

The relationship between quality of life, sense of belonging, and green spaces in urban environments in the city of Durango, Mexico

La relación entre la calidad de vida, sentido de pertenencia y áreas verdes en ambientes urbanos en la ciudad de Durango, México

René H. Blancarte-Siqueiros¹; Gustavo Perez-Verdin^{2*}; Armando Cortes-Ortiz²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria. C. P. 04510. Coyoacán, Ciudad de México, México.

²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR. Sigma 119, fracc. 20 de noviembre II. C. P. 34220. Durango, Dgo., México.

*Corresponding author: guperezv@ipn.mx; tel.: +52 618 814 2091.

Abstract

Introduction: Green spaces are important sources of ecosystem services in urban environments; however, human and economic resources and climatic factors significantly affect management.

Objective: To analyze the relationship between density of green spaces, quality of life, and sense of belonging in the city of Durango, Mexico.

Materials and methods: Green spaces were quantified and their density per inhabitant was estimated. A principal component analysis was made to reduce the number of variables that could explain the quality of life and the sense of belonging. Through factorial analysis and generalized linear models, the variables that best explain the quality of life, sense of belonging, and their influence on the density of green spaces were analyzed.

Results and discussion: The density of green spaces is 3.7 m² per inhabitant, which is less than the 9 m² per inhabitant recommended by several studies. The analysis of variance of generalized models indicates that the higher the density of green spaces, the higher the quality of life ($P < 0.01$); however, no significant evidence ($P > 0.05$) of a relationship between the density of green spaces and the sense of belonging, individually or combined with quality of life, was found.

Conclusion: The availability of green spaces decreases and worsens as marginalization increases.

Keywords: density of green spaces; public perception; ecosystem services; urban areas.

Resumen

Introducción: Las áreas verdes son importantes fuentes de servicios ecosistémicos en los ambientes urbanos; sin embargo, los recursos humanos y económicos y los factores climáticos afectan significativamente el manejo.

Objetivo: Analizar la relación que existe entre la densidad de áreas verdes, la calidad de vida y el sentido de pertenencia en la ciudad de Durango, México.

Materiales y métodos: Las áreas verdes se cuantificaron y se estimó su densidad por habitante. Se hizo un análisis de componentes principales para reducir el número de variables que podrían explicar la calidad de vida y el sentido de pertenencia. Mediante análisis factorial y modelos lineales generalizados se analizaron las variables que mejor explican la calidad de vida y el sentido de pertenencia y su influencia en la densidad de áreas verdes.

Resultados y discusión: La densidad de áreas verdes es de 3.7 m² por habitante, la cual es menor a los 9 m² por habitante que recomiendan varios estudios. El análisis de varianza de los modelos generalizados indica que la densidad de áreas verdes es mayor a medida que las personas tienen mayor calidad de vida ($P < 0.01$), pero no se encontró evidencia significativa ($P > 0.05$) de la relación entre la densidad de áreas verdes y el sentido de pertenencia de manera individual o combinada con la calidad de vida.

Conclusión: La disponibilidad de áreas verdes se considera escasa y se agrava a medida que la marginación aumenta.

Palabras clave: densidad de áreas verdes; percepción pública; servicios ecosistémicos; zonas urbanas.

Introduction

According to global projections, by 2050 the proportion of people living in urban areas is expected to be 69.6 % (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019); that is, two out of three people will live in cities (Marans, 2015). This will bring with it, among other things, an increasing demand for recreational services, such as those for leisure, sports health, and scenic beauty in urban environments (Maas, van Dillen, Verheij, & Groenewegen, 2009; Marans, 2015). However, the provision of green spaces (the source of these recreational services) will not be easy due to limited spaces, budgetary constraints, government policies, and other environmental factors. The availability of sufficient and good quality areas is also restricted by social factors, such as society's participation in their care and maintenance (Maas et al., 2009).

The relationship between green spaces and the inhabitants' quality of life has been investigated mainly in developed countries (Haslauer, Delmelle, Keul, Blaschke, & Prinz, 2015; Kweon, Marans, & Yi, 2016; Marans, 2015). For the purpose of this study, quality of life is defined as the state of integral satisfaction that is formed when people fulfil their potentialities, which can be subjective (i.e., intimacy and emotional expression) and objective (i.e., wellbeing and health). The integral satisfaction also depends on employment, level of education, income, safety, and other environmental factors (Ardila, 2003). These studies agree that more green spaces generate better health and a lower risk of mortality (Maas, Verheij, Groenewegen, de Vries, & Spreeuwenberg, 2006; Mitchell & Popham, 2007; van den Berg, Maas, Verheij, & Groenewegen, 2010). A sense of belonging is defined as a person's satisfaction at being part of a community (Hombrados-Mendieta & López-Espigares, 2014; Maas et al., 2009). The sense of belonging, also called sense of community, positively influences quality of life and residential satisfaction. It induces greater participation by inhabitants, integration into the interests of the community (by setting certain goals and fulfilling them), and increased awareness of inclusion to solve common problems (Gracia & Herrero, 2006; Hombrados-Mendieta & López-Espigares, 2014).

Climate, human and economic resources, and access to water are factors that significantly affect the proper management of green spaces (de la Barrera, Reyes-Paecke, & Banzhaf, 2016). In this work, an evaluation scheme is proposed that can be useful for determining mechanisms for the management and conservation of green spaces, according to the quality of life and the sense of belonging of the population. The study is particularly important for cities with

Introducción

Según proyecciones mundiales, se prevé que, en el año 2050, la proporción de personas que vivan en zonas urbanas será de 69.6 % (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019); es decir, dos de cada tres personas vivirán en las ciudades (Marans, 2015). Esto traerá consigo, entre otras cosas, una alza en la demanda de servicios recreativos como el esparcimiento, salud deportiva y belleza escénica en ambientes urbanos (Maas, van Dillen, Verheij, & Groenewegen, 2009; Marans, 2015). No obstante, la provisión de áreas verdes (fuente de esos servicios recreativos) no será fácil en virtud de los espacios limitados, restricciones presupuestarias, políticas gubernamentales y otros factores ambientales. La disponibilidad de áreas suficientes y de buena calidad también está restringida por factores sociales como la participación de la sociedad en el cuidado y mantenimiento (Maas et al., 2009).

La relación entre las áreas verdes y la calidad de vida de los habitantes ha sido investigada principalmente en países desarrollados (Haslauer, Delmelle, Keul, Blaschke, & Prinz, 2015; Kweon, Marans, & Yi, 2016; Marans, 2015). Para el propósito de este estudio, la calidad de vida se define como el estado de satisfacción integral que se forma cuando las personas desarrollan sus potencialidades, que pueden ser subjetivas (como la intimidad y expresión emocional) y objetivas (bienestar y salud). La satisfacción integral también depende del empleo, el nivel de educación, salario, la seguridad y otros factores ambientales (Ardila, 2003). Los estudios coinciden en que una mayor cantidad de áreas verdes genera mejor salud y menor riesgo de mortalidad (Maas, Verheij, Groenewegen, de Vries, & Spreeuwenberg, 2006; Mitchell & Popham, 2007; van den Berg, Maas, Verheij, & Groenewegen, 2010). El sentido de pertenencia se define como la satisfacción de una persona al sentirse parte integrante de una comunidad (Hombrados-Mendieta & López-Espigares, 2014; Maas et al., 2009). El sentido de pertenencia, también llamado sentido de comunidad, influye positivamente en la calidad de vida y la satisfacción residencial, ya que induce mayor participación de los habitantes e integración a los intereses de la comunidad, al fijar ciertas metas (y cumplirlas) y fomentar una conciencia de inclusión para resolver problemas comunes (Gracia & Herrero, 2006; Hombrados-Mendieta & López-Espigares, 2014).

El clima, los recursos humanos y económicos y el acceso al agua son factores que afectan significativamente el manejo adecuado de las áreas verdes (de la Barrera, Reyes-Paecke, & Banzhaf, 2016). En este trabajo, se propone un esquema de evaluación que puede ser útil para determinar mecanismos de manejo y conservación de las áreas verdes, según la calidad de vida y el sentido

rapid population growth, with limited resources, and where society is crucial for the care and maintenance of green spaces. One of these cities is Durango, located in the state of the same name, where the management of its green spaces has been a great challenge for the public administration, due to the city's semi-arid conditions and scarce economic resources. In 2006, the city had 155 spaces catalogued as green spaces, of which 16 were boulevards, four continuous flows, and 135 common-use areas. Currently, 60 % of these spaces have adequate infrastructure for their use, 30 % have deteriorated conditions (few trees), and the remaining 10 % have practically no vegetation. The green spaces of this city provide several ecosystem services including fruits, ornamental plants, and firewood. They also serve as regulatory areas for temperature, humidity, carbon sequestration, noise attenuation, and air purification issues; and finally, they provide cultural services like social integration, scenic beauty, and recreation, which eventually favor opportunities that contribute positively to physical and mental health. However, there is no information on how these spaces have influenced the quality of life or if society is actively involved in their care. In this context, the objectives of this study were to estimate the density of green spaces per inhabitant in the city of Durango, Dgo. and analyze the relationship that exists between green spaces, quality of life, and sense of belonging.

Materials and methods

Study area

The city of Durango is located in the central-southern part of the state of Durango (24° 01' 05'' N and 104° 39' 19'' W), at 1880 m of elevation. According to data from INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2016), the city's population in 2016 was estimated at 573000. The climate is semi-dry temperate with little rainfall in summer and semi-dry sub-humid in winter, with an average annual temperature of 17 °C (Romero-Pérez, Rodríguez-Muñoz, Alpuche-Cruz, & Martín-Domínguez, 2017). Precipitation occurs mostly from June to September (occasionally in December and January) with an annual average of 529 mm. As a result of the low rainfall, much of the water required to sustain the green spaces is obtained from groundwater sources or treated waters, thus contributing to the shortage of water for domestic uses. The study focused on this city, due to the lack of information on the current conditions of its green spaces. Also, it is important to contribute to society and government authorities regarding awareness and management of these sources of ecosystem services in urban areas.

de pertenencia de la población. El estudio es importante, particularmente, para las ciudades con crecimiento rápido de la población, con recursos limitados y donde la sociedad es crucial para el cuidado y mantenimiento de las áreas verdes. Una de ellas es la ciudad de Durango, localizada en el estado del mismo nombre, donde el manejo de sus áreas verdes ha sido un gran reto para la administración pública por las condiciones de semiaridez y escasos recursos económicos. En el 2006, la ciudad contaba con 155 espacios catalogados como áreas verdes, de los cuales 16 eran bulevares, cuatro flujos continuos y 135 áreas de uso común. Actualmente, 60 % de esos espacios cuenta con la infraestructura adecuada para su uso, 30 % presenta condiciones de deterioro (pocos árboles) y 10 % restante prácticamente no tiene vegetación. Las áreas verdes de esta ciudad proporcionan servicios ecosistémicos de provisión (frutos, ornamentos y leña), regulación (temperatura, humedad, secuestro de carbono, atenuación de ruidos y purificación del aire) y de cultura (oportunidades recreativas que contribuyen a la salud física y mental, integración social, convivencia familiar y aprecio de belleza escénica); sin embargo, no existe información de cómo estos espacios han influido en la calidad de vida o si existe una participación activa de la sociedad en el cuidado de estas áreas. En tal contexto, los objetivos de este estudio fueron estimar la densidad de áreas verdes por habitante de la ciudad de Durango, Dgo. y analizar la relación que existe entre las áreas verdes, la calidad de vida y el sentido de pertenencia.

Materiales y métodos

Área de estudio

La ciudad de Durango se localiza en la parte centro-sur del estado de Durango (24° 01' 05'' LN y 104° 39' 19'' LO), a 1880 m de altitud. Según datos del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2016), la población en el 2015 se estimó en aproximadamente 573000 habitantes. El clima es semiseco templado con lluvias escasas en verano y semifrío subhúmedo en invierno, con temperatura media anual de 17 °C (Romero-Pérez, Rodríguez-Muñoz, Alpuche-Cruz, & Martín-Domínguez, 2017). La precipitación se presenta mayoritariamente de junio a septiembre (ocasionalmente en diciembre y enero) con un promedio anual de 529 mm. La poca precipitación ha provocado que gran parte del agua requerida para sostener las áreas verdes provenga de los mantos freáticos o de aguas tratadas, contribuyendo así a la escasez de agua para usos domésticos. El estudio se enfocó en esta ciudad, debido a la poca información sobre las condiciones actuales de sus espacios verdes y al deseo de contribuir con la sociedad y con las autoridades gubernamentales en el conocimiento y manejo de estas fuentes importantes de provisión de servicios ecosistémicos en zonas urbanas.

Detection and quantification of green spaces

Green spaces were detected and quantified in two ways. Firstly, a shape file type of the city boundary (generated by INEGI) and the Google Earth® package were used to update the polygons of public green spaces within the urban zone. This information was compared with a list of green spaces, provided by the municipality, which included their name and address. With these information sources and the Quantum GIS, the polygons (perimeters and vertices) were updated and their area (A) estimated. Information from the basic geostatistical areas of the 2010 INEGI Population and Housing Census was also used to estimate the population (P) and the density of green spaces per inhabitant, which is the result of dividing P/A.

Secondly, a high-resolution multispectral image with blue, green, red, and infrared-reflective bands (with a 2 m spatial resolution) was used to estimate private green areas and refine information from public areas. The multispectral information was complemented with a panchromatic image with 0.5 m resolution, taken on August 30, 2015 by the Quickbird satellite through DigitalGlobe™. The multispectral image was processed to determine the normalized difference vegetation index (NDVI), which relates to the presence of vegetation in an area. The NDVI varies from -1 to +1, where the negative limit corresponds to soils with no apparent vegetation and bodies of water. The positive limit corresponds to areas with dense and healthy vegetation or with high photosynthetic activity (Heute et al., 2002). The index assumes that chlorophyll absorbs red (R) light, while the mesophilic part of the leaves reflects infrared (IR) rays. This index is given by the expression $NDVI = (IR-R) / (IR+R)$ (Chuvienco, 2010). By means of a pixel reclassification, the NDVI values were grouped and the area of green spaces and the density of green spaces (DGS) were estimated.

The DGS was estimated by vector analysis and in raster format to ratify and confirm the green space polygons made by INEGI. Given the origin and processing of the base information, the DGS estimation from the raster format was more precise than the vector analysis. In principle, many green spaces included in private properties were not registered in the INEGI database. In addition, some polygons in this format were incomplete or poorly located, so they were corrected and updated with direct visits and Google Earth® images. The inclusion of green spaces in private lots does not contribute equally to the provision of ecosystem services, but their information is necessary. Some of the benefits are for the exclusive use of the owners (such as the provision of fruits, shade, and recreation) and they themselves pay for their maintenance; however, other indirect services such

Detección y cuantificación de áreas verdes

Las áreas verdes se detectaron y cuantificaron de dos maneras. En primer lugar, se utilizó un archivo con la representación de la ciudad en formato *shape*, generado por el INEGI, y el paquete Google Earth® para actualizar los polígonos de áreas verdes públicas dentro de la zona urbana. Esta información se comparó con un listado de áreas verdes, proporcionado por el municipio, que incluía nombre y dirección de cada una de estas. Con dichas fuentes de información y con el Sistema de Información Geográfica Quantum GIS, se actualizaron los polígonos (perímetros y vértices) y se estimó su superficie (A). Se utilizó también la información de las áreas geoestadísticas básicas del Censo de Población y Vivienda de 2010 del INEGI para estimar la población (P) y la densidad de áreas verdes por habitante, la cual resulta de dividir P/A.

En segundo lugar, se utilizó una imagen de alta resolución de tipo multispectral con las bandas azul, verde, rojo e infrarrojo reflectivo (con resolución espacial de 2 m) para estimar las áreas verdes privadas y afinar la información de las áreas públicas. La información multispectral se complementó con una imagen pancromática con resolución de 0.5 m, tomada el 30 de agosto del 2015 por el satélite *Quickbird* a través de DigitalGlobe™. La imagen multispectral se procesó para determinar el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), el cual se relaciona con la presencia de vegetación existente en un área. El NDVI varía de -1 a +1, donde el límite negativo corresponde a suelos sin vegetación aparente y cuerpos de agua, y el positivo corresponde a las áreas con vegetación densa y saludable o con alta actividad fotosintética (Heute et al., 2002). El índice asume que la clorofila absorbe la luz roja (R), mientras que la parte mesófila de las hojas refleja los rayos infrarrojos (IR). Este índice está dado por la expresión $NDVI = (IR-R) / (IR+R)$ (Chuvienco, 2010). Mediante una reclasificación de píxeles, se agruparon los valores del NDVI y se estimó la superficie de áreas verdes y la densidad de áreas verdes (DAV).

La DAV se estimó por análisis vectorial y en formato ráster para ratificar y confirmar los polígonos de áreas verdes hechos por el INEGI en la ciudad. Dado el origen y procesamiento de la información base, la estimación de la DAV a partir del formato ráster fue más precisa que el análisis vectorial. En principio, muchas áreas verdes incluidas en propiedades privadas no fueron registradas en la base de INEGI. Además, algunos polígonos en este formato estaban incompletos o mal ubicados, por lo que fueron corregidos y actualizados con visitas directas y con las imágenes de Google Earth®. La inclusión de las áreas verdes en lotes privados no contribuye por igual a la provisión de servicios ecosistémicos, pero es necesaria su información. Algunos de los beneficios son de uso

as climate regulation, wildlife habitats, and oxygen production benefit the entire population.

Evaluation of the relationship between green areas, quality of life, and sense of belonging

The theoretical basis of this study was a model for assessing the relationship of the sense of belonging (SB) and the quality of life (QL) with the DGS. Taking up the concepts of Francis, Giles-Corti, Wood, and Knuiman (2012) and Marans (2015), the QL and SB are influenced by individual, social, and environmental factors (Figure 1). Individual factors include income, level of education, and psychological aspects, among others; social factors relate to safety, accessibility, comfort, convenience, laws, and policies; and environmental factors include vegetation, climate, topography, and air quality (Francis et al., 2012; Sallis et al., 2006). This conceptual model was evaluated through residents' perceptions, identification and measurement of explanatory variables, and statistical analyses between factors and green spaces.

exclusivo para los propietarios (tales como la provisión de frutos, sombra y esparcimiento) y ellos mismos costean su mantenimiento; sin embargo, otros servicios indirectos como la regulación del clima, hábitats para la fauna y producción de oxígeno benefician a toda la población.

Evaluación de la relación entre áreas verdes, calidad de vida y sentido de pertenencia

La base teórica de este estudio fue un modelo de evaluación de la relación que existe entre el sentido de pertenencia (SP) y la calidad de vida (CV) sobre la DAV. Retomando los conceptos de Francis, Giles-Corti, Wood, y Knuiman (2012) y Marans (2015), la CV y SP están influenciados por factores individuales, sociales y ambientales (Figura 1). Los factores individuales incluyen aspectos relacionados con el ingreso, nivel de educación y psicológicos, entre otros; los sociales se relacionan con la seguridad, accesibilidad, confort, conveniencia, leyes y políticas; y los ambientales incluyen aspectos como la vegetación, clima, topografía y calidad del aire (Francis et al., 2012;

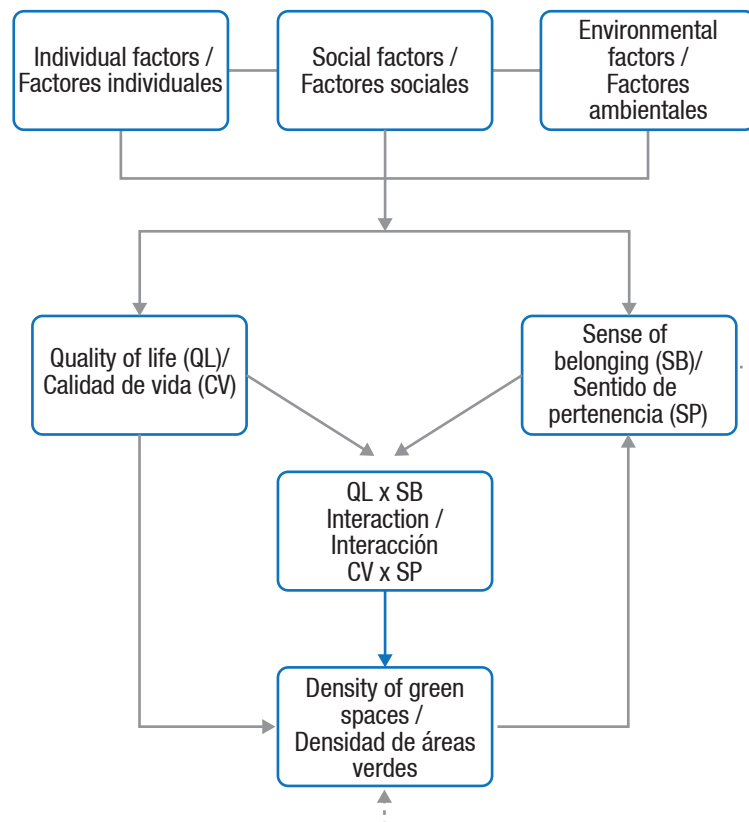


Figure 1. Conceptual model of the relations between quality of life, sense of belonging, and density of green spaces. The dotted line means that there may be an inverse relationship. Model based on Sallis et al. (2006), Francis et al. (2012), and Marans (2015).

Figura 1. Modelo conceptual de las relaciones entre calidad de vida, sentido de pertenencia y densidad de áreas verdes. La línea punteada significa que puede darse una relación en sentido inverso. Modelo basado en Sallis et al. (2006), Francis et al. (2012) y Marans (2015).

Sampling design

A questionnaire was used to determine the perception of the inhabitants of the city of Durango concerning QL, SB, and green spaces. The population size consisted of 114,290 households. The sample size considered a 95 % confidence level and 10 % error. Using the proportion equation (Rea & Parker, 2014), we estimated a sample size of 96 households that were distributed in several settlements where green spaces existed. In each zone, defined by the density-marginalization combination, up to three green spaces were chosen at random and the participating households were randomly selected. The survey was conducted in the summer-autumn period of 2015. In each household a person (over 18 years old) was invited to participate in the interviews; if he or she refused, then another person from the adjacent house was invited.

The survey included 27 subjective and objective questions that seek to elicit people's opinions; some were based on the 5-point Likert format (Rea & Parker, 2014). The QL questions were compared with those used by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 2015); some were accepted and others were discarded due to their macroeconomic application (such as the level of participation in political democracy) or the lack of relationship with green spaces. Some of the questions asked in the survey were: how much peace of mind and security do you feel in the environment where you live? How much of a sense of well-being do you receive from the sight and cleanliness of your area? How much satisfaction do you feel from living at your home? Other questions were linked to the sense of belonging or community, which were related to solidarity, volunteering, permanence, and neighborhood relations (Maya-Jariego, 2004). The questions also included sociodemographic variables, such as income, gender, and level of education, and other physical variables like distance from their home to the nearest green space (Table 1).

Most respondents live close to green spaces (less than 300 m), visit them occasionally (once a week), and stay there for less than an hour. There is a slight difference in the gender portion with women making up 47 % of the respondents and men 53 %, most having completed high school. The most common monthly income ranges from MXN 6 000 to 9 000 (300 to 450 USD). In parametric terms, of all variables, "happiness" exhibited certain non-normality problems (asymmetry = -1.5 and kurtosis = 2.1), but no transformation was made.

Statistical analysis

A principal component analysis was performed to reduce the number of variables that could explain the

Sallis et al., 2006). Este modelo conceptual se evaluó a través del conocimiento de la percepción de la población, la identificación y medición de variables explicativas, y análisis estadísticos entre los factores y las áreas verdes.

Diseño de muestreo

Se utilizó un cuestionario para conocer la percepción de los habitantes de la ciudad de Durango en torno a la CV, el SP y las áreas verdes. El tamaño de la población fue de 114 290 hogares. La estimación de la muestra consideró 95 % de confianza y error de 10 %. Utilizando la ecuación de proporciones (Rea & Parker, 2014), se estimó un tamaño de muestra de 96 hogares que se repartieron en varios asentamientos donde existían áreas verdes. En cada zona, definida por la combinación de densidad-marginación, se eligieron hasta tres áreas verdes al azar y se ubicaron aleatoriamente los hogares participantes. La encuesta se realizó en el periodo verano-otoño del 2015. En cada hogar se invitó a una persona (mayor de 18 años) a participar en las entrevistas; si esta se negaba entonces se invitaba a otra persona de la casa adyacente.

La encuesta incluyó 27 preguntas subjetivas y objetivas que tratan de expresar las opiniones de las personas; algunas se basaron en el formato Likert de 5 puntos (Rea & Parker, 2014). Las preguntas de CV se cotejaron con las utilizadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2015); unas se confirmaron y otras se excluyeron debido a su aplicación macroeconómica (como el nivel de participación en la democracia política) o a la poca relación con las áreas verdes. Algunas de las preguntas realizadas fueron: ¿cuánta tranquilidad y seguridad siente en el entorno donde vive?, ¿cuánta sensación de bienestar percibe por la imagen y limpieza de su área?, ¿cuánta satisfacción siente de vivir en su casa? otras preguntas estuvieron ligadas con el sentido de pertenencia o comunidad como las relacionadas con la solidaridad, voluntariado, permanencia y relaciones de vecindad (Maya-Jariego, 2004). Las preguntas se relacionaron también con variables sociodemográficas como el nivel de salario, género y nivel de educación, y con otras variables físicas como la distancia del hogar al área verde más cercana (Cuadro 1).

La mayoría de los encuestados vive cerca de las áreas verdes (menos de 300 m), las visita ocasionalmente (una vez por semana) y permanecen allí menos de una hora. Hay una ligera diferencia en la proporción de mujeres (47 %) y hombres (53 %) y la mayoría tiene estudios de preparatoria terminados. El ingreso mensual más frecuente oscila entre 6 000 y 9 000 MXN (300 a 450 USD). En términos paramétricos, de todas las variables, la "felicidad" exhibió ciertos problemas de no normalidad (asimetría = -1.5 y curtosis = 2.1), pero no se hizo alguna transformación.

Table 1. Descriptive statistics of the survey applied to residents (n = 96) of the city of Durango, Dgo.**Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de la encuesta aplicada a residentes (n = 96) de la ciudad de Durango, Dgo.**

Variable	Min	Max	Average / Promedio	SD / DE	Asymmetry / Asimetría	Kurtosis / Curtosis
Appreciation of birds and other animals ^a / Aprecio de aves y otros animales ^a	1	5	4.07	0.95	-0.96	0.78
Appreciation of gardens, flowers, and nature ^a / Aprecio de jardines, flores y naturaleza ^a	1	5	4.24	0.78	-0.99	1.70
Green space quality / Calidad de área verde ^a	1	5	3.65	1.20	-0.68	-0.38
Trust in people ^a / Confianza en las personas ^a	1	5	3.71	1.18	-0.83	-0.04
Willingness to work (h-month ⁻¹) ^b / Disposición a trabajar (h-mes ⁻¹) ^b	1	5	2.61	1.22	0.39	-0.66
Distance from green space (m) ^b / Distancia del área verde (m) ^b	1	3	1.68	0.75	0.61	-0.96
Studies completed ^b / Estudios terminados ^b	1	5	3.17	1.13	-0.16	-0.97
Ease of activities ^a / Facilidad para actividades ^a	1	5	3.14	1.39	-0.10	-1.22
Physical factors ^a / Factores físicos ^a	1	5	3.58	1.29	-0.72	-0.59
Happiness ^a / Felicidad ^a	1	5	4.2	1.02	-1.49	2.13
Frequency ^b / Frecuencia ^b	1	5	2.67	1.17	0.08	-1.06
Sight and cleanliness ^a / Imagen y limpieza ^a	1	5	3.34	1.23	-0.31	-0.78
Monthly income ^b / Ingreso mensual ^b	1	5	2.58	1.21	-0.12	-1.42
Participation and support ^a / Participación y apoyo ^a	1	5	3.26	1.25	-0.38	-0.90
Permanence ^a / Permanencia ^a	1	5	3.77	1.14	-1.07	0.53
Neighborhood relations ^a / Relaciones de vecindad ^a	1	5	3.56	1.29	-0.64	-0.65
Satisfaction ^a / Satisfacción ^a	1	5	4.32	0.97	-1.47	1.79
Gender ^b / Género ^b	1	2	1.53	0.50	-0.13	-2.02
Solidarity ^a / Solidaridad ^a	1	5	3.3	1.16	-0.29	-0.75
Green space density (m ² ·inhabitant ⁻¹) ^c / Densidad área verde (m ² ·habitante ⁻¹) ^c	0.7	27.1	9.91	8.93	0.91	-0.57
Time (h) ^b / Tiempo (h) ^b	0	5	1.72	1.25	0.55	-0.12
Peace of mind and security ^a / Tranquilidad y seguridad ^a	1	5	3.76	1.18	-0.56	-0.66
Volunteering ^a / Voluntariado ^a	1	5	2.82	1.49	0.12	-1.40

Source: Author-made. The table includes variables in Likert^a, ordinal^b and continuous^c formats. The minimums and maximums denote the measurement scale. SD: Standard deviation of the mean. /

Fuente: Elaboración propia. El cuadro incluye variables en formato tipo Likert^a, ordinales^b y continuas^c. Los mínimos y máximos denotan la escala de medición. DE: Desviación estándar de la media.

QL and SB. Once the statistical fit parameters were obtained, the set of variables were used to estimate the factorial scores (regression type) and associate them with the DGS. The reason for using DGS as the main indicator was basically because the larger the area, the greater the contribution of cultural and regulatory services. The larger the area, the greater the magnitude and diversity of ecosystem services (de la Barrera et al., 2016). Three working hypotheses were put forward in this analysis:

i) The first model evaluated the relationship between the DGS and QL by the expression $DGS = f(QL)$ or specifically $DGS = \beta_0 + \beta_1(QL) + \varepsilon$. The hypothesis was as follows: QL has no influence on the DGS ($\beta_1 = 0$).

ii) The second model evaluated the effect of the DGS on the SB: $SB = f(QL)$ or $SB = \beta_0 + \beta_1(QL) + \varepsilon$. The hypothesis was: OL has no influence on the DGS ($\beta_1 = 0$).

Análisis estadístico

Se hizo un análisis de componentes principales para reducir el número de variables que podrían explicar la CV y el SP. Una vez que se obtuvieron los parámetros estadísticos de ajuste, los bloques de variables se usaron para estimar las puntuaciones factoriales (tipo regresión) y asociarlas con la DAV. La razón de utilizar la DAV como indicador principal fue básicamente a que el tamaño del área tiene mayor aportación de servicios culturales y de regulación. A medida que el área sea más grande, mayor será la magnitud y diversidad de los servicios ecosistémicos que se encuentren (de la Barrera et al., 2016). En este análisis se plantearon tres hipótesis de trabajo:

i) El primer modelo evaluó la relación entre la DAV y CV mediante la expresión $DAV = f(CV)$ o específicamente $DAV = \beta_0 + \beta_1(CV) + \varepsilon$. La hipótesis planteada fue la siguiente: no hay influencia de la CV sobre la DAV ($\beta_1 = 0$).

iii) The third and last model evaluated the combined effect of SB and QL on the DGS: $DGS = f(QL, SB)$ or $DGS = \beta_0 + \beta_1(QL) + \beta_2(SB) + \beta_3(QL*SB) + \epsilon$. In this case, the null hypothesis was that SB, QL, and the SB*QL interaction have no influence on the DGS ($\beta_{i \geq 1} = 0$).

The reason for establishing the first hypothesis was partially based on the principle of the environmental Kuznets curve, which stipulates that an economically developed and organized society has the resources and the physical and social availability to improve the quality and quantity of natural resources (Chen & Wang, 2013). In general, income is represented as the independent variable, while resource conservation is the dependent one. This hypothesis is congruent with other studies that have evaluated the association between green spaces and quality of life (Maas et al., 2006; Mitchell & Popham, 2007; van den Berg et al., 2010). In the second hypothesis, it was assumed that certain physical characteristics of green spaces, such as easy access, plant diversity, and security, influence the SB (Francis et al., 2012; Karacor & Senik, 2016); however, since there are doubts in the direction of causality (Francis et al., 2012), model 2 was also tested inversely. Finally, the idea of using the QL and SB in model 3 was to observe their effect on the DGS, individually and combined. In this model, the SB functions as a predictor because of the strong association it has with the QL. Hombrados-Mendieta and López-Espigares (2014) indicate that the SB positively influences quality of life and residential satisfaction, and that it is possible that the combination has some influence on the DGS.

In order to simplify the details in the interpretation of the results, the models were fitted linearly and without transformations of the variables. This process was also motivated by the normality exhibited by most of the variables (Table 1). It was also assumed that the green spaces are already created and that their care and maintenance is a shared responsibility between the public administration (mostly) and the residents.

Results and discussion

In total, 229 green space polygons were located in the urban area of the city of Durango, Dgo. The most important vegetation in these areas was trees (45 %), mainly conifers (*Pinus* spp., *Taxodium mucronatum* Ten., *Cupressus lusitánica* Mill., and *Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) and broadleaves (*Eucalyptus* spp., *Populus tremuloides* Michx., *Fraxinus uhdei* [Wenz.] Lingelsh., *Casuarina equisetifolia* L., and *Liquidambar styraciflua* L.), grasses (32 %), herbaceous plants (16 %), and shrubs (7 %). The quantified area of public green spaces was 2.1 million m². This amount yields an average density of 3.67 m² per inhabitant. The total area of green spaces, including private ones, was 2.9 million m²

ii) El segundo modelo evaluó el efecto de la DAV sobre el SP: $SP = f(CV)$ o $SP = \beta_0 + \beta_1(CV) + \epsilon$. La hipótesis planteada fue: No hay influencia de la DAV sobre el SP ($\beta_1 = 0$).

iii) El tercer y último modelo evaluó el efecto combinado del SP y CV sobre la DAV: $DAV = f(CV, SP)$ o $DAV = \beta_0 + \beta_1(CV) + \beta_2(SP) + \beta_3(CV*SP) + \epsilon$. En este caso, la hipótesis nula fue que no había influencia de la interacción del SP y CV sobre la DAV ($\beta_{i \geq 1} = 0$).

La razón de establecer la primera hipótesis se basó parcialmente en el principio de la curva ambiental de Kuznets, la cual sostiene que una sociedad económicamente desarrollada y organizada tiene los recursos y la disponibilidad física y social para mejorar la calidad y cantidad de los recursos naturales (Chen & Wang, 2013). Por lo general, el ingreso se representa como la variable independiente y la conservación de los recursos como la dependiente. Esta hipótesis es congruente con otros estudios que han evaluado la asociación que existe entre las áreas verdes y la calidad de vida (Maas et al., 2006; Mitchell & Popham, 2007; van den Berg et al., 2010). En la segunda hipótesis, se asumió que ciertas características físicas de los espacios verdes, como fácil acceso, diversidad vegetal y seguridad, influyen en el SP (Francis et al., 2012; Karacor & Senik, 2016); sin embargo, en virtud de que existen dudas en la dirección de causalidad (Francis et al., 2012), el modelo 2 se probó también de manera inversa a esa relación. Finalmente, la idea de utilizar la CV y SP en el modelo 3 fue para observar el efecto independiente y combinado sobre la DAV. En este caso, el SP funciona como un predictor debido a la fuerte asociación que tiene con la CV. Hombrados-Mendieta y López-Espigares (2014) indican que el SP influye positivamente en la calidad de vida y la satisfacción residencial, y que es posible que el conjunto tenga cierta influencia sobre la DAV.

Para simplificar los detalles en la interpretación de los resultados, los modelos se ajustaron de manera lineal y sin transformaciones de las variables. Este proceso fue motivado también por la normalidad que exhibió la mayoría de las variables (Cuadro 1). También se asumió que las áreas verdes ya están creadas y que su cuidado y mantenimiento es responsabilidad compartida entre la administración pública (mayoritariamente) y los residentes.

Resultados y discusión

Se ubicaron 229 polígonos de áreas verdes en la mancha urbana de la ciudad de Durango, Dgo. La vegetación más importante en estos espacios fue de arbolado (45 %), principalmente coníferas (*Pinus* spp., *Taxodium mucronatum* Ten., *Cupressus lusitánica* Mill. y *Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) y latifoliadas (*Eucalyptus* spp.,

with a density of 5.06 m² per inhabitant. With the field visits, it was observed that approximately 30 % of the green space area is in bad condition and with signs of deterioration. Considering this, the densities mentioned above would be reduced to 2.6 m² and 3.5 m² per inhabitant, respectively.

In the principal component analysis, the number of factors was restricted to two to try to group the variables that explain the SB and the QL. In this case, the total variance explained was 42 % and was significant ($P < 0.01$) according to Bartlett's test of sphericity. Table 2 indicates that the most important variables in factor 1 were: neighborhood relations, permanence, trust in people, solidarity, physical factors, frequency, and satisfaction. This factor was called sense of belonging.

Populus tremuloides Michx., *Fraxinus uhdei* [Wenz.] Lingelsh., *Casuarina equisetifolia* L. y *Liquidambar styraciflua* L.), pastos (32 %), hierbas (16 %) y arbustos (7 %). La superficie cuantificada de áreas verdes públicas fue de 2.1 millones de m². Esta cantidad arroja una densidad promedio de 3.67 m² por habitante. La superficie de áreas verdes, incluyendo las privadas, fue de 2.9 millones de m² con densidad de 5.06 m² por habitante. En las visitas de campo se observó que aproximadamente 30 % de la superficie de áreas verdes se encuentra en mal estado y con signos de deterioro. Considerando esta cifra, las densidades antes mencionadas se reducirían a 2.6 y 3.5 m² por habitante, respectivamente.

En el análisis de componentes principales, el número de factores se restringió a dos para tratar de agrupar las

Table 2. Factors of principal components analysis with varimax rotation of residents' perceptions in the city of Durango, Mexico.
Cuadro 2. Factores del análisis de componentes principales con rotación varimax de las percepciones de los residentes de la ciudad de Durango, México.

Variables	Average/ Promedio	Factor 1	Factor 2	Communality/ Comunalidad
		Sense of belonging/ Factor 1 Sentido de pertenencia	Quality of life/ Factor 2 Calidad de vida	
Neighborhood relations/Relaciones de vecindad	3.5	0.70	0.15	0.51
Permanence/Permanencia	3.8	0.70	-0.03	0.49
Trust in people/Confianza en las personas	3.7	0.66	0.18	0.46
Solidarity/Solidaridad	3.3	0.62	0.24	0.44
Physical factors/Factores físicos	3.6	0.59	0.04	0.35
Frequency/Frecuencia	2.7	0.55	0.00	0.31
Satisfaction/Satisfacción	4.3	0.53	0.42	0.46
Happiness/Felicidad	4.2	0.51	0.37	0.40
Time/Tiempo	1.7	0.51	0.16	0.28
Sight and cleanliness/Imagen y limpieza	3.3	0.30	0.70	0.58
Ease of activities/Facilidad para actividades	3.1	0.18	0.66	0.47
Appreciation of gardens, flowers, and nature/ Aprecio de jardines, flores y naturaleza	4.2	-0.04	0.65	0.43
Appreciation of birds and other animals/ Aprecio de aves y otros animales	4.0	-0.01	0.63	0.39
Monthly income/Ingreso mensual	2.6	-0.04	0.62	0.38
Peace of mind and security/ Tranquilidad y seguridad	3.7	0.45	0.54	0.49
Green space quality/Calidad de área verde	3.6	0.42	0.49	0.41
Participation and support/Participación y apoyo	3.2	0.39	0.48	0.38
Studies completed/Estudios terminados	3.2	0.00	0.47	0.22
Volunteering/Voluntariado	2.8	0.24	0.34	0.17
Willingness to pay/Disposición a pagar	2.7	0.22	0.29	0.13
Percentage of variation/Porcentaje de variación		24.5	17.3	
Cronbach's coefficient/Coeficiente de Cronbach		0.81	0.78	

Note: Kaiser-Meyer-Olkin coefficient = 0.73; Bartlett's Test of Sphericity: $\chi^2 = 865.7$, $P < 0.01$. Source: Author-made.

Nota: Coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin = 0.73; Prueba de esfericidad de Bartlett: $\chi^2 = 865.7$, $P < 0.01$. Fuente: Elaboración propia.

The most important variables in factor 2 were: image and cleanliness, ease of activities, appreciation of gardens and animals, monthly income, peace of mind and security, and quality of green space. This factor was identified as quality of life. Once the factors were identified, Cronbach's alpha coefficient (Cronbach, 1951) was used to estimate reliability. The variables in factor 1 (sense of belonging) had a coefficient of 0.81, while that of factor 2 (quality of life) was 0.78. These factors were considered acceptable and reliable based on what was pointed out by Nunnally and Bernstein (1994), who analysed the reliability of the instruments used in the measurement.

The factors were used to calculate the factorial scores (regression values) for each respondent. In this case, the observed variables were modeled as linear combinations of factors plus error expressions, where each factor was in turn represented as another latent variable. Latent variables reduce the dimensionality of the dataset while maintaining as much information as possible (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014). The factorial scores of the participants help find out which subjects are the rarest or most extreme (atypical cases). They also help to carry out hypothesis tests on the influence of each factor on a given variable (Lloret-Segura et al., 2014). Factorial scores were used to assess the relationship between the sense of belonging (SB) and quality of life (QL) factors on the density of green spaces (DGS).

Once the factorial scores were calculated, a generalized linear model was applied to determine whether the averages of the variables, as a whole, were different. This type of model allows the dependent variable to follow not only a normal distribution, but also other distributions such as Gamma, Poisson, or Binomial. The calculations were made using the least squares regression approach describing the statistical relationship between the predictors and the continuous response variable. The accepted significance level was 95 %. Based on this, the results indicate that the relationship between QL and the DGS is positive and significant ($\beta_1 = 2.62, P < 0.01$); that is, the higher the quality of life, the greater the density of green spaces. The relationship between DGS and SB is also positive, but not significant ($\beta_1 = 0.02, P = 0.06$), as is the inverse relationship ($\beta_1 = 1.72, P = 0.06$). Finally, the relationship between the combined effect of SB and QL on DGS is not significant ($\beta_3 = 0.31, P = 0.68$). In the latter model, the independent effect of SB and QL is positive and significant (Figure 2).

The DGS had no influence on the variables representing the SB factor, such as solidarity and trust of people, neighborhood relations, and permanence. This result coincides with Zhang and Lawson (2009), who found no

variables que explicaran el SP y la CV. En este caso, el total de la varianza explicada fue de 42 % y fue significativa ($P < 0.01$) según la prueba de esfericidad de Bartlett. El Cuadro 2 indica que las variables más importantes en el factor 1 fueron: relaciones de vecindad, permanencia, confianza en las personas, solidaridad, factores físicos, frecuencia y satisfacción. A este factor se le denominó sentido de pertenencia. Las variables más importantes en el factor 2 fueron: imagen y limpieza, facilidad para actividades, aprecio a los jardines y animales, ingreso mensual, tranquilidad y seguridad, y calidad de área verde. A este factor se le identificó como calidad de vida. Una vez que se identificaron los factores, se utilizó el coeficiente alfa de Cronbach (Cronbach, 1951) para estimar la confiabilidad. Las variables en el factor 1 (sentido de pertenencia) tuvieron un coeficiente de 0.81, mientras que el del factor 2 (calidad de vida) fue de 0.78. Dichos factores se consideraron aceptables y confiables con base en lo señalado por Nunnally y Bernstein (1994), quienes analizan la fiabilidad de los instrumentos utilizados en la medición.

Los factores se utilizaron para calcular las puntuaciones factoriales (valores de regresión) para cada uno los encuestados. En este caso, las variables observadas se modelaron como combinaciones lineales de factores más expresiones de error, donde cada factor se representó a su vez como otra variable latente. Las variables latentes reducen la dimensionalidad del conjunto de datos manteniendo la mayor parte de la información posible (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014). Las puntuaciones factoriales de los participantes ayudan a conocer qué sujetos son los más raros o extremos (casos atípicos) y a realizar pruebas de hipótesis sobre la influencia de cada factor en una variable determinada (Lloret-Segura et al., 2014). Dichas puntuaciones se utilizaron para evaluar la relación que existe entre los factores sentido de pertenencia (SP) y calidad de vida (CV) sobre la densidad de áreas verdes (DAV).

Una vez que se calcularon las puntuaciones factoriales, se aplicó un modelo lineal generalizado para determinar si los promedios de las variables en conjunto eran diferentes. Este tipo de modelos permiten que la variable dependiente no solo siga una distribución normal, sino también otras distribuciones como Gamma, Poisson o Binomial. Los cálculos se hicieron con el enfoque de regresión de mínimos cuadrados describiendo la relación estadística entre los predictores y la variable de respuesta continua. El nivel de significancia aceptado fue de 95 %. Con base en esto, los resultados indican que la relación entre la CV y la DAV es positiva y significativa ($\beta_1 = 2.62, P < 0.01$); es decir, a mayor calidad de vida, mayor es la densidad de áreas verdes. La relación entre la DAV y el SP es también positiva, pero no significativa ($\beta_1 = 0.02, P = 0.06$), al igual que la relación inversa ($\beta_1 = 1.72,$

relationship between the size of green spaces and the social interaction of people, and suggest that the SB is instead related to the quality of public spaces. Francis et al. (2012) found similar results, although they recommend more research to determine causation. This study hypothesized that communities would have a higher SB if there were more green spaces. However, after testing the inverted model (that is, regardless of the sense of causality), no evidence of a significant relationship was found ($P = 0.06$).

The results also show that there is no evidence of a significant relationship between the combined effect of SB and QL on DGS ($P = 0.68$). This should not be understood as a generalized conclusion due to, among other things, the variables that have been considered and the methods used to evaluate them; however, it is believed that both factors, separately and in a combined manner, should have an influence on the quantity and quality of green spaces and that this relationship should be further studied in future research.

Green spaces offer many ecosystem services ranging from noise reduction, climate regulation, recreation, and wildlife habitats to providing cultural, spiritual, and health benefits (van den Berg et al., 2010); however, there is some controversy about the minimum amount of green space a human being requires for his or her well-being. This amount depends on personal

$P=0.06$). Finalmente, la relación entre el efecto combinado de SP y CV sobre la DAV no es significativa ($\beta_3 = 0.31$, $P = 0.68$). En este último modelo, el efecto independiente de SP y CV es positivo y significativo (Figura 2).

La DAV no tuvo influencia en las variables que representan el factor SP, tales como solidaridad y confianza de las personas, relaciones de vecindad y permanencia. Este resultado coincide con Zhang y Lawson (2009), quienes no encontraron relación alguna entre el tamaño de las áreas verdes y la interacción social de las personas, y sugieren que el SP está más bien relacionado con la calidad de los espacios públicos. Francis et al. (2012) encontraron resultados similares, aunque recomiendan más investigación para determinar la causalidad. En este estudio se hipotetizó que las comunidades tendrían un SP más alto si hubiera más áreas verdes. No obstante, después de probar el modelo invertido; es decir, independientemente del sentido de causalidad, no se encontró evidencia de relación significativa ($P = 0.06$).

Los resultados muestran también que tampoco hay evidencias de relación significativa entre el efecto combinado del SP y CV sobre la DAV ($P = 0.68$). Esto no debe entenderse como una conclusión generalizada debido, entre otras cosas, a las variables que se han considerado y a los métodos usados para evaluarlas; sin embargo, se cree que ambos factores por separado

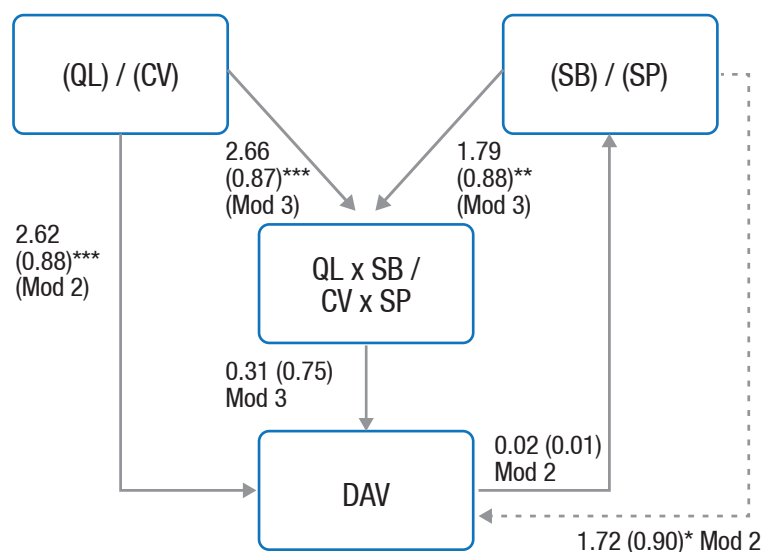


Figure 2. Regression analysis between density of green spaces (DGS), quality of life (QL), and sense of belonging (SB). The numbers correspond to the regression coefficients and standard error (in parentheses). The dotted line represents the inverted model 2. *Significant at 90 %, **significant at 95 %, and *significant at 99 %. The accepted significance level was 95 %. Source: Author-made.**

Figura 2. Análisis de regresión entre la densidad de áreas verdes (DAV), calidad de vida (CV) y sentido de pertenencia (SP). Los números corresponden a los coeficientes de regresión y error estándar (entre paréntesis). La línea punteada representa el modelo 2 invertido. *Significativo al 90 %, **significativo al 95 % y *significativo al 99 %. El nivel de significancia aceptado fue de 95 %. Fuente: Elaboración propia.**

characteristics and the physical environment (Lee & Maheswaran, 2011), which makes it inconsistent around the world (Table 3). For example, the figures in Europe range from 6 to 50 m² per inhabitant (Cvejić et al., 2015; Kabisch, Strohbach, Haase, & Kronenberg, 2016); Singapore, despite its high population density, has one of the largest rates in the world with about 65 m² per inhabitant; Mexico City has about 13 m² per inhabitant (Checa-Artasu, 2016); in South America, the density varies between 1 and 9 m² per inhabitant; and in North America, the area ranges from 5 to 100 m² per inhabitant (Choumert & Salanié, 2008; de la Barrera et al., 2016).

There are previous studies (Checa-Artasu, 2016; de la Barrera et al., 2016) with reference to the World Health Organization, which suggest a conservative range of between 9 and 12 m² per inhabitant to provide the most fundamental ecosystem services to society. Considering this range, the DGS in the city of Durango covers 40 % of the minimum recommendation (or 56 % adding private areas). There are many factors that can explain this difference and several of them are beyond the scope of this research, but an important factor to highlight is the low natural availability of water caused by low rainfall. This factor, together with others such as current land use and the use of obsolete irrigation systems, limits the supply of water to vegetation and, eventually, the development of more green spaces. In view of the above, other alternatives such as the possibility of establishing vertical gardens and the use of native species that do not require much water should be explored (Lindholm, 2017). Municipal authorities can also exercise greater control over the establishment of new residential and commercial developments in exchange for establishing more green spaces.

y de manera combinada deben tener influencia en la cantidad y calidad de áreas verdes y que esta relación debe ser más estudiada en futuras investigaciones.

Las áreas verdes proveen muchos servicios ecosistémicos que van desde la reducción del ruido, regulación del clima, recreación y hábitats para fauna, hasta beneficios culturales, espirituales y de salud (van den Berg et al., 2010); sin embargo, existe cierta controversia acerca de la cantidad mínima de áreas verdes que un ser humano requiere para su bienestar. Esta cantidad depende de las características personales y el entorno físico (Lee & Maheswaran, 2011), lo que la hace muy variable en el mundo (Cuadro 3). Por ejemplo, las cifras en Europa van desde los 6 hasta 50 m² por habitante (Cvejić et al., 2015; Kabisch, Strohbach, Haase, & Kronenberg, 2016); Singapur, a pesar de su alta densidad poblacional, tiene una de las tasas más grandes del mundo con cerca de 65 m² por habitante; la Ciudad de México cuenta con alrededor de 13 m² por habitante (Checa-Artasu, 2016); en América del Sur, la densidad varía entre 1 y 9 m² por habitante; y en América del Norte, la superficie va desde 5 a 100 m² por habitante (Choumert & Salanié, 2008; de la Barrera et al., 2016).

Existen trabajos previos (Checa-Artasu, 2016; de la Barrera et al., 2016), con referencia a la Organización Mundial de la Salud, que señalan un rango conservador de entre 9 y 12 m² por habitante para proveer los servicios ecosistémicos más fundamentales a la sociedad. Considerando este rango, la DAV en la ciudad de Durango cubre 40 % de la recomendación mínima (o 56 % sumando las áreas privadas). Existen muchos factores que pueden explicar esta diferencia y varios de ellos están fuera del alcance de esta investigación, pero

Table 3. Comparison of the density of green spaces in various cities around the world.

Cuadro 3. Comparación de la densidad de áreas verdes en varias ciudades del mundo.

City parameters / Parámetros de la ciudad	Berlín, Germany ^a / Berlín, Alemania ^a	Malmö, Sweden ^a / Malmö, Suecia ^a	Edinburgh, Scotland ^a / Edinburgh, Escocia ^a	Mexico City ^b / Ciudad de México ^b	Parral, Chile ^c	Durango, Mexico ^d
Total area (ha) / Área total (ha)	89042	15309	26218	149500	582	9431
Green spaces (ha) / Áreas verdes (ha)	5727	1029	1515	11289	18	210
2013 population (inhabitants) / Población 2013 (habitantes)	3502000	313000	483000	8851000	38000	572782
Density (m ² -inhabitant) / Densidad (m ² -habitante)	16.35	32.86	31.39	12.7	4.82	3.67
Density percentage over the recommended minimum / Porcentaje de la densidad sobre el mínimo recomendado	1.82	3.65	3.48	1.42	0.53	0.40

Source: ^aCvejić et al. (2015), ^bCheca-Artasu (2016), ^cMena, Ormazábal, Morales, Santelices, and Gajardo (2011) and ^down information. The percentages are based on the studies by Checa-Artasu (2016) and Barrera et al. (2016) on the minimum value of 9 m².

Fuente: ^aCvejić et al. (2015), ^bCheca-Artasu (2016), ^cMena, Ormazábal, Morales, Santelices, y Gajardo (2011) e ^dinformación propia. Los porcentajes se basan en los estudios de Checa-Artasu (2016) y de la Barrera et al. (2016) sobre el valor mínimo de 9 m².

The results of this research indicate that the higher the DGS, the higher the QL. This is consistent with other studies showing that society first tries to meet its primary needs and subsequently allocates resources to other objectives, including the care and maintenance of green spaces (Chen & Wang, 2013; Kweon et al., 2016). In this research it was noticeable that the best and largest green spaces were generally located in subdivisions with low marginalization and high incomes that occupy 5 % of the city (Figure 3). A typical case is the Campestre neighborhood located in the south of the city, where the average income of its inhabitants is one of the highest in the city and the density of green spaces is 25 m² per inhabitant.

Evidence from previous studies, including this one, suggests that the amount of green space in a community depends heavily on the quality of life of its residents. One of the major limitations of the present study is its static approach. The frequency of visits to green spaces and their duration can substantially influence the conservation and management of such areas. Therefore, it is necessary to apply this type of study in longitudinal or panel evaluations to observe the dynamics of the perceptions and socio-demographic characteristics of the population.

un factor importante de resaltar es la baja disponibilidad natural de agua causada por una baja precipitación. Este factor, aunado a otros como el uso actual del suelo y el uso de sistemas obsoletos de riego, limita la provisión de agua a la vegetación y, eventualmente, el desarrollo de más áreas verdes. En vista de lo anterior, otras alternativas como la posibilidad de establecer jardines verticales y el uso de especies nativas que no requieran mucha agua deben explorarse (Lindholm, 2017). También las autoridades municipales pueden ejercer mayor control en el establecimiento de nuevos desarrollos residenciales y comerciales a cambio de establecer más áreas verdes.

Los resultados de esta investigación indican que la DAV es mayor a medida que se tiene una mayor CV. Esto es consistente con otros estudios que demostraron que la sociedad trata primero de solventar sus necesidades primarias y subsiguientemente destinan recursos para otros objetivos, incluyendo el cuidado y mantenimiento de áreas verdes (Chen & Wang, 2013; Kweon et al., 2016). En esta investigación fue muy notorio que las mejores y más grandes áreas verdes se ubicaron por lo general en fraccionamientos con baja marginación y altos ingresos que ocupan 5 % de la ciudad (Figura 3). Un caso típico es el fraccionamiento Campestre localizado

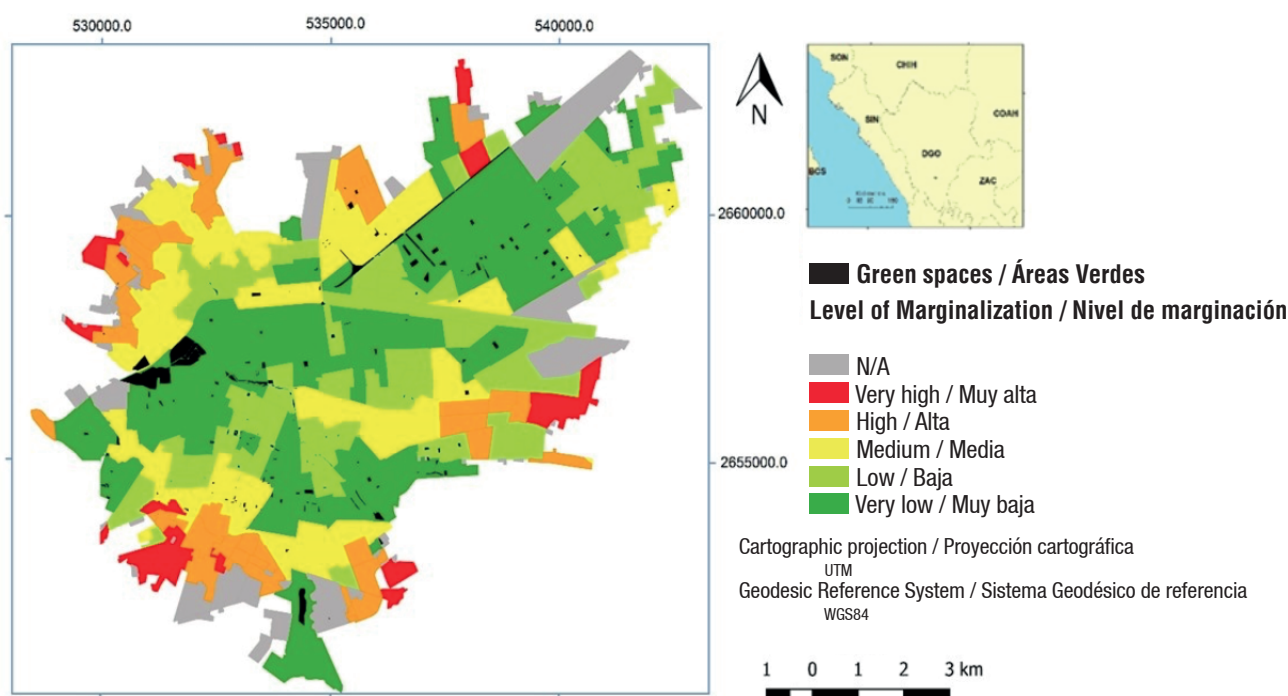


Figure 3. Location of green spaces and levels of marginalization in the city of Durango, Mexico (Source: Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2019 and own information).

Figura 3. Localización de las áreas verdes y niveles de marginación de la ciudad de Durango, México (Fuente: Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2019 e información propia).

Conclusions

The density of green spaces in the city of Durango is 3.67 m² per inhabitant, less than the 9 m² per inhabitant recommended by other studies. The higher the density of green spaces, the higher the quality of life. Contrary to the hypothesis, there was no evidence of association between the density of green spaces and the sense of belonging; the relationship is positive, but not significant. Nor was there a significant relationship of the combined effect of quality of life and sense of belonging with the density of green spaces. This suggests the need for greater attention in the areas of higher marginalization, in which fewer green spaces were observed. It is also necessary to increase the density of green spaces per inhabitant, especially in new residential developments.

Acknowledgments

This study received funding from the Instituto Politecnico Nacional (IPN), project 2018-0860, and from the National Council of Science and Technology (CONACYT). We thank the Directorate of Public Services of the municipality of Durango for the assistance provided. Comments from the editors of the journal and three anonymous reviewers are gratefully acknowledged.

End of English version

References / Referencias

- Ardila, R. (2003). Calidad de vida: una definicion integradora. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 35(2), 161–164. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/805/80535203.pdf>
- Checa-Artasu, M. M. (2016). Las áreas verdes en la Ciudad de México. Las diversas escalas de una geografía urbana. *Bilio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 21(1), 1–22. Retrieved from <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1159.pdf>
- Chen, W. Y., & Wang, D. T. (2013). Economic development and natural amenity: An econometric analysis of urban green spaces in China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(4), 435–442. doi: 10.1016/j.ufug.2013.08.004
- Choumert, J., & Salanié, J. (2008). Provision of urban green spaces: Some insights from economics. *Landscape Research*, 33(3), 331–345. doi: 10.1080/01426390802045996
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Barcelona, España: Ariel Ciencia.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2019). Índices de marginación. Retrieved October 12, 2019, from http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_Publicaciones
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. doi: 10.1007/bf02310555

al sur de la ciudad, donde el ingreso promedio de sus habitantes es uno de los más altos de la ciudad y registra una densidad de 25 m² de áreas verdes por habitante.

La evidencia de estudios previos, y de este en particular, sugieren que la cantidad de áreas verdes de una comunidad depende mucho de la calidad de vida de sus habitantes. Una de las grandes limitaciones del presente estudio es su enfoque estático. La frecuencia de visitas a las áreas verdes y su duración pueden influir sustancialmente en la conservación y manejo de dichas áreas. Por tanto, es necesario aplicar este tipo de estudios en evaluaciones longitudinales o de panel para observar la dinámica de las percepciones y características sociodemográficas de la población.

Conclusiones

La densidad de áreas verdes en la ciudad de Durango es de 3.67 m² por habitante, cifra inferior a los 9 m² por habitante que recomiendan otros estudios. La densidad de áreas verdes es mayor a medida que se tiene una mayor calidad de vida. Contrario a la hipótesis planteada, no se encontraron evidencias de asociación entre la densidad de áreas verdes y el sentido de pertenencia; la relación es positiva, más no significativa. Tampoco hubo una relación significativa del efecto combinado de la calidad de vida y sentido de pertenencia con la densidad de áreas verdes. Esto sugiere mayor atención en las zonas de marginación más alta, en las cuales se observó menor cantidad de áreas verdes. Asimismo, es necesario elevar la densidad de áreas verdes por habitante, especialmente en los nuevos desarrollos residenciales.

Agradecimientos

Este estudio recibió financiamiento del Instituto Politécnico Nacional (IPN), proyecto 2018-0860, y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Agradecemos a la Dirección de Servicios Públicos del municipio de Durango por las facilidades prestadas. Se agradecen los comentarios de los editores de la revista y de tres revisores anónimos.

Fin de la versión en español

- Cvejić, R., Eler, K., Pintar, M., Eleznikar, Š. Ž., Haase, D., Kabisch, N., & Strohbach, M. (2015). A typology of urban green spaces, ecosystem provisioning services and demands. Retrieved from http://greensurge.eu/working-packages/wp3/files/D3.1_Typology_of_urban_green_spaces_1_.pdf
- D3.1_Typology_of_urban_green_spaces_v2_.pdf
- de la Barrera, F., Reyes-Paecke, S., & Banzhaf, E. (2016). Indicators for green spaces in contrasting urban settings. *Ecological Indicators*, 62, 212–219. doi: 10.1016/j.ecolind.2015.10.027

- Francis, J., Giles-Corti, B., Wood, L., & Knuiaman, M. (2012). Creating sense of community: The role of public space. *Journal of Environmental Psychology, 32*(4), 401–409. doi: 10.1016/j.jenvp.2012.07.002
- Gracia, E., & Herrero, J. (2006). La comunidad como fuente de apoyo social: evaluación e implicaciones en los ámbitos individual y comunitario. *Revista Latinoamericana de Psicología, 38*(2), 327–342. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rtps/v38n2/v38n2a07.pdf>
- Haslauer, E., Delmelle, E. C., Keul, A., Blaschke, T., & Prinz, T. (2015). Comparing subjective and objective quality of life criteria: A case study of green space and public transport in Vienna, Austria. *Social Indicators Research, 124*(3), 911–927. doi: 10.1007/s11205-014-0810-8
- Heute, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment, 83*(1-2), 195–213. doi: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2
- Hombrados-Mendieta, I., & López-Espigares, T. (2014). Dimensiones del sentido de comunidad que predicen la calidad de vida residencial en barrios con diferentes posiciones socioeconómicas. *Psychosocial Intervention, 23*(3), 159–167. doi: 10.1016/j.psi.2014.08.001
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). Anuario estadístico y geográfico de Durango 2016. Retrieved from http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/DGO_ANUARIO_PDF16.pdf
- Kabisch, N., Strohbach, M., Haase, D., & Kronenberg, J. (2016). Urban green space availability in European cities. *Ecological Indicators, 70*, 586–596. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.02.029
- Karacor, E. K., & Senik, B. (2016). Understanding sense of community through neighborhood satisfaction and socio-demographic variables. *International Journal of Humanities and Cultural Studies, 3*(2), 1022–1035. Retrieved from <https://www.ijhcs.com/index.php/ijhcs/article/view/2513/2579>
- Kweon, B. S., Marans, R. W., & Yi, C. W. (2016). Parks and quality of life: Differences among african american and white residents. *Landscape Journal, 35*(1), 97–108. doi: 10.3368/lj.35.1.97
- Lee, A. C. K., & Maheswaran, R. (2011). The health benefits of urban green spaces: A review of the evidence. *Journal of Public Health, 33*(2), 212–222. doi: 10.1093/pubmed/fdq068
- Lindholm, G. (2017). The implementation of green infrastructure: relating a general concept to context and site. *Sustainability, 9*(4), 610. doi: 10.3390/su9040610
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., & Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología, 30*(3), 1151–1169. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/167/16731690031.pdf>
- Maas, J., van Dillen, S. M. E., Verheij, R. A., & Groenewegen, P. P. (2009). Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health. *Health & Place, 15*(2), 586–595. doi: 10.1016/j.healthplace.2008.09.006
- Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., de Vries, S., & Spreeuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? *Journal of Epidemiology and Community Health, 60*(7), 587–592. doi: 10.1136/jech.2005.043125
- Marans, R. W. (2015). Quality of urban life and environmental sustainability studies: Future linkage opportunities. *Habitat International, 45*(1), 47–52. doi: 10.1016/j.habitatint.2014.06.019
- Maya-Jariego, I. (2004). Sentido de comunidad y potenciación comunitaria. *Apuntes de Psicología, 22*(2), 187–211. Retrieved from <http://www.apuntesdepsicologia.es/index.php/revista/article/view/50/52>
- Mena, C., Ormazábal, Y., Morales, Y., Santelices, R., & Gajardo, J. (2011). Green area and vegetation cover indexes for Parral city (Chile) using photointerpretation and GIS. *Ciencia Florestal, 21*(3), 517–527. doi: 10.5902/198050983809
- Mitchell, R., & Popham, F. (2007). Greenspace, urbanity and health: Relationships in England. *Journal of Epidemiology and Community Health, 61*(8), 681–683. doi: 10.1136/jech.2006.053553
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory*. USA: McGraw-Hill.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2015). *Measuring well-being in Mexican states*. Paris, France: OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264246072-en
- Rea, M. L., & Parker, R. A. (2014). *Designing and conducting survey research: A comprehensive guide* (4th ed.). San Francisco, CA, USA: Jossey-Bass, Wiley.
- Romero-Pérez, C. K., Rodríguez-Muñoz, N. A., Alpuche-Cruz, M. G., & Martín-Domínguez, I. R. (2017). Preliminary study of the condition of social housing in the city of Durango, México. *Energy Procedia, 134*, 29–39. doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.594
- Sallis, J. F., Cervero, R. B., Ascher, W., Henderson, K. A., Kraft, M. K., & Kerr, J. (2006). An ecological approach to creating active living communities. *Annual Review of Public Health, 27*(1), 297–322. doi: 10.1146/annurev.publhealth.27.021405.102100
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World urbanization prospects: The 2018 revision (ST/ESA/SER.A/420)*. New York, USA: United Nations. Retrieved from <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- van den Berg, A. E., Maas, J., Verheij, R. A., & Groenewegen, P. P. (2010). Green space as a buffer between stressful life events and health. *Social Science & Medicine, 70*(8), 1203–1210. doi: 10.1016/j.socscimed.2010.01.002
- Zhang, W., & Lawson, G. (2009). Meeting and greeting: Activities in public outdoor spaces outside high-density urban residential communities. *Urban Design, 14*(4), 207–214. doi: 10.1057/udi.2009.19