

# A methodological approach for urban green areas: a case study in Madrid

Un enfoque metodológico para áreas verdes urbanas: un caso de estudio en Madrid

Teresa Briz-de-Felipe\* & Isabel de Felipe-Boente

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Madrid, E. T. S. Ingenieros Agrónomos, Departamento de Economía Agraria, Estadística y Gestión de Empresas. Avda. Puerta de Hierro, 2, 28040 Madrid, España.

\*Corresponding author: [teresa.briz@upm.es](mailto:teresa.briz@upm.es) tel.: +34 91 336 36 91.

## Abstract

**Introduction:** Urban residents are aware of the positive effects of being surrounded by nature.

**Objective:** A method was tested for identifying urban green areas and determining the attitude of the actors involved in the process of ground and roof greening.

**Materials and methods:** Roofs available for the establishment of green areas were quantified. Residents were interviewed to ascertain their willingness to install and maintain a green roof. The study was carried out through a techno-socioeconomic evaluation. The Willingness-To-Green Index (WTG) was used to analyze the presence or absence of plants on roofs.

**Results and discussion:** A new index, named the Green Evaluation Weighted Index (GEWI), was proposed to measure the “presence of green” in an urban environment. The index establishes the relationship between the number of roofs and the WTG of the inhabitants. The districts of Salamanca (Madrid), San Martí (Barcelona) and Nervión (Seville) had greater GEWI; that is, greater presence of urban agriculture.

**Conclusions:** The proposed methodology and index show the different possibilities that the study areas have to increase their green areas. Some factors such as reducing paperwork or facilitating the installation of green roofs could help achieve this goal.

**Keywords:** Green cities, urban agriculture, green roofs, Willingness-To-Green index.

## Resumen

**Introducción:** Los habitantes de las ciudades son conscientes de los efectos positivos que brinda el estar rodeado de naturaleza.

**Objetivo:** Se probó un método para la identificación de áreas verdes urbanas y para conocer la actitud de los actores involucrados en el proceso de enverdecimiento tanto de suelo como de altura.

**Materiales y métodos:** Se cuantificaron los tejados disponibles para el establecimiento de áreas verdes. Los residentes fueron entrevistados para consultar su opinión y disposición para la instalación y mantenimiento de un tejado verde. El estudio se realizó a través de la evaluación tecnosocioeconómica. El índice de disponibilidad al enverdecimiento (WTG, por sus siglas en inglés) se utilizó para analizar la presencia o ausencia de plantas en los tejados.

**Resultados y discusión:** Se propuso un nuevo índice, denominado índice ponderado de evaluación verde (GEWI, por sus siglas en inglés), para medir la “presencia de verde” en un entorno urbano. El índice establece la relación entre el número de tejados y el WTG de los habitantes. Los distritos de Salamanca (Madrid), San Martí (Barcelona) y Nervión (Sevilla) tuvieron mayor GEWI; es decir, mayor presencia de agricultura urbana.

**Conclusiones:** La metodología y el índice propuestos muestran las posibilidades de las zonas de estudio para incrementar sus zonas verdes. Algunos factores como disminuir los trámites o facilitar la instalación de azoteas verdes podrían ayudar a lograr tal objetivo.

**Palabras clave:** Ciudades verdes, agricultura urbana, azoteas verdes, índice de disponibilidad al enverdecimiento.

## Introduction

The current urban model is not sustainable in many cities and green policies are some of the most controversial issues. This paper explores a trending topic: green urban areas. The increasing trend of urbanization needs to consider useful tools to address the problems of lack of sustainability. Those tools include green areas, either at street level (parks and trees) or in buildings (green walls, green roofs, balconies, and courtyards). Achieving a green city, that is, an urban area with an adequate proportion of nature in its own environment, depends upon the available space, the economic resources and the positive attitude of the citizens towards greening their city. Currently, these urban green areas include a broader concept than their traditional meaning (parks and gardens), as they also refer to public and private actions, commercial transactions and even social movements; thus, they are termed 'urban green markets' (De Felipe & Briz, 2015).

There is a strong relationship between how green a city is and the space available, as well as how the inhabitants accept the incorporation of urban agriculture into the existing city. Humans have a biological need for proximity and contact with nature. This 'biophilic' idea (Wilson, 1984) includes several dimensions with positive interactions. There are several scenarios where people who are involved with nature experience positive benefits. Living around nature encourages physical activity and helps develop good habits (Astell-Burt, Mitchell, & Hartig, 2014), it increases life and quality conditions (Koshimizu, 2015; Takano, Nakamura, & Watanabe, 2002), and the presence of green landscapes reduces stress (Stronegger, Titze, & Oja, 2010). These experiences are strong arguments in favor of promoting urban nature in order to improve the negative quality of life situation in megalopolises (Maas, Verheij, Groenewegen, Vries, & Spreeuwenberg, 2006). Urban environments that include green areas are more appreciated than those without any green recreation space (Hartig & Staats, 2006).

Local regulations and urban planning are the instruments by which urban green areas are created. There is a need to evaluate the potential alternatives and to check how the goals can be pursued with the available resources before making a decision.

Urban green markets include a multifunctional range of heterogeneous products and services, which are difficult to evaluate (Baycan-Levent & Nijkam, 2004). There are some attributes that are common to all greening activities, since all these activities involve nature. However, other aspects of greening activities may raise other issues, such as the carbon footprint of green roofs, the humidity of plant walls or the benefits

## Introducción

El modelo urbano actual no es sostenible en muchas ciudades y las políticas verdes son algunas de las cuestiones más controvertidas. Este artículo explora un tema de tendencia: áreas urbanas verdes. La tendencia creciente de la urbanización debe considerar herramientas útiles para abordar los problemas de la falta de sostenibilidad. Esas herramientas incluyen áreas verdes, ya sea a nivel de la calle (parques y árboles) o en edificios (paredes verdes, tejados verdes, balcones y patios). El logro de una ciudad verde; es decir, un área urbana con una proporción adecuada de la naturaleza en su propio entorno, depende del espacio disponible, los recursos económicos y la actitud positiva de los ciudadanos hacia el enverdecimiento de su ciudad. Actualmente, estas áreas verdes urbanas incluyen un concepto más amplio que su significado tradicional (parques y jardines); así como también se refieren a acciones públicas y privadas, transacciones comerciales e incluso movimientos sociales, por lo que se denominan "mercados verdes urbanos" (De Felipe & Briz, 2015).

Existe una fuerte relación entre que tan ecológica es una ciudad y el espacio disponible, así como la forma en que los habitantes aceptan la incorporación de la agricultura urbana a la ciudad. Los seres humanos tienen una necesidad biológica de proximidad y contacto con la naturaleza. Esta idea 'biofilia' (Wilson, 1984) incluye varias dimensiones con interacciones positivas. Hay varios escenarios donde las personas que están involucradas con la naturaleza experimentan beneficios positivos. Vivir cerca de la naturaleza promueve la actividad física, ayuda a desarrollar buenos hábitos (Astell-Burt, Mitchell, & Hartig, 2014), aumenta las condiciones de calidad de vida (Koshimizu, 2015; Takano, Nakamura, & Watanabe, 2002); además, la presencia de paisajes verdes reduce el estrés (Stronegger, Titze, & Oja, 2010). Estas experiencias son fuertes argumentos a favor de promover la naturaleza urbana con el fin de mejorar la situación negativa de la calidad de vida en las megalópolis (Maas, Verheij, Groenewegen, Vries, & Spreeuwenberg, 2006). Los ambientes urbanos que incluyen áreas verdes son más convenientes que los edificios y el equipamiento urbano sin espacio de recreación verde (Hartig & Staats, 2006).

Las regulaciones locales y la planificación urbana son los instrumentos por los cuales se crean las áreas verdes urbanas. Es necesario evaluar las posibles alternativas y comprobar cómo se pueden alcanzar los objetivos con los recursos disponibles antes de tomar una decisión.

Los mercados verdes urbanos incluyen una gama multifuncional de productos y servicios heterogéneos que son difíciles de evaluar (Baycan-Levent & Nijkam, 2004). Hay algunos atributos que son comunes a

for pollution control where plants act as filters (of noise, dust, and heavy metals) (Jim, 2015). Also, there are other specific aspects whose relevance depends upon the final use: the appearance of the landscape, food farming, building design and energy saving (Jaffal, Ouldboukhite, & Belarbi, 2012).

The evaluation of urban green areas should also consider where the benefit of the action occurs. In general, green actions are focused on people's enjoyment (parks and gardens) and other benefits such as food production or energy saving, that is, searching for the positive effects on the final users of the project (Peck, 2014). In other cases, there are positive effects for the whole community which include landscaping, pollution control, water management, or a lower carbon footprint, and the evaluation should also take into account these effects. For instance, neighbors living in the area surrounding a green roof may see the value of their houses increase, without any investment or sacrifice of their own, with other people having been the promoters and having been in charge of doing the maintenance. For this reason, experts have to analyze the situation and look for methodologies which optimize the available resources by using a new management procedure and technologies. However, most research activities are focused on the environmental and technical dimensions using cost-benefit and investment analyses, while socioeconomic studies which involve direct interviewing of the final users are only marginal and complementary to other studies.

The information required for a transparent and efficient study of urban green areas may be obtained from secondary and primary sources. Secondary sources include statistics and publicly available published documents, and a review of secondary sources is the first step in an analysis and evaluation procedure. As a complement, primary information data may be obtained in different ways. It could be done, for example, with personal direct interviews with stakeholders. The analysis may be focused on the historical evolution or may be done in a cross-sectional way. The objective of this work was to test the usefulness of a method for identifying urban green areas, through a case study in Madrid, and to know the attitude of the actors involved in the process of urban ground and roof greening.

## Materials and methods

The motivation for the study of green areas and the selection of the appropriate methodology come from the need to change the current unsustainable city model. Vegetation improves air quality by providing oxygen, removing dust particles and heavy metals, retaining moisture, acting as a thermal and acoustic

todas las actividades de enverdecimiento, ya que involucran la naturaleza. Asimismo, las actividades de enverdecimiento tratan algunos otros aspectos: huella de carbono de los tejados verdes, la humedad de los muros con plantas o los beneficios del control de la contaminación donde las plantas actúan como filtros (de ruido, polvo y metales pesados). Además, existen otros aspectos específicos cuya relevancia depende del uso final: la apariencia del paisaje, la agricultura, el diseño de edificios y el ahorro energético (Jaffal, Ouldboukhite, & Belarbi, 2012).

La evaluación de las áreas verdes urbanas también debe considerar dónde se produce el beneficio de la acción. En general, las acciones verdes se centran en la recreación de la gente (parques y jardines) y otros beneficios como la producción de alimentos o el ahorro de energía; es decir, la búsqueda de los efectos positivos sobre los usuarios finales del proyecto (Peck, 2014). En otros casos, hay efectos positivos para toda la comunidad que incluyen el paisajismo, el control de la contaminación, la gestión del agua o una menor huella de carbono, por tanto, la evaluación también debe tener en cuenta estos efectos. Por ejemplo, los vecinos que viven en un área rodeada por un tejado verde pueden ver el aumento del valor de sus casas sin alguna inversión o sacrificio propio, siendo otras personas las promotoras y responsables del mantenimiento. Por esta razón, los expertos tienen que analizar la situación y buscar metodologías que optimicen los recursos disponibles utilizando un nuevo procedimiento de gestión y tecnologías. Sin embargo, la mayoría de las actividades de investigación se centran en las dimensiones medioambientales y técnicas, utilizando análisis de costo-beneficio y de inversión, mientras que los estudios socioeconómicos que involucran la entrevista directa de los usuarios finales son solo marginales y complementarios a otros estudios.

La información necesaria para un estudio transparente y eficiente de las áreas verdes urbanas puede obtenerse de fuentes secundarias y primarias. Las fuentes secundarias incluyen estadísticas y documentos publicados disponibles para el público; una revisión de fuentes secundarias es el primer paso en un procedimiento de análisis y evaluación. Como complemento, los datos de información primaria pueden obtenerse de diferentes maneras; por ejemplo, podría hacerse con entrevistas directas personales a los interesados. El análisis puede enfocarse en la evolución histórica o puede hacerse de manera transversal. El objetivo de este trabajo fue probar la utilidad de un método para la identificación de áreas verdes urbanas, a través de un estudio de caso en Madrid, y para conocer la actitud de los actores involucrados en el proceso de enverdecimiento urbano tanto de suelo como de altura.

insulator, as well as providing space for enjoyment. All these arguments must be explained to residents to guide them in the decision-making process for urban plans and policies.

Green urban areas have been studied previously in the literature, focusing on limited problems and planning. Issues like the study of hedonic aspects (Bengoechea, 2003), urban density (Yamamoto, 2010), landscape ecology (Jim & Chen, 2003), food supply (Orsini et al., 2014), property values (Bolitzer & Netusil, 2000), wetlands (Mahan, Polasky, & Adams 2000), air quality (Smith & Huang, 1995), or urban trees and forest (Nowak & Stevens, 1996; Tyrvaenen & Miettinen, 2000) have been the object of study. However, to our knowledge, there are no papers which combine the study of technical issues with personal opinions.

Traditionally, urban green areas were located at street level, in reserved spaces and generally public areas. Today, new construction techniques allow for utilizing available space (roofs, facades, patios) for vegetated areas. In this paper we focused on the roofs of buildings where the technical methodology has allowed us to identify the available surfaces in the districts of Madrid, Barcelona and Seville, and quantify their importance through a series of indexes. The next step was to apply in one of the selected districts (Salamanca, in Madrid) a socioeconomic methodology, which consisted of consulting the residents of the district about their opinion on the green areas and their willingness to collaborate in the installation and maintenance of a green roof on their own buildings.

Different methodologies provide information on urban green areas and are used for varied purposes. The technosocioeconomic methodology is recommended when there is a direct interaction and dependency between both disciplines, technical and socioeconomic. It is useful when the decision makers have to pay attention to interdisciplinary teams. Contingent evaluation analyses projects with services to urban communities, and policy makers want to know the opinion of the final users prior to the development of the project. The total economic evaluation has a macroeconomic overview and considers the commercial and public values of the potential project. Its main utility arises in the first steps of urban planning. The hedonic price system, focusing on a microeconomic level, is oriented towards urban neighborhoods for a better understanding of the relevant factors included in urban green spaces. The forecast evaluation method may help to understand the potential impact of different projects in the coming future. It focuses on the opinion of experts in the area of analysis. Finally, the value chain evaluation is recommended when the performance of the project is related to different actors, and it is important to understand the attitude of each of them.

## Materiales y métodos

La motivación para el estudio de las áreas verdes y la selección de la metodología adecuada viene de la necesidad de cambiar el modelo actual de ciudad insostenible. La vegetación mejora la calidad del aire proporcionando oxígeno, eliminando partículas de polvo y metales pesados, reteniendo la humedad, actuando como un aislante térmico y acústico, así como proveyendo espacio para la recreación. Todos estos argumentos deben ser explicados a los residentes para guiarlos en la toma de decisiones sobre planes y políticas urbanas.

Las áreas urbanas verdes han sido estudiadas previamente en la literatura, centrándose en problemas limitados y en la planificación. Cuestiones como el estudio de los aspectos hedónicos (Bengoechea, 2003), la densidad urbana (Yamamoto, 2010), la ecología del paisaje (Jim & Chen, 2003), el suministro de alimentos (Orsini et al., 2014), los valores de las propiedades (Bolitzer & Netusil, 2000), los humedales (Mahan, Polasky, & Adams 2000), la calidad del aire (Smith & Huang, 1995) o los árboles y bosques urbanos (Nowak & Stevens, 1996; Tyrvaenen & Miettinen, 2000) han sido objeto de estudio. Sin embargo, en nuestro conocimiento, no hay documentos que combinen el estudio de cuestiones técnicas con opiniones personales.

Tradicionalmente, las áreas verdes urbanas se situaban a nivel de la calle, en espacios reservados y, generalmente, en áreas públicas. Hoy en día, las nuevas técnicas de construcción permiten utilizar el espacio disponible (tejados, fachadas y patios) para las áreas de vegetación. Este estudio se centró en los tejados de edificios donde la metodología técnica permitió identificar las superficies disponibles en los distritos de Madrid, Barcelona y Sevilla, y cuantificar su importancia a través de una serie de índices. El siguiente paso fue aplicar la metodología socioeconómica en uno de los distritos seleccionados (Salamanca, Madrid), la cual consistió en consultar a los residentes acerca de su opinión sobre las áreas verdes y su disposición para colaborar en la instalación y el mantenimiento de un tejado verde en sus propios edificios.

Diferentes metodologías proporcionan información sobre las áreas verdes urbanas y se utilizan con diferentes propósitos. La metodología tecnosocioeconómica se recomienda cuando existe una interacción directa y de dependencia entre ambas disciplinas, tecnológica y socioeconómica. La metodología es útil cuando los encargados de la toma de decisiones tienen que prestar atención a los equipos interdisciplinarios. Los proyectos de análisis de evaluación contingente con servicios a las comunidades urbanas y los encargados de la formulación de políticas requieren la opinión de los usuarios finales antes del desarrollo del proyecto.



Below, we explain some of the most significant characteristics of the methodologies that could be applied in the urban green areas, which finally leads us to the one selected for this paper, the technosocioeconomic evaluation.

a) Techno-socioeconomic evaluation. This is a cross-sectional study that is particularly recommended for cities with spaces that may be underused and in which green activities could be developed. However, there are some restrictions to be noted in order to efficiently perform the study: i) Identification of the geographical spaces available. In the case of vertical agriculture, there must be underused areas (walls or roofs) on which green orchards/gardens may be installed; ii) Knowledge of the attitude of the main socioeconomic actors involved (neighbors, entrepreneurs, policy makers, civil servants, non-governmental organizations [NGOs] and associations); and iii) Benefit/cost ratio of the green project that is developed (Briz, Duran, & Röhrich, 2015).

With these goals, a combination of technological, innovation and socioeconomic analysis is carried out following the various steps below, and the costs should be shared by the promoters and the people of the city (through subsidies, taxes, administrative facilities, etc.). The steps of the process are: 1) The use of innovation technology applications to measure the available spaces that may support green activities; 2) interviews with the main actors in the urban district in which the project may be developed; and 3) an evaluation of the benefits that would be obtained from the creation of the green areas. The benefits may be tangible or intangible, and there may be a direct impact on the promoters (a better environment, food, recreation, and employment) and indirectly on the neighborhood (local climate, air quality, heat island effect, and landscape).

b) Contingent evaluation. This evaluation is based on information obtained from people who use the product or service through interviews (face-to-face, telephone, Internet, fax, mail, etc.). The goal is to know their opinion of the utility of the product or service, their willingness to pay and what modifications should be made to improve the product's quality and efficiency. This is the first step in understanding the green market situation, and may be used for later action (Kallas, Gómez-Limón, & Barreiro, 2007).

c) Total economic evaluation. In this method there are two areas of study: the transaction value (the commercial value) and the public value (environmental and non-commercial factors). The commercial value is important for customers and entrepreneurs directly involved in the market transaction (that is, buyers and sellers), and includes prices, financial conditions and other matters. The environmental value is more

La evaluación económica total tiene una visión macroeconómica y considera los valores comerciales y públicos del proyecto potencial; su utilidad principal surge en los primeros pasos de la planificación urbana. El sistema de precios hedónicos, centrado en un nivel microeconómico, está orientado hacia los vecindarios urbanos para una mejor comprensión de los factores relevantes incluidos en los espacios verdes urbanos. El método de evaluación de pronóstico puede ayudar a entender el impacto potencial de diferentes proyectos en el futuro; se centra en la opinión de los expertos en el área de análisis. Por último, se recomienda la evaluación de la cadena de valor cuando el desempeño del proyecto está relacionado con diferentes actores y es importante entender la actitud de cada uno de ellos.

A continuación, se explican algunas de las características más significativas de las metodologías que podrían aplicarse en las áreas verdes urbanas, que finalmente nos lleva a la metodología seleccionada para este trabajo, la evaluación tecnosocioeconómica.

a) Evaluación tecnosocioeconómica. Se trata de un estudio transversal que se recomienda especialmente para las ciudades con espacios subutilizados y en los que se podrían desarrollar actividades ecológicas. Sin embargo, hay algunas restricciones a tomar en cuenta para poder llevar a cabo el estudio de manera eficiente: i) identificación de los espacios geográficos disponibles. En el caso de la agricultura vertical, deben existir zonas subutilizadas (paredes o tejados) en las que se puedan instalar huertos/jardines verdes; ii) conocimiento de la actitud de los principales actores socioeconómicos implicados (vecinos, empresarios, legisladores, funcionarios, organizaciones no gubernamentales [ONG] y asociaciones); y iii) relación costo/beneficio del proyecto verde que se desarrolla (Briz, Duran, & Röhrich, 2015).

Con estos objetivos, una combinación de análisis tecnológico, de innovación y socioeconómico se realiza siguiendo varios pasos; los costos deben ser compartidos por los promotores y los habitantes de la ciudad (a través de subsidios, impuestos, servicios administrativos, etc.). Los pasos del proceso son: 1) el uso de aplicaciones de tecnología de innovación para medir los espacios disponibles que pueden apoyar actividades verdes; 2) entrevistas con los principales actores del distrito urbano en el que se desarrolle el proyecto; y 3) una evaluación de los beneficios que se obtendrían de la creación de las áreas verdes. Los beneficios pueden ser tangibles o intangibles y puede haber un impacto directo en los promotores (mejor ambiente, alimentos, recreación y empleo) e indirectamente en el vecindario (clima local, calidad del aire, efecto en isla de calor y paisaje).

b) Evaluación contingente. Esta evaluación se basa en información obtenida de personas que utilizan el

related to externalities not considered by the market, and includes positive results for the neighborhood and the urban area as a whole (Dickinson & Calkins, 1988).

d) The hedonic price system. This method is applied when there are goods or services that are the result of the aggregation of several characteristics that satisfy different goals but cannot be split into isolated parts. This is the situation for multipurpose green areas that have an effect on air quality, food supply, biodiversity, landscape and leisure, water management, and energy and noise control. The area has to be evaluated on a global basis; some of these effects may not even be relevant for the particular city of analysis. In any case, each community has to establish its own attribute preferences (Shilling, 1992).

e) Forecast evaluation. The analysis of how the green city evolves, in response to different city planning policies and economic or social restrictions in future years, is very important for urban designers, social communities and firms. As a first approach the Delphi method may be used; this requires the researcher to obtain the personal opinions of the stakeholders involved in the urban greening activities. The interviewees may be community leaders, builders, urban planners, civil servants, policy makers, university researchers, or NGO employees. Different waves of interviews are carried out, with the intention of obtaining a convergent view about the state of the green areas in the future (Echenique, Hargreaves, Mitchell, & Namdeo, 2012).

f) The value chain evaluation. This method is recommended when there is a continuous flow of products and services in the urban green market, with different sources. This is the situation for urban food agriculture, where stakeholders, from producers to consumers, meet at the market. Urban and rural agriculture compete with their products, but from opposite positions. Rural food products usually have lower prices, because of their lower production cost, as farmers operate with economies of scale and are more specialized. By contrast, urban products are more expensive but have specific attributes (not always evaluated in traditional markets), such as lower energy and a smaller carbon footprint, and they provide positive benefits to urban dwellers. In this case, sustainability is a key factor in the decision buying process. A method that can be applied in this case, with a comparative analysis, is the value chain, which has been tested in several countries for regular markets (Briz & De Felipe, 2012).

The analysis carried out in this study covers vertical and traditional agricultures, using a techno-socioeconomic evaluation.

producto o servicio a través de entrevistas (cara a cara, teléfono, internet, fax, correo, etc.). El objetivo es conocer su opinión sobre la utilidad del producto o servicio, su disposición a pagar y qué modificaciones deben hacerse para mejorar la calidad y la eficiencia del producto. Este es el primer paso para entender la situación del mercado verde y puede ser usado para acciones posteriores (Kallas, Gómez-Limón, & Barreiro, 2007).

c) Evaluación económica total. En este método existen dos áreas de estudio: el valor de transacción (valor comercial) y el valor público (factores ambientales y no comerciales). El valor comercial es importante para los clientes y empresarios involucrados directamente en la transacción del mercado (es decir, compradores y vendedores) e incluye precios, condiciones financieras y otros asuntos. El valor ambiental está más relacionado con externalidades no consideradas por el mercado e incluye resultados positivos para el vecindario y el área urbana en su conjunto (Dickinson & Calkins, 1988).

d) El sistema de precios hedónicos. Este método se aplica cuando hay bienes o servicios que son el resultado de la agregación de varias características que satisfacen objetivos diferentes, pero que no pueden dividirse en partes aisladas. Esta es la situación de las áreas verdes multifuncionales que tienen un efecto en la calidad del aire, el suministro de alimentos, la biodiversidad, el paisaje y la recreación, la gestión del agua y el control de la energía y el ruido. El área debe ser evaluada a nivel global; algunos de estos efectos pueden no ser relevantes para la ciudad analizada en particular. En cualquier caso, cada comunidad tiene que establecer sus propias preferencias de atributos (Shilling, 1992).

e) Evolución del pronóstico. El análisis de la forma en que la ciudad verde evoluciona, en respuesta a diferentes políticas urbanísticas y restricciones económicas o sociales en los próximos años, es muy importante para los diseñadores urbanos, las comunidades sociales y las empresas. Como primera aproximación se puede usar el método Delphi; esto requiere que el investigador obtenga las opiniones personales de los actores involucrados en las actividades de enverdecimiento urbano. Los entrevistados pueden ser líderes comunitarios, constructores, planificadores urbanos, funcionarios públicos, políticos, investigadores universitarios o empleados de las ONG. Se realizan diferentes series de entrevistas con la intención de obtener una visión convergente sobre el estado de las áreas verdes en el futuro (Echenique, Hargreaves, Mitchell, & Namdeo, 2012).

f) La evaluación de la cadena de valor. Este método se recomienda cuando hay un flujo continuo de productos y servicios en el mercado verde urbano con diferentes fuentes. Esta es la situación de la agricultura

## Techno-socioeconomic evaluation of vertical agriculture

This study consists of two parts. First, there is a technical identification of the available spaces (Torres & Arranz, 2015), and secondly, there is a search for socioeconomic information about the attitude of the subjects who live in the area. Following this methodology, the first step is to analyze the green roofs, with a techno-agronomical focus, that is, the degree of nature present in the environment. The traditional way is to study the characteristics of the facility and the maintenance needed for the roof (a structural focus), as explained in Table 1. This analysis provides valuable information, but we need a complementary view with a different focus, a landscape focus, for our study. Therefore, we propose a Willingness-To-Green (WTG) index, an index that provides information about the presence or absence of plants on roofs, in order to gain an initial view of the greening rooftop situation. This was the methodology applied in this study, as a pioneer method in this research area.

In Table 2, several categories for the green density were established: Very High (VH), High (H), Medium (M), Low (L) and Non-Existent (N). As a first step, we define the Green Evaluation Weighted Index (GEWI), by the addition of green areas on roofs and walls:

$$GEWI = \sum N * WTG$$

where:

N = number of green spots (roofs [horizontal], walls [vertical]) located using Google Earth (for roofs) and by

alimentaria urbana, donde las partes interesadas, desde los productores hasta los consumidores, se reúnen en el mercado. La agricultura urbana y rural compiten con sus productos, pero desde posiciones opuestas. Los productos alimenticios rurales suelen tener precios más bajos, debido a su menor costo de producción, ya que los agricultores operan con economías de escala y están más especializados. Por el contrario, los productos urbanos son más caros, pero tienen atributos específicos (no siempre evaluados en los mercados tradicionales) como menor energía y menor huella de carbono y proporcionan beneficios positivos a los habitantes urbanos. En este caso, la sostenibilidad es un factor clave en el proceso de decisión de compra. Un método que puede aplicarse en este caso, con un análisis comparativo, es la cadena de valor, que ha sido probada en varios países para mercados regulares (Briz & De Felipe, 2012).

El análisis realizado en este estudio abarca la agricultura vertical (en altura) y tradicional, utilizando una evaluación tecnosocioeconómica.

## Evaluación tecnosocioeconómica de la agricultura vertical

Este estudio consta de dos partes. En primer lugar, existe una identificación técnica de los espacios disponibles (Torres & Arranz, 2015) y, en segundo lugar, se busca información socioeconómica sobre la actitud de los sujetos que viven en el área. Siguiendo esta metodología, el primer paso fue analizar los tejados verdes con un enfoque tecnosocioeconómico; es decir, el grado de naturaleza presente en el medio ambiente. La forma tradicional es estudiar las características de

**Table 1. Structural Analysis of Green Roofs.**  
**Cuadro 1. Análisis estructural de tejados verdes.**

Dimensions/ Dimensiones	Type of green roof/Tipo de tejado verde		
	Extensive/ Extensivo	Semi-intensive/ Semintensivo	Intensive/ Intensivo
Substratum-build/ Substrato-edificio	60-200 mm	120-250 mm	150-400 mm
Weight/ Peso	60-150 kg·m <sup>-2</sup>	120-200 kg·m <sup>-2</sup>	180-500 kg·m <sup>-2</sup>
Maintenance/ Mantenimiento	Low/ Bajo	Periodic/ Periódico	High/ Alto
Cost/ Costo	Low/ Bajo	Medium/ Medio	High/ Alto
Irrigation/ Irigación	Low/ Bajo	Periodic/ Periódico	Regular
Plants/ Plantas	Sedum and grasses/ Sedum, pastos	Grasses and herbs/ Pastos, hierbas	Perennials and trees/ Perenales, árboles

Source: International Green Roof Association (IGRA, 2007).

Fuente: International Green Roof Association (IGRA, 2007)

**Table 2. Willingness-to-Green (WTG) Index.****Cuadro 2. Índice de disponibilidad al enverdecimiento (WTG).**

WTG	Green Weight Index / Índice verde ponderado	Green area (%) / Área verde (%)
Very High (VH) / Muy Alto (MA)	6	>75
High (H) / Alto (A)	4	51-75
Medium (M) / Medio (M)	3	25-50
Low (L) / Bajo (B)	1	<25
Non-existent (N) / No existente (N)	0	0

Source: Author-made (2015).

Fuente: elaboración propia (2015).

direct observation (for walls). In English, the literature on “vertical agriculture” includes roofs and walls, but the translation in Spanish, “agricultura de altura,” also refers to roofs and walls.

WTG = Willingness-to-green

For example, if in a certain street there were three roofs and walls with a High density (50-75 % green area), which means High WTG, and two roofs with a Low density (< 25 %), which means Low WTG, the GEWI will be:

$$GEWI = 3 H + 2 L = (3*4) + (2*1) = 14$$

For the first part of the study, it was necessary to select the districts to be studied. In this case, a total of seven districts were randomly selected by convenience, provided the available resources, but with different population characteristics (income and age): three in Madrid, two in Barcelona and two in Seville (Spain). There were two main reasons for choosing these districts: firstly, they were urban neighborhoods with clear boundaries and, secondly, they had a high level of activity (houses, offices, shops, etc.), which would make direct interviews possible in the second phase of the evaluation.

The study of vertical agriculture was carried out with the aerial view information from Google Earth. This data was collected for the seven selected districts, and the green intensity was measured. In each district, the number of streets to be studied was identified, and the green areas on both roofs and courtyards were measured. Each roof and courtyard of the selected streets was carefully measured to see what percentage of it was covered in vegetation, using the WTG index. They were classified according to the categories defined above. With this, we obtained an overview of the greening situation on each street and the average area of courtyards and roofs that was green.

la instalación y el mantenimiento necesario para el tejado (un enfoque estructural) como se explica en el Cuadro 1. Este análisis proporciona información valiosa, pero se necesita una visión complementaria con un enfoque diferente, un enfoque de paisaje, para el presente estudio. Por lo tanto, se propone el índice de disponibilidad al enverdecimiento (WTG, por sus siglas en inglés) que proporciona información acerca de la presencia o ausencia de plantas en los tejados, con el fin de obtener una visión inicial de la situación del tejado verde. Tal metodología se aplicó en el estudio, como método pionero en esta área de investigación.

En el Cuadro 2 se establecieron varias categorías para la densidad de verde: muy alto (MA), alto (A), medio (M), bajo (B) y no existente (N). Como primer paso, se define el índice ponderado de evaluación verde (GEWI, por sus siglas en inglés), mediante la adición de áreas verdes en tejados y paredes:

donde:

$$GEWI = \sum N * WTG$$

N = número de manchas verdes (tejados [horizontales], paredes [verticales]) ubicadas con Google Earth (para tejados) y por observación directa (para muros). En inglés, la literatura sobre “agricultura vertical” incluye tejados y paredes, pero la traducción en español, “agricultura de altura”, también se refiere a tejados y paredes.

WTG = disponibilidad al enverdecimiento.

Por ejemplo, si en una calle determinada había tres tejados y paredes con una densidad alta (50 a 75 % de área verde), lo que significa WTG alto, y dos tejados con baja densidad (<25 %), lo que significa WTG bajo, el GEWI será:

$$GEWI = 3 A + 2 B = (3*4) + (2*1) = 14$$



In what follows, we explain in detail the procedure that was followed in each one of the districts. For example, if we take the streets in Salamanca district and we measure the greenness of the roofs on those streets, we obtain 2 Very High (VH), 10 High (H), and 28 Low (L); we multiply those roofs by the WTG index for each type and the result is a GEWI of  $(12 + 40 + 28) = 80$ . As another example, if we consider the courtyards in the district of San Martí, in Barcelona, the total presence of urban agriculture in the studied streets is: 6 Very High (VH), 14 High (H), 49 Medium (M), and 193 Low (L). When multiplied by the coefficients  $(36 + 56 + 147 + 193)$ , the GEWI was 432. A last example is a case from Seville: the courtyards in the district of Nervión. Urban agriculture has the following distribution in the courtyards of the 30 streets studied: 180 low (L), 10 medium (M), 8 high (H), and 22 very high (VH). The GEWI equals to  $180 + 30 + 32 + 132 = 374$ .

### Socioeconomic evaluation of vertical agriculture

For the in-depth socioeconomic analysis, one of the districts was selected, the Salamanca district of Madrid. This district was chosen because it is a central district with high traffic and commercial activity. Among European cities, Madrid has one of the higher green areas per capita ( $70 \text{ m}^2$ ), and the Salamanca district has 13,000 street trees, but no big parks inside its perimeter. Because the area is very built up, one of the possibilities for increasing the number of green areas is through vertical agriculture, in patios (courtyards) and on roofs. The district is located in downtown Madrid, with an area of 540 ha and a total of 144,000 inhabitants according to the latest census in 2014. The economic activity is focused on offices and shops, with a yearly income per capita of 27,000 euros in 2009. The area was one of the first modern urban planning areas, developed by the promoter Marques de Salamanca, in a grid organization of parallel streets.

The socioeconomic study consisted of face-to-face interviews with residents in the area, in order to find out about their attitudes towards urban agriculture in their neighborhood. First, we tested the survey with a small pilot convenience sample ( $n = 16$  people, University employees). Ultimately, a total of 178 face-to-face interviews were carried out during April 2015. Interviewers spent several days in the mentioned districts gathering the relevant information. In some cases, previous appointments were made with homeowners, office and store representatives, but in other cases, people who were entering houses in the district were directly approached. Some residents rejected taking part in the interview and some questionnaires were not fully completed, so they were not taken into consideration in the final number.

Para la primera parte del estudio fue necesario seleccionar los distritos a ser estudiados. En este caso, siete distritos fueron seleccionados al azar por conveniencia, proporcionando los recursos disponibles, pero con diferentes características de la población (ingresos y edad): tres en Madrid, dos en Barcelona y dos en Sevilla. Hubo dos razones principales para elegir estos distritos; en primer lugar, eran vecindarios urbanos con límites claros y, segundo, tenían un alto nivel de actividad (casas, oficinas, tiendas, etc.), lo que haría posibles entrevistas directas en la segunda fase de la evaluación.

El estudio de la agricultura vertical se llevó a cabo con la información de la vista aérea de Google Earth. Estos datos se recolectaron para los siete distritos seleccionados y se midió la intensidad de verde. En cada distrito se identificó el número de calles a estudiar y se midieron las áreas verdes tanto en los tejados como en los patios. Cada tejado y patio de las calles seleccionadas se midió cuidadosamente para determinar el porcentaje cubierto de vegetación, utilizando el índice WTG. Estas se clasificaron según las categorías definidas anteriormente. Con esto, se obtuvo una visión general de la situación de enverdecimiento en cada calle y el área promedio de patios y tejados que eran verdes.

A continuación, se expone con detalle el procedimiento seguido en cada uno de los distritos. Por ejemplo, si tomamos las calles del distrito de Salamanca y medimos el verdor de los tejados en esas calles, obtenemos 2 muy alto (MA), 10 alto (A) y 28 bajo (B); multiplicamos esos tejados por el índice WTG para cada tipo y el resultado es un GEWI de  $(12 + 40 + 28) = 80$ . Como otro ejemplo, si se consideran los patios del distrito de San Martí en Barcelona, la presencia total de la agricultura urbana en las calles estudiadas fue: 6 muy alto (MA), 14 alto (A), 49 medio (M) y 193 bajo (B). Cuando se multiplicó por los coeficientes  $(36 + 56 + 147 + 193)$ , el GEWI fue de 432. Un último ejemplo es un caso de Sevilla: los patios del vecindario de Nervión. La agricultura urbana tiene la siguiente distribución en los patios de las 30 calles estudiadas: 180 bajo (B), 10 medio (M), 8 alto (A) y 22 muy alto (MA). El GEWI es igual a  $180 + 30 + 32 + 132 = 374$ .

### Evaluación socioeconómica de la agricultura vertical

Para el análisis socioeconómico en profundidad, se seleccionó el distrito de Salamanca de Madrid. Este fue elegido porque es un distrito central con tráfico alto y actividad comercial. Entre las ciudades europeas, Madrid tiene una de las áreas verdes más altas por habitante ( $70 \text{ m}^2$ ) y el distrito de Salamanca tiene 13,000 árboles en las calles, pero no hay grandes parques dentro de su perímetro. Debido a que el área está muy construida, una de las posibilidades para

## Results and discussion

### Techno-socioeconomic study

Once all the districts had been studied, the results were compiled into Table 3. From these results, it can be clearly seen and quantified that the districts of Salamanca (Madrid), San Martí (Barcelona) and Nervión (Seville) have a higher GEWI, that is, a higher presence of urban agriculture on their streets. Since the index just refers to buildings and houses, it could be the case that there were parks and recreation areas with trees or gardens in districts with a lower GEWI. A lower GEWI does not mean “no trees” or “polluted” areas. The concern is just with urban agriculture.

The technical study provides an easy, practical and affordable instrument to describe the green areas in the roofs or walls of an urban district. It is possible to measure and quantify the potential area to green, and its success depends on the final use by the residents of those buildings.

There are other sophisticated and expensive methods (which were not available for this study) that enable the possibility of not only measuring the surface, but also the inclination (tilt) of the roof (Torres & Arranz, 2015). These methods allow for designing specific green infrastructures to be installed on those roofs. Another important issue in the technical analysis is the capacity of the infrastructure to support a potential green area, either extensive (with a low density of plants) or intensive (with a high density of plants).

aumentar el número de áreas verdes es a través de la agricultura vertical en patios y en tejados. El distrito está situado en el centro de Madrid, con una superficie de 540 ha y un total de 144,000 habitantes según el último censo en 2014. La actividad económica se centra en oficinas y comercios con un ingreso per cápita anual de 27,000 euros en 2009. La zona fue una de las primeras áreas de planificación urbana moderna, desarrolladas por el promotor Marqués de Salamanca, en una red de calles paralelas.

El estudio socioeconómico consistió en entrevistas cara a cara con los residentes del área, con el fin de conocer sus actitudes hacia la agricultura urbana en su vecindario. Primero, la encuesta se hizo a una pequeña muestra piloto de conveniencia (n = 16 personas, empleados de la universidad). Finalmente, se realizaron 178 entrevistas cara a cara en abril de 2015. Los entrevistadores pasaron varios días en los distritos mencionados reuniendo la información relevante. En algunos casos, se hicieron citas previas con los propietarios, representantes de oficinas y tiendas, pero en otros casos, las personas que entraban a las casas en el distrito fueron abordadas directamente. Algunos residentes rechazaron tomar parte en la entrevista y algunos cuestionarios no fueron completados en su totalidad, por lo cual no se consideraron en el número final.

## Resultados y discusión

### Estudio tecnosocioeconómico

Una vez que todos los distritos se estudiaron, los resultados se recopilaron en el Cuadro 3, donde se

**Table 3. Districts studied in Madrid, Barcelona and Seville where places available for urban green areas were identified.**

**Cuadro 3. Distritos estudiados en Madrid, Barcelona y Sevilla donde se identificaron superficies disponibles para áreas verdes urbanas.**

District / Distrito	Number of streets / Número de calles	Total		Average / Promedio	
		Courtyards / Patios	Roofs / Tejados	Courtyards / Patios	Roofs / Tejados
Salamanca (Madrid)	28	210	70	7.5	2.85
Chamartín (Madrid)	103	1,302	192	12.6	1.86
Prosperidad (Madrid)	16	94	21	5.9	1.3
San Martí (Barcelona)	34	432	128	12.7	3.7
Eiample (Barcelona)	23	238	45	10.3	1.9
Nervión (Sevilla)	30	374	32	12.5	1.1
Cero-Amate (Seville)	57	290	40	5.1	0.7

Source: Author-made (2015).

Fuente: elaboración propia (2015).

## Socioeconomic study

The second part of this research involved a study in the Salamanca district of Madrid, which was selected because of its geographical and socioeconomic characteristics. It is located in downtown Madrid and it is one of the most dynamic districts regarding business and commercial activities. The pollution is very high in this district (Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental, 2016) and the possibility of creating parks or gardens at street level is almost non-existent, given the layout of streets and buildings. However, the buildings offer many available roofs for green infrastructures, and the goal was to learn about the residents' opinions on these issues.

Information on the attitudes, concerns and desires of the inhabitants of the buildings was gathered through personal interviews. The largest group of interviewees (60 %) were owners or tenants of their homes/offices. There were also doorkeepers (15 %) who had good information about the situation. Around 60 % of the people interviewed had a roof that could be transformed into a green space. The majority of the roofs (61 %) were managed by the community neighborhood, and only 26 % of the roofs had private owners. Some people did not know who was responsible for the management of their roof. The preference of end use of the roof or courtyard was even: either garden with flowers (50 %) or vegetable garden (50 %).

The main obstacles that interviewees expected to encounter if there were a new use of their space were a lack of knowledge on how to manage it (32 %), the probable cost of the new activity (29 %), and excessive bureaucracy that would have to be faced if the space were to be converted into an orchard or garden (15 %). In relation to the management of the new green space, most of the interviewees would prefer to delegate the tasks to an expert (either public or private) (30 %), while some would prefer to manage the area personally or with friends and family members (25 %). In some ways, these answers are related to a low level of knowledge of farming practices among urban citizens.

Moreover, there was a positive reaction to the idea of green roofs, and the interviewees were willing to use their roofs in a different way. The maximum amount they would invest in the reconditioning of their roofs, in their "new green adventure", is, for 76 % of respondents, less than 3,000 euros, while 18 % would be willing to spend 3,001-5,000 euros and 6 % more than 5,000 euros.

In summary, the Salamanca district of Madrid has high potential for installing green roofs, according to the technical and socioeconomic information. Around

puede ver y cuantificar que los distritos de Salamanca (Madrid), San Martí (Barcelona) y Nervión (Sevilla) tienen GEWI mayor; es decir, mayor presencia de la agricultura urbana en sus calles. Dado que el índice solo se refiere a edificios y casas, puede ser posible que haya parques y áreas de recreación con árboles o jardines en los distritos con menor GEWI. Un GEWI menor no significa áreas "sin árboles" o "contaminadas". El interés es solo con la agricultura urbana.

El estudio técnico proporciona un instrumento fácil, práctico y asequible para describir las áreas verdes en los tejados o los muros de un distrito urbano. Es posible medir y cuantificar el área potencialmente verde y su éxito depende del uso final por los residentes de esos edificios.

Existen otros métodos sofisticados y costosos (que no estaban disponibles para este estudio) que permiten no solo medir la superficie sino también la inclinación del tejado (Torres & Arranz, 2015). Estos métodos conceden diseñar infraestructuras verdes específicas para ser instaladas en esos tejados. Otra cuestión importante en el análisis técnico es la capacidad de la infraestructura para soportar una zona verde potencial, ya sea extensiva (con baja densidad de plantas) o intensiva (con una alta densidad de plantas).

## Estudio socioeconómico

La segunda parte de esta investigación incluyó un estudio en el distrito de Salamanca de Madrid, seleccionado por sus características geográficas y socioeconómicas. El distrito está situado en el centro de Madrid y es uno de los más dinámicos en cuanto a negocios y actividades comerciales. La contaminación es muy alta (Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental, 2016) y la posibilidad de crear parques o jardines a nivel de calle es casi inexistente, dada la disposición de calles y edificios. No obstante, los edificios ofrecen muchos tejados disponibles para infraestructuras verdes y el objetivo era conocer las opiniones de los residentes sobre estos temas.

La información sobre las actitudes, preocupaciones y deseos de los habitantes de los edificios fue recopilada a través de entrevistas personales. El grupo más grande de entrevistados (60 %) era propietario o arrendatario de su hogar/oficina. También hubo porteros (15 %) que tenían buena información sobre la situación. Alrededor de 60 % de las personas entrevistadas tenían un tejado que podía transformarse en un espacio verde. La mayoría de los tejados (61 %) fueron gestionados por el vecindario comunitario y solo 26 % tenía propietarios privados. Algunas personas no sabían quién era responsable de la gestión de su tejado. La preferencia por el uso final de la azotea o patio fue: jardín con flores (50 %) o huerta (50 %).

475,000 m<sup>2</sup> gives many possibilities for transformation, either into regular green roofs or intensive capital and labor elements (greenhouses). Given the results of the personal interviews, we suggest that the promotion of green roofs in the Salamanca district follow different strategies. One action should be oriented towards community neighborhood roofs (61 % of the available ones), and the benefits for the residents: common activities, private parties, ornamental orchards, etc., depending on the use they want.

Another strategy could be aimed at private owners as they have the opportunity to expand their home space into outdoor space with recreational use. This possibility is very popular and there are already different initiatives to encourage activities. The Botanic Garden, University and City Hall Extension services offer introductory courses for people interested in creating their own orchard or garden. This is a key issue since many interviewees were interested in this option, but did not know how to manage it (33 % of the people). Also, almost one third of respondents (30 %) were in favor of delegating the maintenance of the gardens or orchards, so this is a great opportunity for private entrepreneurs who are already starting businesses focused on these specific urban areas.

Another important strategy is the simplification of bureaucracy and facilitating the conversion of the new green roofs. Residents were willing to install the roofs, but since the innovative investment is high, initiatives such as direct subsidies or credit would encourage the conversion, and could complement the initial outlay mentioned by dwellers which was between 3,000 and 5,000 euros.

## Conclusions

Increasing the amount of green spaces in buildings could help alleviate the serious pollution problems faced by many cities. The task of this paper is to identify the main players in the urban green areas, their opinions and their reactions to the current conditions, and then show them the potential solutions. This paper proposes an original technical and socioeconomic methodology in two steps. It is an affordable and easy methodology that could be used by researchers. We propose a new index to measure the “presence of green” in an urban environment. This index, which was named Green Evaluation Weighted Index (GEWI), establishes the relationship between the number of roofs and the Willingness-To-Green Index (WTG) of the inhabitants. This study showed the differences in potential green roofs between different districts. The second step was the socioeconomic study in the Salamanca district of Madrid because it is crucial to know the attitudes and needs of the urban residents, and there is a great opportunity to improve

Los principales obstáculos que los entrevistados esperaban encontrar si había un nuevo uso de su espacio eran la falta de conocimiento sobre cómo manejarlo (32 %), el costo probable de la nueva actividad (29 %) y la excesiva burocracia que se tendría que enfrentar si el espacio se convirtiera en huerta o jardín (15 %). Con relación a la gestión del nuevo espacio verde, la mayoría de los entrevistados (30 %) preferiría delegar las tareas a un experto, ya sea público o privado, mientras que algunos preferirían manejar el área personalmente o con amigos y familiares (25 %). En cierta forma, estas respuestas están relacionadas con un nivel bajo de conocimiento de las prácticas agrícolas entre los ciudadanos urbanos.

Por otra parte, hubo una reacción positiva a la idea de los tejados verdes, y los entrevistados estaban dispuestos a utilizar sus tejados de una manera diferente. Para 76 % de los encuestados, la cantidad máxima que invertirían en el reacondicionamiento de sus tejados, en su “nueva aventura verde”, es menos de 3,000 euros, mientras que 18 % estaría dispuesto a gastar 3,001 a 5,000 euros y 6 % más de 5,000 euros.

En resumen, el distrito madrileño de Salamanca tiene un alto potencial de instalación de tejados verdes, según la información técnica y socioeconómica. Alrededor de 475,000 m<sup>2</sup> ofrece muchas posibilidades de transformación, ya sea en tejados verdes regulares o capital intensivo y elementos de trabajo (invernaderos). Teniendo en cuenta los resultados de las entrevistas personales, se sugiere que la promoción de tejados verdes en el distrito de Salamanca siga diferentes estrategias. Una acción debe orientarse hacia los tejados comunitarios de vecindad (61 % de los disponibles) y los beneficios para los residentes: actividades comunes, fiestas privadas, huertos ornamentales, etc., dependiendo del uso que deseen.

Otra estrategia podría ser dirigida a los propietarios privados ya que tienen la oportunidad de ampliar su espacio de hogar en espacio al aire libre con uso recreativo. Esta posibilidad es muy popular y ya hay diferentes iniciativas para fomentar las actividades. El jardín botánico, la universidad y los servicios de extensión del ayuntamiento ofrecen cursos introductorios para personas interesadas en crear su propio huerto o jardín. Este es un tema clave ya que muchos entrevistados estaban interesados en esta opción, pero no sabían manejarlo (33 % de la población). Además, casi un tercio de los encuestados (30 %) estaban a favor de delegar el mantenimiento de los jardines o huertos, por lo que esta es una gran oportunidad para los empresarios privados que ya están iniciando negocios enfocados en estas áreas urbanas específicas.

Otra estrategia importante es la simplificación de la burocracia y la facilitación de la conversión de los nuevos



their quality of life through the creation of green roofs. With both analyses, we could define several strategies to improve urban quality of life through green roof infrastructure.

### End of English version

## References / Referencias

- Astell-Burt, T., Mitchell, R., & Hartig, T. (2014). The association between green space and mental health varies across the lifecourse. A longitudinal study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 68(6), 578–583. doi: 10.1136/jech-2013-203767
- Baycan-Levent, T., & Nijkam, P. (2004). Evaluation of urban green spaces. In D. Miller & D. Patassini (Eds.), *Accounting for non-market values in planning evaluation* (pp. 279–292). Farnham, England: Ashgate Publishing Limited.
- Bengoechea, A. (2003). A hedonic evaluation of urban green areas. *Landscape and urban planning*, 66(1), 35–41. doi: 10.1016/S0169-2046(03)00093-8
- Bolitzer, B., & Netusil, N. R. (2000). The impact of open spaces on property values in Portland, Oregon. *Journal of Environmental Management*, 59, 185–193. doi: 10.1006/jema.2000.0351
- Briz, J., & De Felipe, I. (2012). *Food value chain networks in the 21st century: International challenges and opportunities*. Madrid, España: Editorial Agrícola Española.
- Briz, J., Durán, J. M., & Röhrich, K. (2015). Urban agricultura in the green cities framework: evolution and challenges. In J. Briz, M. Köhler, & I. de Felipe (Eds.), *Green cities in the world* (pp. 135–153). Madrid, España: Editorial Agrícola Española
- De Felipe, I., & Briz, T. (2015). Evaluation innovation and performance of green urban markets. In J. Briz, M. Köhler, & I. de Felipe (Eds.), *Green cities in the world* (pp. 41–54). Madrid, España: Editorial Agrícola Española.
- Dickinson, H. J., & Calkins, H. W. (1998). The economic evaluation of implementing a GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 2(4), 307–327. doi: 10.1080/02693798808927907
- Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental. (2016). Calidad del aire. Madrid 2015. Retrieved from <http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/export/sites/default/cal aire/Anexos/Memoria2015.pdf>
- Echenique, M. H., Hargreaves, G. M., Mitchell, G., & Namdeo, A., (2012). Growing cities sustainably. Does urban form really matter? *Journal of the American Planning Association*, 78(2), 121–137. doi: 10.1080/01944363.2012.666731
- Hartig, T., & Staats, H. (2006). *Linking preference for environments with their restorative quality*. In B. Tress, G. Tres, G. Fry, & P. Opdam (Eds.), *From landscape research to landscape planning* (pp. 279–292). The Netherlands: Springer.

tejados verdes. Los residentes estaban dispuestos a instalar los tejados, pero como la inversión innovadora es alta, iniciativas como los subsidios directos o el crédito fomentarían la conversión y podrían complementar el desembolso inicial mencionado por los habitantes que varía entre los 3,000 y los 5,000 euros.

## Conclusiones

El aumento de la cantidad de espacios verdes en los edificios podría ayudar a aliviar los graves problemas de contaminación que enfrentan muchas ciudades. En este estudio se identificaron los principales actores en las áreas verdes urbanas, sus opiniones y reacciones a las condiciones actuales, para luego mostrarles las posibles soluciones. Este trabajo plantea una metodología técnica y socioeconómica original en dos etapas; es una metodología asequible, fácil y disponible que podría ser utilizada en la identificación de tejados para infraestructuras verdes. Se propone un nuevo índice para medir la “presencia de verde” en un entorno urbano; el índice, denominado índice ponderado de evaluación verde (GEWI, por sus siglas en inglés), establece la relación entre el número de tejados y el índice de disponibilidad al enverdecimiento (WTG, por sus siglas en inglés) de los habitantes. Este estudio mostró las diferencias en tejados verdes potenciales entre diferentes distritos. El segundo paso fue el estudio socioeconómico en el distrito madrileño de Salamanca, pues es crucial conocer las actitudes y necesidades de los residentes urbanos y hay una gran oportunidad para mejorar su calidad de vida a través de la creación de tejados verdes. Ambos análisis pueden servir para definir estrategias con el fin de mejorar la calidad de vida urbana a través de la infraestructura de tejados verdes.

### Fin de la versión en español

- International Green Roof Association (IGRA). Green Roof News. Spring 2007. Retrieved from [http://www.igra-world.com/links\\_and\\_downloads/images\\_dynamic/IGRA\\_Green\\_Roof\\_News\\_1\\_07.pdf](http://www.igra-world.com/links_and_downloads/images_dynamic/IGRA_Green_Roof_News_1_07.pdf)
- Jaffal, I., Ouldboukhite, S-E., & Belarbi, R. (2012). A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. *Renewable Energy*, 43, 157–164. doi: 10.1016/j.renene.2011.12.004
- Jim, C. Y., & Chen, S. S. (2003). Comprehensive greenspace planning based on landscape ecology principles in compact Nanjing city. *Landscape and Urban Planning*, 65(3), 95–116. doi: 10.1016/S0169-2046(02)00244-X
- Jim, C. Y. (2015). Green roof energetics: systematic organization and integration of knowledge. In J. Briz, M. Köhler, & I. de Felipe (Eds.), *Green cities in the world*

- (pp. 251–271). Madrid, España: Editorial Agrícola Española.
- Kallas, Z., Gómez-Limón, J. A., & Barreiro, H. J. (2007). Decomposing the value of agricultural multifunctionality: Combining contingent valuation and the analytical hierarchy process. *Journal of Agricultural Economics*, 58(2), 218–241. doi: 10.1111/j.1477-9552.2007.00085.x
- Koshimizu, H. (2015). *Urban green and human health*. In J. Briz, M. Köhler, & I. de Felipe (Eds.), *Green cities in the world* (pp. 165–174). Madrid, España: Editorial Agrícola Española.
- Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., Vries, S., & Spreeuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity and health: how strong is the relation? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60, 587–592. doi: 10.1136/jech.2005.043125
- Mahan, B. L., Polasky, S., & Adams, R. M. (2000). Valuing urban wetlands: A property price approach. *Land Economics*, 76(1), 100–113. doi: 10.2307/3147260
- Nowak, R. A., & Stevens, J. C. (1996). Measuring and analyzing urban tree cover. *Landscape and Urban Planning*, 36(1), 44–57. doi: 10.1016/S0169-2046(96)00324-6
- Orsini, F., Gasperi, D., Marchetti, L., Piovene, C., Draghetti, S., Ramazzotti, S., & Gianquinto, G. (2014). Exploring the production capacity of rooftop gardens in urban agricultures: The potential impact on food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna. *Food Security*, 6(6), 781–792. doi: 10.1007/s12571-014-0389-6
- Peck, S. (2014). Developing the green roof and wall industry in North America for greener, healthier cities. In J. Briz, M. Köhler, & I. de Felipe (Eds.), *Green cities in the world* (pp. 21–39). Madrid, España: Editorial Agrícola Española.
- Shilling, J. D. (1992). Hedonic prices and contractual contingencies. *Journal of Urban Economics*, 32(1), 108–118. doi: 10.1016/0094-1190(92)90017-F
- Smith, V. K., & Huang, J. C. (1995). Can markets value air quality? A meta-analysis of hedonic property value models. *Journal of Political Economy*, 103(1), 209–227. Retrieved from <http://thacher.us/jenn/econ542/articles/smith1995.pdf>
- Stronegger, W. J., Titze, S., & Oja, P. (2010). Perceived characteristics of the neighborhood and its association with physical activity behavior and self-rated health. *Health & Place*, 16(4), 736–743. doi: 10.1016/j.healthplace.2010.03.005
- Takano, T., Nakamura, K., & Watanabe, M. (2002). Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: The importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56, 913–918. doi: 10.1136/jech.56.12.913
- Torres, Y., & Arranz, J. J. (2015). Técnicas de teledetección y análisis especial aplicadas a la agricultura urbana. En J. Briz, & I. De Felipe (Eds.), *Agricultura urbana integral: ornamental y alimentaria* (pp. 417–426). Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Tyrvaäinen, L., & Miettinen, A. (2000). Property prices and urban forest amenities. *Journal of Environmental Economics and Management*, 39(82), 205–223. doi: 10.1006/jeem.1999.1097
- Yamamoto, K. (2010). Evaluation of the degree of sufficiency of public green spaces as an indicator of urban density in metropolitan areas in Japan: The Chubu metropolitan area. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*, 4(7), 276–284. Retrieved from [scholar.waset.org/1999.6/4711](http://scholar.waset.org/1999.6/4711)
- Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Cambridge: Harvard University Press.