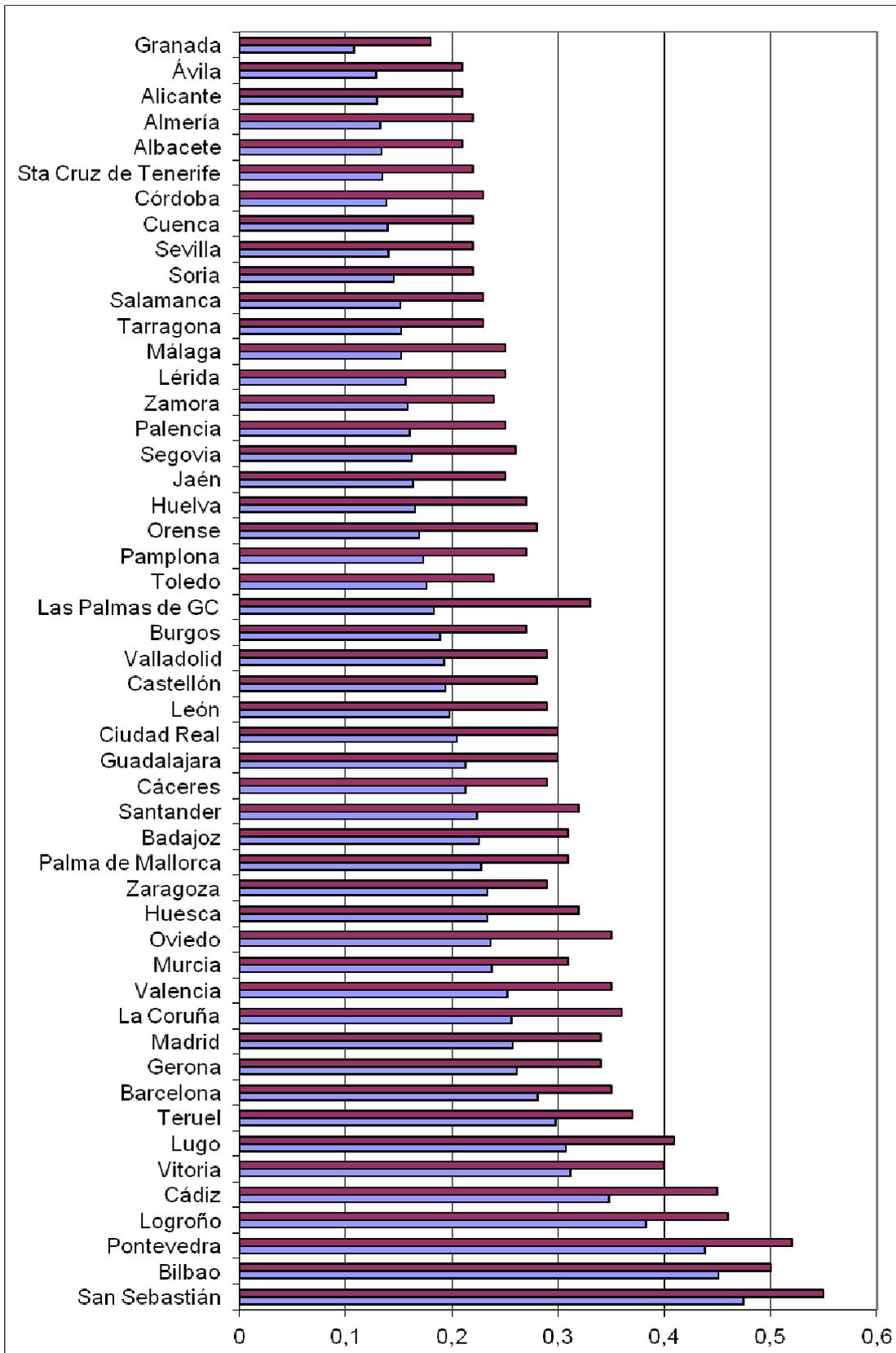
ZARAGOZA	GRU	CA	CEHe	ZV	PM10	TP	IM	VNPVP	DU	SM
I	1,33	116,1	34,29	-	124	4,43	2,09	0,25	24,07	
Io	0,48	31,00	9,49	20	0	0	3	0	217,5	
IM					35	49,94		1		
Sost ss	0,0000	0,0000	0,0000	-	0,0000	0,9250	0,4020	0,5385	0,0004	0,2332
Sost sl	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,96	0,61	0,72	0,02	0,29

La figura 3 resume los datos de sostenibilidad media sensu stricto obtenidos para capital de provincia.



Figura 3. Distribución geográfica de la sostenibilidad urbana en España. Cada provincia está coloreada según el valor de sostenibilidad media que tiene la capital de provincia correspondiente. Elaboración propia.

La figura 4 (página siguiente) es una gráfica-resumen con los valores de sostenibilidad media sensu stricto (azul) y sensu lato (rojo) de cada una de las capitales de provincia.



La figura 5 muestra los valores medios de sostenibilidad que obtiene cada indicador en el conjunto de las capitales de provincia.

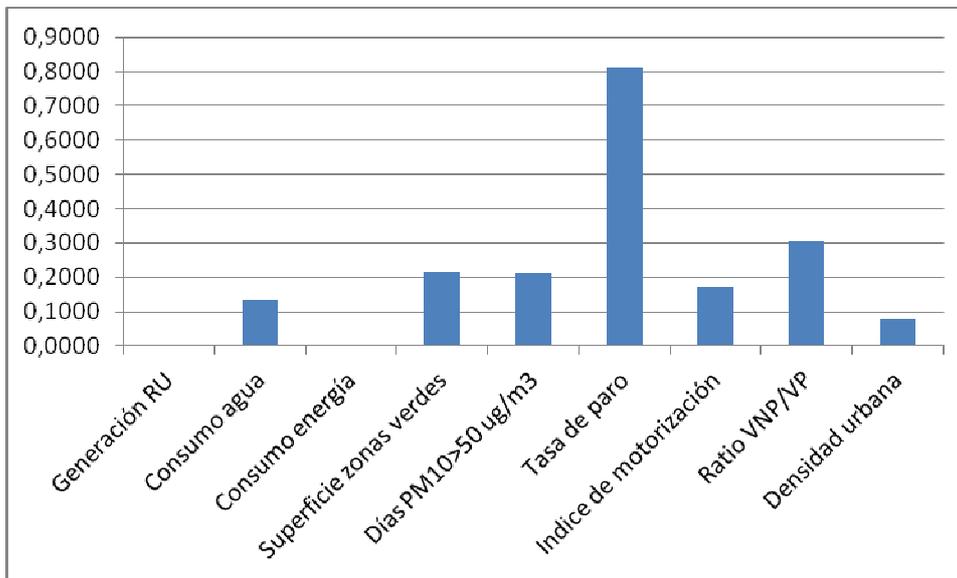


Figura 5. Valores medios de sostenibilidad que alcanzan los diferentes indicadores analizados.

4. CONCLUSIONES

Puede observarse como la inmensa mayoría de las capitales de provincia de España (43 de 50) presentan una sostenibilidad baja o muy baja, y que ninguna supera el valor de sostenibilidad de 0,5000.

Los indicadores analizados que presentan sistemáticamente valores muy bajos, incluso el valor 0,0000, son los relacionados con el metabolismo urbano: Generación de residuos urbanos, Consumo de agua y Consumo de energía. Este resultado está en consonancia con los planteamientos establecidos en diferentes foros internacionales y que se resume en la frase “La batalla por la sostenibilidad se ganará o se perderá en las ciudades”.

La generación de residuos urbanos y el consumo de energía alcanzan unos niveles claramente insostenibles. Se puede realizar la crítica fácil de que son una muestra de la sociedad consumista en la que estamos metidos. La concienciación ciudadana es fundamental para reducir el valor de ambos indicadores, y los ayuntamientos deben colaborar en todos los procesos que aumenten dicha concienciación. También deben procurar que la ciudad resultante tras la correspondiente revisión del Plan de Ordenación Urbana sea una ciudad más compacta, que prime el transporte público y el uso de la bicicleta. La Administración Central y la Autónoma deben legislar, y hacer que se

cumpla la ley, para reducir tanto envase inútil que inunda los supermercados y las grandes superficies, que lo cargan los ciudadanos y termina siendo un Residuo urbano.

El consumo de agua presenta unos valores ligeramente mejores de sostenibilidad. La mayoría de las ciudades españolas presentan un problema adicional: la escasa agua disponible a causa de las características climatológicas de la mayor parte de la Península Ibérica. Los ayuntamientos deben fomentar todas las medidas de ahorro y, sobre todo, dar ejemplo evitando el uso indiscriminado de agua. Es fundamental que las EDAR realicen tratamiento terciario que permitan reutilizar el agua depurada.

La Densidad urbana es otro indicador con valores muy bajos de sostenibilidad. Este indicador está relacionado con la morfología urbana y, en cierta manera, mide el grado de compactidad de la ciudad. Se habla mucho de la ciudad compacta, mediterránea, etc., pero la realidad es que muy pocas capitales de provincia son realmente ciudades compactas tal y como se deduce de los valores de sostenibilidad obtenidos. Hay que repetir que los ayuntamientos deben procurar que la ciudad resultante tras la correspondiente revisión del Plan de Ordenación Urbana sea una ciudad más compacta. Las viviendas no principales (VNP) contribuyen a que la ciudad sea algo menos compacta. Existen demasiadas VNP en las ciudades españolas. En algunos casos pueden ser el resultado de la pérdida de población por migración, en muchos casos son el resultado de aspectos relacionados con el turismo; en otros muchos casos son el resultado de una especulación urbanística que nadie ha sabido o querido parar.

Relacionado con la morfología urbana y con el consumo de energía está el Índice de motorización. La conclusión a la que se llega es que hay demasiados vehículos privados. El Planeamiento Urbanístico debe fomentar el VAO. El gran número de vehículos circulando es una de las causas de la presencia de partículas en la atmósfera (PM10) y contribuye a que este indicador presente valores bajos de sostenibilidad en la mayoría de las ciudades.

La mayoría de las ciudades españolas presentan un claro déficit de zonas verdes, y, claramente, es el ayuntamiento quien debe establecer dichas zonas verdes.

La tasa de paro parece muy sostenible. No hay que olvidar que los datos son anteriores a la actual crisis económica y la tasa de paro era muy inferior a la actual. Una estimación actualizando datos produce un valor medio de sostenibilidad de 0,2000, y bajaría aún más el valor de sostenibilidad medio de las capitales de provincia.