

# NATURACIÓN URBANA, UN DESAFÍO A LA URBANIZACIÓN

## GREENING, AN URBANIZATION COPING MECHANISM

Beatriz Urbano-López de Meneses

Área de Economía, Sociología y Política Agraria, Campus La Yutera, Valladolid University.

Avenida de Madrid, núm. 57. C. P. 34004. Palencia, España.

Correo-e: [beaturb@iaf.uva.es](mailto:beaturb@iaf.uva.es) Tel. 0034979108468.

### RESUMEN

La naturación urbana es la acción de incorporar la vegetación al medio urbano con el objetivo de amortiguar el desequilibrio entre la urbanización y la conservación del medio ambiente. Este artículo de revisión repasa los problemas ambientales, hidrológicos, de gestión de residuos, salubres y sociales que combate la naturación. Los sistemas respectivos se clasifican según la superficie naturada y la complejidad del sistema. Las capas básicas del sistema de naturación y los materiales que se emplean son analizados. Finalmente, se presentan las principales líneas de trabajo para el desarrollo e integración de los sistemas de naturación en la construcción de ciudades sostenibles.

PALABRAS CLAVE: Ciudades verdes, cubiertas naturadas, paredes vivas, ecología urbana.

### ABSTRACT

Greening cities, defined as growing vegetation in urban areas, is an effective way to reduce the imbalance between urbanization and environmental protection. This review article describes the main environmental, hydrological, waste management, health and social problems solved by greening cities. The greening systems were classified according to their complexity and the urban surface greened. The basic layers of a greening system and the materials used are analyzed. Finally, an overview of the state-of-the-art in urban greening systems created to help achieve sustainable city development is presented.

KEYWORDS: Green cities, green roofs, living walls, urban ecology.



Recibido: 23 de enero de 2013  
Aceptado: 09 de mayo de 2013  
doi: 10.5154/r.chscfa.2013.01.004  
<http://www.chapingo.mx/revistas>

## INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XX se observa una preocupación por el desequilibrio entre la urbanización y la conservación del medio ambiente. Así, entre 1950 y 2011, la población urbana aumentó casi cinco veces (United Nations Human Settlements Programme [UN-Habitat], 2011). Para el 2020, se calcula que el 85 % de la población pobre de América Latina y casi la mitad de África y Asia, se concentren en ciudades y centros urbanos. Para el año 2025, se estima que más de la mitad de la población mundial vivirá en las ciudades (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2010). La denominada “nueva bomba demográfica” supondrá urbes desbordadas, degradadas y empobrecidas, con una población numerosa y vulnerable (FAO, 2010). Las ciudades no están acondicionadas para acoger este crecimiento descontrolado; se observan desequilibrios en los ciclos atmosférico, hidrológico, energético, de materia orgánica y residuos, así como problemas edificatorios, salubres y sociales (Higueras, 1997).

El presente trabajo tiene por objeto analizar los sistemas de naturación urbana y cómo inciden para combatir dichos problemas e invertir esas tendencias.

### Problemas de la urbanización

#### Necesidad de naturación

Las ciudades son contaminadas por el CO y CO<sub>2</sub>, produciendo un recalentamiento de la atmósfera y la aparición del efecto invernadero por la falta de circulación del aire. Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, procedentes de las ciudades, podrían estar entre el 60 y 70 % (UN-Habitat, 2011), según las cifras de consumo. Dichas emisiones han aumentado 25 % en los dos últimos siglos (Earth Work Group, 1992). Por otra parte, se observa una disminución de la humedad relativa y un aumento de la escorrentía superficial (Urbano-López de Meneses & Urbano-Terrón, 2012). Además, la población urbana en asentamientos construidos en tierras marginales se expone a deslaves e inundaciones repentinas (FAO, 2010). El ciclo de residuos presenta un aumento de los residuos sólidos urbanos ricos en materia orgánica y se ha perdido la fertilidad de las tierras por salinización (Sloan, Ampim, Basta, & Scott, 2012; Urbano & Urbano, 2012). Debido al desequilibrio entre la planificación y el crecimiento, aparecen deficiencias en la ocupación de patios y alturas, faltan zonas verdes (Rudolf & Rudolf, 1995), y las condiciones higiénicas, formales, constructivas, estéticas y de usos de las edificaciones son deficientes (Higueras, 1997). Algunos de los problemas sociales derivados de la urbanización son el hambre, la pobreza, la explotación y la falta de esperanza que pueden conducir a tasas elevadas de criminalidad, prostitución, falta de atención a los niños y consumo de drogas (FAO, 2010). Entre las enfermedades atribuidas al entorno urbano se encuentran, por una parte, las asociadas a los edificios con ambientes insalubres, y por otra, el síndrome del edificio enfermo, que origina irritación

## INTRODUCTION

Since the mid-twentieth century, there has been concern about the imbalance between urbanization and environmental conservation, as the world's urban population increased almost fivefold between 1950 and 2011 (United Nations Human Settlements Programme [UN-Habitat], 2011). By 2020, it is estimated that 85 % of the poor in Latin America and almost half the poor of Africa and Asia will be concentrated in cities and towns. By 2025, it is estimated that more than half of the world's population will live in cities (United Nations Food and Agriculture Organization [FAO], 2010). The so-called “new population bomb” will mean cities are overwhelmed, degraded and impoverished, with a large, vulnerable population (FAO, 2010). Cities are not equipped to deal with this uncontrolled growth; there are imbalances in the atmospheric, hydrological, energy, organic matter and waste cycles, as well as building, health and social problems (Higueras, 1997).

The aim of this paper is to analyze greening systems and their impact in order to combat these problems and reverse these trends.

### Problems of urbanization

#### The need for greening

Cities are polluted by CO and CO<sub>2</sub>, producing a warming of the atmosphere and the emergence of the greenhouse effect due to the lack of air circulation. Anthropogenic emissions of greenhouse gases, from the cities, could be between 60 and 70 % (UN-Habitat, 2011), according to consumption figures. These emissions have increased by 25 % in the last two centuries (Earth Work Group, 1992). Moreover, there is a decrease in relative humidity and an increase in surface runoff (Urbano-López de Meneses & Urbano-Terrón, 2012). In addition, the urban population in settlements built on marginal land is exposed to landslides and flash floods (FAO, 2010). The waste cycle shows an increase in urban solid waste rich in organic matter and the land has lost fertility due to salinization (Sloan, Ampim, Basta, & Scott, 2012; Urbano & Urbano, 2012). Due to the imbalance between planning and growth, there are deficiencies in the occupation of patios and heights, they lack green areas (Rudolf & Rudolf, 1995), and the hygienic, formal, constructive, aesthetic and use conditions of buildings are deficient (Higueras, 1997). Some of the social problems arising from urbanization are hunger, poverty, exploitation and hopelessness that can lead to high crime rates, prostitution, lack of appropriate child care and drug use (FAO, 2010). Among the diseases attributed to the urban environment are, on the one hand, those associated with buildings with unhealthy environments, and on the other hand, sick building syndrome, which causes eye and throat irritation, headaches, fatigue, lightheadedness, olfactory discomfort, tightness

ocular y faríngea, cefaleas, fatiga, aturdimiento, molestias olfatorias, opresión torácica, síntomas asmáticos e irritación de la piel (Quirce & Bernstein, 2011).

### La naturación urbana y sus beneficios

La naturación urbana es la acción de incorporar o fomentar la naturaleza mediante la recuperación de la flora y fauna autóctonas de una manera aceptable y sostenible (Briz, 1999; Briz & de Felipe, 2005). Rudolf (1992) definió la naturación de construcciones como el tratamiento técnico de superficies horizontales, verticales o inclinadas, a diferentes precios, con vegetación especialmente adaptada (Neila, Bedoya, & Britto, 1999; Urbano & Briz, 2004), para formar una capa multifuncional sobre dichas superficies. El objetivo es crear áreas naturadas de cierta extensión conectadas por cinturones y anillos verdes (De Felipe & Briz, 1998; Rudolf, Malhau, & Merino, 1995; Rudolf, & Rudolf, 1995) mediante i) la transformación de una parte del área urbana en bosques y plantas que sirvan de pulmón ecológico y recreo para los habitantes, y ii) uniendo las áreas mediante corredores verdes y pasillos ecológicos, a cualquier altura, que permitan la renovación del aire.

Algunos de los beneficios que los sistemas de naturación proporcionan al medio ambiente, a los edificios y a los usuarios (Alonso et al., 2009; Briz & De Felipe, 2005; FAO, 2010; Rudolf, 1992; Urbano & Briz, 2004) son:

- a) Disminuyen la contaminación ambiental mediante la fijación de partículas contaminantes por las plantas y el sustrato (Vijayaraghavan, Joshi, & Balasubramanian, 2012).
- b) Absorben anhídrido carbónico y disminuyen el efecto invernadero (Gorbachevskaya, 2012; Gorbachevskaya & Schreiter, 2010; Rowe, 2011) aportando oxígeno en los ambientes irrespirables de los núcleos urbanos (Alonso et al., 2009).
- c) Contribuyen eficazmente a la reducción de ecos. Las cubiertas naturadas de garajes subterráneos reducen el ruido de los coches hasta en 4 dB (Yang, Kang, & Choi, 2012). Para Rudolf (1992), un descenso del ruido en 3 dB equivale a una reducción del 50 % de las molestias originadas por el tráfico.
- d) Mantienen la humedad debido al retorno del agua de lluvia a su ciclo natural (Jim & Peng, 2012; Ouldboukhitine, Belarbi, & Djedjig, 2012).
- e) Amortiguan las oscilaciones diarias de la temperatura y estabilizan la temperatura de la ciudad (Castañeda-Nolasco & Vecchia, 2007; Gross, 2012a; Rudolf, 1992), pudiendo valorar cada 4 cm de vegetación, más sustrato como si fuera 1 cm de aislante térmico convencional (Neila, Bedoya, Acha, Olivieri, & Barbero, 2008).
- f) Refrescan la temperatura exterior en entornos cálidos hasta en 5-7 °C (Alonso et al., 2009; FAO, 2010).

of the chest, asthmatic symptoms and irritation of the skin (Quirce & Bernstein, 2011).

### Urban greening and its benefits

Urban greening is the act of incorporating or promoting nature through the recovery of the native flora and fauna in an acceptable and sustainable way (Briz, 1999; Briz & de Felipe, 2005). Rudolf (1992) defined the greening of buildings as the technical treatment of horizontal, vertical, or slanted surfaces, at different prices, with specially adapted vegetation (Neila, Bedoya, & Britto, 1999; Urbano & Briz, 2004), to form a multifunctional layer on such surfaces. The aim is to create greened areas of a certain extent connected by green belts and rings (De Felipe & Briz, 1998; Rudolf, Malhau, & Merino, 1995; Rudolf, & Rudolf, 1995) through i) the transformation of a part of the urban area into forests and areas with plants that serve as an ecological lung and recreational space for the inhabitants, and ii) linking the areas using green corridors and ecological passageways, at any point, to allow air renewal.

Some of the benefits greening systems provide the environment, buildings and users (Alonso et al., 2009; Briz & De Felipe, 2005; FAO, 2010; Rudolf, 1992; Urbano & Briz, 2004) are:

- a) They decrease environmental pollution through the fixing of particulate pollutants by plants and substrate (Vijayaraghavan, Joshi, & Balasubramanian, 2012).
- b) They absorb carbon dioxide and reduce the greenhouse effect (Gorbachevskaya, 2012; Gorbachevskaya & Schreiter, 2010; Rowe, 2011) by providing oxygen in the unbreathable environments of the urban cores (Alonso et al., 2009).
- c) They effectively contribute to echo reduction. The green roofs of underground garages reduce car noise by up to 4 dB (Yang, Kang, & Choi, 2012). For Rudolf (1992), a 3 dB decrease in noise is equivalent to a 50 % reduction in the discomfort caused by traffic.
- d) They retain moisture due to the return of rain water to its natural cycle (Jim & Peng, 2012; Ouldboukhitine, Belarbi, & Djedjig, 2012).
- e) They lessen daily temperature fluctuations and stabilize the temperature of the city (Castañeda-Nolasco & Vecchia, 2007; Gross, 2012a; Rudolf, 1992), being able to value each 4 cm of vegetation, plus substrate, as if it were 1 cm of conventional thermal insulation (Neila, Bedoya, Acha, Olivieri, & Barbero, 2008).
- f) They cool the outside temperature in warm environments by up to 5-7 °C (Alonso et al., 2009; FAO, 2010).
- g) They intercept ultraviolet radiation preventing it from directly reaching the Earth's surface, since the vegeta-

- g) Interceptan la radiación ultravioleta impidiendo que llegue directamente a la superficie terrestre, ya que la vegetación es capaz de absorber el 80 % de la radiación solar mediante diferentes procesos naturales (Alonso et al., 2009; Rudolf, 1992), y posibilitan el ahorro de energía debido a un mejor aislamiento de la edificación (Alonso et al., 2009; Tabares-Velasco, Zhao, Peterson, Srebric, & Berghage, 2012).
- h) Los sistemas naturados con aprovechamiento agrícola pueden contribuir al equilibrio del ciclo de residuos convirtiendo los desechos en compostaje. También se puede conseguir la manipulación segura de las aguas residuales para el riego de jardines y huertas con las aguas grises de las cocinas y regaderas (FAO, 2010; Gómez-González et al., 2011).
- i) Benefician a los edificios disminuyendo la probabilidad de atasco de las bajantes debido al efecto colchón que genera la naturación. Asimismo, regulan el caudal de saneamiento de las lluvias torrenciales evitando la formación de charcos en las cubiertas hasta en 90 % (Metselaar, 2012; Nagase & Dunnett, 2012; Nardini, Andri, & Crasso, 2012). Además, aumenta la vida útil de los edificios y se reducen los costes de conservación por la disminución de las oscilaciones térmicas en los elementos constructivos y los efectos negativos de la dilatación como grietas y roturas, así como por el deterioro a causa de los rayos ultravioleta (Appl & Ansel, 2009; Rowe, 2011).
- j) Para los usuarios, el mejor aislamiento de la vivienda incide positivamente en las facturas de calefacción, refrigeración y aire acondicionado (Metselaar, 2012). Alonso et al. (2009) estimaron que una reducción de 5 °C puede suponer un ahorro del 50 % en la refrigeración del edificio. En invierno disminuyen las pérdidas de calor, pudiendo reducirse el consumo anual de energía del edificio en 6 % (Gross, 2012b; Jaffal, Ouldboukhite, & Belarbi, 2012).
- k) El paisaje urbano mejora y los propietarios revalorizan sus inmuebles.
- l) Los espacios para huertos urbanos se recuperan, lo que influye positivamente en el equilibrio psicossomático de los ciudadanos (Alonso et al., 2009; Ottele, Perini, Fraaij, Haas, & Raiteri, 2011); adicionalmente se fortalece la seguridad alimentaria y nutricional, y se contribuye a crear ciudades más verdes (FAO, 2010).
- m) Greened systems with agricultural use can contribute to balancing the waste cycle by turning waste into compost. The safe handling of waste water for irrigating gardens and orchards using graywater from kitchens and showers can also be obtained (FAO, 2010; Gómez-González et al., 2011).
- n) They benefit buildings by decreasing the probability of clogged downpipes due to the cushioning effect generated by greening. Likewise, they regulate the drainage flow of torrential rains and thereby prevent puddling on roofs by up to 90 % (Metselaar, 2012; Nagase & Dunnett, 2012; Nardini, Andri, & Crasso, 2012). In addition, they increase the useful life of buildings and reduce upkeep costs by decreasing thermal fluctuations in the constructive elements and the negative effects of expansion such as cracking and breaking, as well as deterioration due to ultraviolet rays (Appl & Ansel, 2009; Rowe, 2011).
- o) For users, the better housing insulation has a positive impact on heating, cooling and air conditioning bills (Metselaar, 2012). Alonso et al. (2009) estimated that a reduction of 5 °C can save 50 % on cooling the building. In winter they reduce heat loss and can thus reduce the building's annual energy consumption by 6 % (Gross, 2012b; Jaffal, Ouldboukhite, & Belarbi, 2012).
- p) The urban landscape improves and landowners revalue their property.
- q) The spaces for urban gardens are retrieved, which positively influences the citizens' psychosomatic balance (Alonso et al., 2009; Ottele, Perini, Fraaij, Haas, & Raiteri, 2011); additionally, they strengthen food and nutritional security, and help to create greener cities (FAO, 2010).

## Greening systems

### Types of greening

Greening systems are classified into intensive greening if true gardens with trees, trails and even ponds are created (Schreiter, 2011), and extensive greening if the goal is to create a well-adapted plant layer requiring minimal care and maintenance (Jim & Peng, 2012; Kotsiris, Nektarios, & Paraskevopoulou, 2012; Nardini et al., 2012; Ntoulas, Nektarios, Spaneas, & Kadoglou, 2012; Tabares-Velasco et al., 2012). Intensive greening is a more complex system and requires a protected surface that is resistant to greening. In addition, the building must be prepared to bear the weight. Moreover, the vegetation needs a deep layer of plant subs-

## Los sistemas de naturación

### Tipos de naturación

Los sistemas de naturación se clasifican en naturación intensiva, si se crean verdaderos jardines con árboles, senderos e incluso estanques (Schreiter, 2011), y naturación

extensiva si el objetivo es crear una lámina vegetal bien adaptada y que tenga mínimos cuidados y mantenimiento (Jim & Peng, 2012; Kotsiris, Nektarios, & Paraskevopoulou, 2012; Nardini et al., 2012; Ntoulas, Nektarios, Spaneas, & Kadoglou, 2012; Tabares-Velasco et al., 2012). La naturación intensiva es un sistema de enverdecimiento más complejo que requiere de una protección resistente de la superficie a naturar. Además, la edificación deberá estar preparada para aguantar el sobrepeso. Por otra parte, la vegetación necesitará de una capa profunda de sustrato vegetal, de al menos 20 cm, que le permita desarrollarse y deberán proyectarse cuidados y mantenimiento de estos espacios-jardín. Por su parte la naturación extensiva trata de utilizar especies vegetales bien adaptadas al área a naturar; autóctonas. Estas especies vegetales necesitan menor profundidad de sustrato para su desarrollo y mínimos cuidados (Metselaar, 2012). La profundidad del sustrato estará entre los 8 y 12 cm, y los sistemas de protección de la cubierta serán más simples (Neila et al., 2008; Ruiz, 1999a).

Los sistemas de naturación también se pueden clasificar según la superficie de edificación utilizada. La naturación de azoteas y tejados consiste en el enverdecimiento de las cubiertas de los edificios, ya sean superficies planas o tejados con cierta inclinación, que permiten realizar obras de gran tamaño a bajo costo en las ciudades (Rudolf & Rudolf, 1995; Urbano-López de Meneses, 1999). Algunas variaciones son la azotea aljibe que recoge el agua de lluvia en una cámara que utilizarán las plantas por capilaridad, siendo idóneo en zonas secas (Rivela, Cuerda, Olivieri, Bedoya, & Neila, 2010; Ruiz, 1999b), o el aljibe prevegetado modular que consiste en cajones cubiertos por láminas de tepe (Neila et al., 2008).

La naturación vertical, de fachadas o paredes vivas, consiste en cubrir los edificios con plantas permanentes capaces de tapizar por su cuenta o mediante estructuras de apoyo (Gross, 2012a). Las fachadas deben estar en buen estado y ser capaces de soportar el peso aplicado verticalmente (Ottele et al., 2011). Debe existir superficie suficiente junto a la fachada, que permita situar las plantas y los sistemas de anclaje (Hopkins & Goodwin, 2011), así como disponer de buen drenaje que evite la existencia de agua encharcada (Urrestarazu & Bures, 2012). Entre las soluciones utilizadas se encuentran las fachadas vegetales opacas en gaviones a partir de módulos, las fachadas de paneles vegetados desmontables en caja metálica, los paneles vegetados en celdas drenantes o las fachadas translúcidas, invernadero extraplano de vegetación intermedia y una protección exterior móvil (Alonso et al., 2009, 2010; Olivieri, Neila, & Bedoya, 2010).

La naturación de vías de tren y tranvía utiliza el espacio entre los raíles de los tranvías como soporte de vegetación. La vegetación será de bajo porte. **La base de la vía debe impermeabilizarse con antirraíces para que no se interfieran los raíles** (Schreiter, 2010). Además, es importante prever una evacuación del excedente de agua para evitar la corrosión eléctrica (Gorbachevskaya, Kappis, & Mählmann, 2009; Siemsen, Kramer, & Rudolf, 1999). La naturación de terra-

trate de al menos 20 cm, enabling it to develop and the care and maintenance of these garden spaces must be planned. On the other hand, extensive greening involves using native plant species well adapted to the area to undergo greening. These plants require shallower substrate depth for their development and minimal care (Metselaar, 2012). Substrate depth is between 8 and 12 cm, and roof protection systems are simpler (Neila et al., 2008; Ruiz, 1999a).

Greening systems can also be classified according to the building surface used. Greening of flat and tiled roofs allows carrying out large projects at low cost in cities (Rudolf & Rudolf, 1995; Urbano-López de Meneses, 1999). Some variations are the roof cistern that collects rainwater in a chamber that plants use by capillary action, making it ideal in dry areas (Rivela, Rope, Olivieri, Bedoya, & Neila, 2010; Ruiz, 1999b), or the pre-vegetated modular cistern consisting of crates covered by sheets of sod (Neila et al., 2008).

Vertical greening, of living facades or walls, consists of covering buildings with permanent plants capable of covering on their own or through support structures (Gross, 2012a). The facades must be in good condition and be able to support the vertically-applied weight (Ottele et al., 2011). There must be sufficient area next to the façade to locate the plants and anchoring systems (Hopkins & Goodwin, 2011), and good drainage to avoid the existence of standing water (Urrestarazu & Bures, 2012). Among the solutions used are opaque plant facades in gabions made from modules, the facades of removable vegetated panels in a metal box, vegetated panels in drainage cells or translucent facades, an extra-flat greenhouse with intermediate vegetation and a mobile external protection (Alonso et al., 2009, 2010; Olivieri, Neila, & Bedoya, 2010).

The greening of train and tram tracks uses the space between the rails of the tramway to support low-height vegetation. The track base must be waterproofed with anti-root so that there's no interference with the rails (Schreiter, 2010). It is also important to provide for drainage of the excess water to prevent electrical corrosion (Gorbachevskaya, Kappis, & Mählmann, 2009; Siemsen, Kramer, & Rudolf, 1999). The greening of road, highway or track embankments creates areas with varied vegetation on the sides of transportation routes, which results on the one hand in less erosion of these surfaces and on the other absorbs the noise produced by traffic (Yang et al., 2012). The greened walls protect residents from bothersome noises on the sides of roads and highways with heavy traffic, thus achieving a more efficient insulation and a more pleasing view (Castañeda-Nolasco & Vecchia, 2007; Yang et al., 2012). The plants can be rooted or well-isolated from the soil, on structures of wood, metal, recycled plastics or concrete (Kappis, Henze, Schreiter, & Gorbachevskaya, 2010). Lawn lattices are structures made of concrete, plastic or other materials where plants grow in the cells of the lattice. This system is used to green access roads to buildings, little-used parking areas or consolidate embankments with soil erosion caused by water runoff (Kappis, 2010b).

plenes de carreteras, autopistas o vías crea áreas con vegetación variada a los lados de las vías de circulación, con lo que se logra por una parte una menor erosión de estas superficies y por otra amortiguar los ruidos producidos por el tráfico (Yang et al., 2012). Los muros naturados cubren las paredes de vegetación protegiendo a los vecinos de los ruidos molestos en los costados de las vías y carreteras de tráfico intenso, consiguiendo así un aislamiento más eficaz y una imagen más agradable a la vista (Castañeda-Nolasco & Vecchia, 2007; Yang et al., 2012). Las plantas pueden ir enraizadas o bien aisladas del suelo, sobre estructuras de madera, metal, materiales sintéticos reciclados u hormigón (Kappis, Henze, Schreiter, & Gorbachevskaya, 2010). Los céspedes enrejados son estructuras de hormigón, material sintético u otro tipo en donde las plantas crecen en los orificios del enrejado. Este sistema es empleado para naturar caminos de acceso a edificaciones, aparcamientos poco concurridos o consolidar terraplenes con arrastres pluviales (Kappis, 2010b).

### Capas básicas de un sistema de naturación

#### Materiales

Los sistemas de naturación se componen de capas de protección de la edificación y capas de soporte de la vegetación (Dunnett & Kingsbury, 2004). La capa de pendientes o soporte base está en contacto con la cubierta original del edificio, permite corregir los desniveles o imperfecciones que pueda tener la superficie original y formar la pendiente deseada para el drenaje del agua del sistema de naturación. El material empleado puede ser hormigón/mortero, hormigón ligero acabado con capa de mortero o placas aislantes térmicas (Weiler & Scholz-Barth, 2009). Después se coloca una lámina impermeabilizante antirraíces que sirve para proporcionar estanqueidad a la cubierta. La membrana debe ser resistente a los microorganismos y a la perforación de raíces. Las láminas utilizadas son de origen bituminoso, como las láminas de betún modificado con elastómeros, generalmente estireno butadieno estireno (SBS), y de origen sintético como las láminas de policloruro de vinilo (PVC) y PVC plastificado (Teemusk & Mander, 2009).

Posteriormente se coloca la capa de drenaje, que es el elemento cuya función será evacuar el agua sobrante del sustrato vegetal. Dicha capa puede estar formada por una capa drenante de áridos de canto rodado con un diámetro de 10 mm sin materias extrañas y con una profundidad de 20 cm, láminas sintéticas rígidas preformadas con protuberancias en al menos una de sus caras, con un fieltro filtrante pegado a las protuberancias, hilos sintéticos ensortijados, acabado por ambas caras con un fieltro filtrante o losas preformadas con una capa de hormigón poroso y una base aislante (Neila et al., 2008). En los sistemas modulares, el hormigón aligerado de los cajones actúa como drenante (Alonso et al., 2009). La capa separadora filtrante se emplea para evitar que los sedimentos del sustrato puedan colmatar la capa de drenaje reduciendo su capacidad. La

### Basic layers of a greening system

#### Materials

Greening systems are composed of building protection layers and vegetation support layers (Dunnett & Kingsbury, 2004). The slope layer or base support is in contact with the building's original roof, to correct any unevenness or imperfections that the original surface may have and form the desired slope for the greening system's water drainage. The material used can be concrete/mortar, lightweight concrete finished with a layer of mortar or thermal insulation boards (Weiler & Scholz-Barth, 2009). Then an anti-root waterproofing membrane is laid down in order to provide water tightness to the roof. The membrane should be resistant to microorganisms and root perforation. The sheets used are of bituminous origin, such as modified bitumen cap sheets with elastomers, usually styrene-butadiene-styrene (SBS), and of synthetic origin, such as polyvinyl chloride (PVC) and plasticized PVC sheets (Teemusk & Mander, 2009).

Then the drainage layer, which is the element whose function is to drain off excess water from the plant substrate, is placed. This layer can be formed by a drainage layer of pebble aggregates with a diameter of 10 mm without any extraneous materials and with a depth of 20 cm, rigid plastic sheets preformed with bumps on at least one side, with a filtering felt stuck to the bumps, curled synthetic threads, finished on both sides with a filtering felt or preformed slabs with a porous concrete layer and an insulating base (Neila et al., 2008). In modular systems, the lightweight concrete of the crates acts as a drain (Alonso et al., 2009). The filtering separation layer is used to prevent sediment from the substrate clogging the drainage layer and thereby reducing its capacity. The separation layer is a synthetic felt with a high degree of permeability perpendicular to the plane.

Another layer is formed by the substrate and vegetation. The substrate is the solid support, inert or not, different from the natural soil, both organic and inorganic, which is used for growing plants. The organic substrates used, after adequate composting and management, are peat and forest and agricultural residues, such as pine bark, coconut fiber, pine needles, rice hulls, urban pruning residues, vine shoots, etc. (FAO, 2012; Kotsiris et al., 2012). The inorganic substrates can be of natural origin without manufacturing (gravel, sand, volcanic earth, etc.) and of natural origin with prior manufacturing (stone wool, perlite, expanded clay, vermiculite, etc.). A substrate of synthetic origin is polystyrene in beads or plates. It is suggested to use a combination of substrates so that the organic ones provide nutrients and the inorganic ones control evaporation, temperature, weed growth and insulation (Masaguer & Guerrero, 1999; Neila et al., 2008; Rowe, Getter, & Durhman, 2012; Vijayaraghavan et al., 2012).

Finally, the cultivated plants go on the substrate. The extensive greening plants must be of a certain simplicity,

capa separadora es un fieltro sintético con una gran permeabilidad perpendicular al plano.

Otra capa está formada por el sustrato y la vegetación. El sustrato es el soporte sólido, inerte o no, distinto del suelo natural, tanto orgánico como inorgánico, que se utiliza para el cultivo de plantas. Los sustratos orgánicos utilizados, tras un adecuado compostaje y manejo, son la turba y los residuos forestales y agrícolas, como corteza de pino, fibra de coco, acículas de pino, cáscaras de arroz, residuos de podas urbanas, sarmientos de vid, etc. (FAO, 2012; Kotsiris et al., 2012). Los sustratos inorgánicos pueden ser de origen natural sin manufacturación (gravas, arenas, tierra volcánica, etc.) y de origen natural con manufacturación previa (lana de roca, perlita, arcilla expandida, vermiculita, etc.). Un sustrato de origen sintético es el poliestireno en gránulos o placas. Se sugiere utilizar una combinación de sustratos para que los orgánicos aporten nutrientes y los inorgánicos controlen la evaporación, temperatura, aparición de malas hierbas y el aislamiento (Masaguer & Guerrero, 1999; Neila et al., 2008; Rowe, Getter, & Durhman, 2012; Vijayaraghavan et al., 2012).

Finalmente, sobre el sustrato irán las plantas cultivadas. Las plantas de naturación extensiva deben ser de cierta rusticidad, adaptadas al medio ambiente (Barker & Lubell, 2012; Gómez-Campo, 1999; Neila et al., 2008) y con raíces superficiales para desarrollarse en poca profundidad. Algunas plantas de interés son las perennes y tapizantes para dar aspecto vistoso todo el año (Nagase & Dunnet, 2012). Las plantas tolerantes a la contaminación urbana y a la salinidad, de crecimiento controlado, de poco peso y con bajo riesgo de incendio han sido probadas (Rowe et al., 2012; Whittinghill & Rowe, 2011). Otras características que deben buscarse en la selección de las especies son la resistencia a la sequía, temperaturas altas, heladas, fuerte radiación o excesiva acumulación de agua (Liu, Shyu, Fang, Liu, & Cheng, 2012; Ntoulas et al., 2012). Son recomendables las combinaciones de plantas (Cook-Patton & Bauerle, 2012; Kappis, 2010a; Nardini et al., 2012) que puedan dar aspecto vistoso con diferentes alturas, colores y texturas.

### Líneas de actuación

#### Consideraciones finales

Las líneas de investigación y desarrollo actuales se refieren a la adaptación de los sistemas a las condiciones del área a naturar, a nuevos usos-aprovechamientos y a la planificación de ciudades sostenibles, para lo cual se llevan a cabo las siguientes acciones:

- El seguimiento de cubiertas monitorizadas que registran la temperatura y humedad en sistemas naturales (Neila et al., 2008) y que permiten cuantificar beneficios ambientales y económicos (Kim, Hong, & Koo, 2012).

adapted to the environment (Barker & Lubell, 2012; Gómez-Campo, 1999; Neila et al., 2008) and with shallow roots to develop in shallow depth. Some plants of interest are perennials and groundcovers that give an attractive appearance throughout the year (Nagase & Dunnet, 2012). Plants tolerant of urban pollution and salinity, of controlled growth, low weight and low fire risk have been tested (Rowe et al., 2012; Whittinghill & Rowe, 2011). Other features to look for in the selection of species are resistance to drought, high temperatures, frost, strong radiation or excessive water accumulation (Liu, Shyu, Fang, Liu, & Cheng, 2012; Ntoulas et al., 2012). Combinations of plants (Cook-Patton & Bauerle, 2012; Kappis, 2010a; Nardini et al., 2012) that can give an attractive appearance with different heights, colors and textures are recommended.

### Lines of action

#### Final considerations

Current lines of research and development relate to the adaptation of the systems to the conditions of the area to green, to new uses and the planning of sustainable cities, for which the following actions are being undertaken:

- Tracking of monitored roofs that record the temperature and relative humidity in greening systems (Neila et al., 2008) and that enable quantifying environmental and economic benefits (Kim, Hong, & Koo, 2012).
- Testing of plants, substrates and other layers adapted to the growing conditions of the area to green (Liu et al., 2012; Ottele et al., 2011; Rayner, Raynor, & Williams, 2008) and that enable developing specific solutions for each area (Barker & Lubell, 2012; Gross, 2012b; Teemusk & Mander, 2009).
- Development of precultured systems and growth promoters (Tani et al., 2012) to overcome the slow growth of vegetation and obtain benefits from the first moment (Gorbachevskaya et al., 2009; Neila et al., 2008; Urbano, 2006a).
- Testing of sustainable and environmentally friendly materials such as sheep wool in substrate and tires in the drainage (Bianchini & Hewage, 2012; Herfort, 2010; Pérez, Vila, Rincon, Sole, & Cabeza, 2012; Solano, Ristvey, Lea-Cox, & Cohan, 2012; Urbano, 2006a, 2006b), and life-cycle analysis of each of the layers in different conditions (Kim et al., 2012).
- Use of systems such as urban gardens, which contribute to food and nutritional security (FAO, 2010, 2012).
- Incorporation of wastewater for urban horticulture through stabilization ponds that use algae and bacteria to eliminate pathogens (FAO, 2010, 2012; Gómez-González et al., 2011).

- El ensayo de plantas, sustratos y resto de capas adaptados a las condiciones agroclimáticas de la zona a naturalizar (Liu et al., 2012; Ottele et al., 2011; Rayner, Raynor, & Williams, 2008) y que permiten desarrollar soluciones concretas para cada área (Barker & Lubell, 2012; Gross, 2012b; Teemusk & Mander, 2009).
- El desarrollo de sistemas precultivados y de promotores de crecimiento (Tani et al., 2012) para superar el lento crecimiento de la vegetación y obtener beneficios desde el primer momento (Gorbachevskaya et al., 2009; Neila et al., 2008; Urbano, 2006a).
- El ensayo de materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente como lana de oveja en sustrato y llantas en el drenaje (Bianchini & Hewage, 2012; Herfort, 2010; Pérez, Vila, Rincon, Sole, & Cabeza, 2012; Solano, Ristvey, Lea-Cox, & Cohan, 2012; Urbano, 2006a, 2006b), y el análisis del ciclo de vida de cada una de las capas en diversas condiciones (Kim et al., 2012).
- El aprovechamiento de los sistemas como huertos urbanos, contribuyendo a la seguridad alimentaria y nutricional (FAO, 2010, 2012).
- La incorporación de las aguas residuales para la horticultura urbana mediante estanques de estabilización que utilizan algas y bacterias para eliminar los patógenos (FAO, 2010, 2012; Gómez-González et al., 2011).
- El estudio de la naturación como conservadora de la biodiversidad y el comportamiento animal en la ciudad (Ksiazek, Fant, & Skogen, 2012).
- La incorporación del concepto de naturación urbana en el desarrollo y políticas de ciudades sostenibles, ecociudades y arquitectura bioclimática (De Felipe & Briz, 1998; Urbano & Briz, 2005).

## CONCLUSIONES

Las grandes ciudades masificadas presentan problemas en los ciclos ambientales, de residuos, edificatorios, sociales y salubres. La naturación urbana revierte esta tendencia y reporta beneficios al medio ambiente, a los edificios y a los usuarios. La naturación intensiva crea verdaderos jardines, y la naturación extensiva una lámina vegetal bien adaptada con cuidados mínimos. Como superficies naturadas se emplean cubiertas, fachadas, muros antirruidos, terraplenes, raíles de tranvía, aparcamientos y otros soportes en las ciudades. Los sistemas de naturación se componen de capas de protección de la edificación y capas de soporte de la vegetación. Se trabaja en la adaptación de los sistemas a condiciones específicas, en nuevos usos-aprovechamientos y en la integración de la naturación en la planificación de ciudades sostenibles.

- Study of greening as a means of conserving biodiversity and animal behavior in the city (Ksiazek, Fant, & Skogen, 2012).
- Incorporation of the concept of urban greening in the development and policies of sustainable cities, eco-cities and bioclimatic architecture (De Felipe & Briz, 1998; Urbano & Briz, 2005).

## CONCLUSIONS

Large overcrowded cities have problems in terms of environmental cycles and waste, building, social and health problems. Urban greening reverses this trend and brings benefits to the environment, buildings and users. Intensive greening creates real gardens and extensive greening a well-adapted plant layer requiring minimal care. As greened surfaces, roofs, facades, anti-noise walls, embankments, tramway rails, parking lots and other media are used in cities. Greening systems are composed of building protection layers and vegetation support layers. Work is in progress on the adaptation of these systems to specific conditions, on new uses and integration of greening in planning sustainable cities.

*End of English Version*

## REFERENCIAS

- Alonso, J., Chanampa, M., Vidal, P., Guerra, R., Neila, F. J., & Bedoya, C. (2009). Sistemas vegetales que mejoran la calidad ambiental de las ciudades. Cuadernos de Investigación Urbanística CICR, 67, 49–67. Obtenido de <http://www.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/public/ciu/num/num.html>
- Alonso, J., Chanampa, M., Vidal, P., Olivieri, F., Guerra, R., Neila, F. J., & Bedoya, C. (2010). Thermal and illuminance performance of a translucent green wall system as an extra flat green house space with vegetation. *Journal of Architectural Engineering*, 13.
- Appl, R., & Ansel, W. (2009). Green roofs: Bringing nature back to town. *Proceedings: International Green Roof Congress 2009*. Berlin: International Green Roof Association.
- Barker, K. J., & Lubell, J. D. (2012). Effects of species proportions and fertility on Sedum Green Roof Modules. *HortTechnology*, 22(2), 196–200.
- Bianchini, F., & Hewage, K. (2012). How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*, 48, 57–65. doi: 10.1016/j.buildenv.2011.08.019
- Briz, J. (1999). Evaluación del bienestar urbano mediante la naturación. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 65–80). España: Mundi-Prensa.
- Briz, J., & De Felipe, I. (2005). Incorporación de la naturaleza en cada rincón de la ciudad: Naturación urbana. *Arquitectura del Paisaje: Construcción y medio ambiente*, 120, 12–19.



- Obtenido de <http://www.horticom.com/revistasonline/bp120.php>
- Castañeda-Nolasco, G., & Vecchia, F. (2007). Sistema de techo alternativo para vivienda progresiva en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Ingeniería Revista Académica de la FI-UADY*, 11(2), 21–30. Obtenido de [http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen11/sistema\\_de\\_techo.pdf](http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen11/sistema_de_techo.pdf)
- Cook-Patton, S. C., & Bauerle, T. L. (2012). Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. *Journal of Environmental Management*, 106, 85–92. doi: 10.1016/j.jenvman.2012.04.003
- De Felipe, I., & Briz, J. (1998). Red Internacional de Ciudades en Naturación (RICEN). *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 794, 695–699. Obtenido de [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Agri/Agri\\_1998\\_794\\_695\\_699.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_1998_794_695_699.pdf)
- Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2004). *Planting green roofs and living walls*. Portland, USA: Timber.
- Earth Work Group. (1992). *Cincuenta cosas sencillas que tú puedes hacer para salvar la tierra*. Barcelona, España: Fundación La Caixa.
- Gómez-Campo, C. (1999). El componente vegetal en la naturación de cubiertas ecológicas. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 197–212). España: Mundi-Prensa.
- Gómez-González, A., Chanampa, M., Morgado, I., Acha, C., Bedoya, C., & Neila, J. (2011). Phytodepuration flat roofs proposal of grey water management. *Informes de la Construcción*, 63, 61–71. doi: 10.3989/ic.11-065
- Gorbachevskaya, O. (2012). Gründächer als Schadstoffspeicher-Feinstaubbindung im System 10. *Internationales FBB Gründachsymposium*, 29–35.
- Gorbachevskaya, O., & Schreiter, H. (2010). Contribution of extensive building naturation to air quality improvement. *Proceedings of the international scientific conference "Local Air Quality and its Interactions with Vegetation"*. Belgium: University of Antwerpen.
- Gorbachevskaya, O., Kappis, C., & Mählmann, J. (2009). Mehr Grün im urbanen Raum-Mobile Vegetations matten zur Begrünung von Straßenbahngleisen. *Stadt und Grün*, Heft, 3, 2–12.
- Gross, G. (2012a). Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. *Micro-scale numerical experiments. Meteorologische zeitschrift*, 21(4), 399–412. doi: 10.1127/0941-2948/2012/0363
- Gross, G. (2012b). Numerical simulation of greening effects for idealised roofs with regional climate forcing. *Meteorologische zeitschrift*, 21(2), 173–181. doi: 10.1127/0941-2948/2012/0291
- Herfort, S. (2010). Auf das Schaf gekommen-Vegetationsmatten und Dünger auf Schafwollbasis. In V. D. A. Kuberski (Ed.), *Jahrbuch der Bauwerksbegrünung* (pp.18–23). Berlin, Germany: Verlag Dieter A. Kuberski.
- Higuera, G. E. (1997). Medio ambiente y planificación urbana. In J. Briz (Ed.), *Seminarios del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias* (pp. 25–35). Madrid, España: Editorial Agrícola Española.
- Hopkins, G., & Goodwin, C. (2011). *Living architecture: Green roofs and walls*. Collingwood VIC, Australia: CSIRO Publishing.
- 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., & Peng, L. L. H. (2012). Substrate moisture effect on water balance and thermal regime of a tropical extensive green roof. *Ecological Engineering*, 47, 9–23. doi: 10.1016/j.ecoleng.2012.06.020
- Kappis, C. (2010a). Vegetations systeme für die Gleisbettbegrünung. *Berliner Geographische Arbeiten 116, Das Grüne Gleis-Vegetationstechnische, ökologische und ökonomische Aspekte der Gleisbettbegrünung*, 41–52.
- Kappis, C. (2010b). *Wirtschaftliche Aspekte Grüner Gleise*. *Berliner Geographische Arbeiten 116, Das Grüne Gleis-Vegetationstechnische, ökologische und ökonomische Aspekte der Gleisbettbegrünung*, 91–108.
- Kappis, C., Henze, H. J., Schreiter, H., & Gorbachevskaya, O. (2010). *Stadtökologische Effekte von Gleisbettbegrünungen*. *Berliner Geographische Arbeiten 116, Das Grüne Gleis-Vegetationstechnische, ökologische und ökonomische Aspekte der Gleisbettbegrünung*, 9–40.
- Kim, J., Hong, T., & Koo, C. W. (2012). Economic and environmental evaluation model for selecting the optimum design of green roof systems in elementary schools. *Environmental Science & Technology*, 46(15), 8475–8483. doi: 10.1021/es2043855
- Kotsiris, G., Nektarios, P. A., & Paraskevopoulou, A. T. (2012). *Lavandula angustifolia* growth and physiology is affected by substrate type and depth when grown under Mediterranean semi-intensive green roof conditions. *Hortscience*, 47(2), 311–317.
- Ksiazek, K., Fant, J., & Skogen, K. (2012). An assessment of pollen limitation on Chicago green roofs. *Landscape and Urban Planning*, 107(4), 401–408. doi: 10.1016/j.landurbplan.2012.07.008
- Liu, T. C., Shyu, G. S., Fang, W. T., Liu, S. Y., & Cheng, B. Y. (2012). Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates. *Energy and Buildings*, 47, 180–188. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.11.043
- Masguer, A., & Guerrero, F. (1999). Utilización de sustratos en la naturación urbana. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 213–230). España: Mundi-Prensa.
- Metselaar, K. (2012). Water retention and evapotranspiration of green roofs and possible natural vegetation types. *Resources Conservation and Recycling*, 64, 49–55. doi: 10.1016/j.resconrec.2011.12.009
- Nagase, A., & Dunnett, N. (2012). Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. *Landscape and Urban Planning*, 104(3-4), 356–363. doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.11.001
- Nardini, A., Andri, S., & Crasso, M. (2012). Influence of substrate depth and vegetation type on temperature and water runoff mitigation by extensive green roofs: Shrubs versus

- herbaceous plant. *Urban Ecosystem*, 15(3), 697–708. doi: 10.1007/s11252-011-0220-5
- Neila, F. J., Bedoya, C., Acha, C., Olivieri, F., & Barbero, M. (2008). Las cubiertas ecológicas de tercera generación: Un nuevo material constructivo. *Informes de la Construcción*, 60(511), 15–24. doi:10.3989/ic.2008.v60.i511
- Neila, F. J., Bedoya, C., & Britto, C. (1999). Arquitectura bioclimática y naturación urbana. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 241–266). España: Mundi- Prensa.
- Ntoulas, N., Nektarios, P. A., Spaneas, K., & Kadoglou, N. (2012). Semi-extensive green roof substrate type and depth effects on *Zoysia matrella* 'Zeon' growth and drought tolerance under different irrigation regimes. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-soil and Plant Science*, 62(1), 165–173. doi: 10.1080/09064710.2012.681391
- Olivieri, F., Neila, F. J., & Bedoya, C. (2010). Energy saving and environmental benefits of metal box vegetal facades. Management of natural resources, sustainable development and ecological hazards II. *Transactions on Ecology and the Environment*, 127, 325–335. doi: 10.2495/RAV090291
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2010). *Crear ciudades más verdes. Programa de las Naciones Unidas para la Agricultura urbana y Periurbana*. Roma: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2012). *Growing greener cities in Africa. First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa*. Rome: Autor.
- Ottele, M., Perini, K., Fraaij, A. L. A., Haas, E. M., & Raiteri, R. (2011). Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems. *Energy and Buildings*, 43(12), 3419–3429. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.09.010
- Ouldoukhitine, S. E., Belarbi, R., & Djedjig, R. (2012). Characterization of green roof components: Measurements of thermal and hydrological properties. *Building and Environment*, 56, 78–85. doi: 10.1016/j.buildenv.2012.02.024
- Pérez, G., Vila, A., Rincón, L., Sole, C., & Cabeza, L. F. (2012). Use of rubber crumbs as drainage layer in green roofs as potential energy improvement material. *Applied Energy*, 97, 347–354. doi: 10.1016/j.apenergy.2011.11.051
- Quirce, S., & Bernstein, J. A. (2011). Old and new causes of occupational asthma. *Immunology and allergy clinics of North America*, 31 (4), 677–698. doi: 10.1016/j.ia.2011.07.001
- Rayner J. P., Raynor, K. J., & Williams N. S. G. (2008). Façade greening: A case study from Melbourne, Australia. *ISHS Acta Horticulturae*, 881, 709–713. Obtenido de [www.actahort.org/books/881/881\\_116.htm](http://www.actahort.org/books/881/881_116.htm)
- Rivela, B., Cuerda, I., Olivieri, F., Bedoya, C., & Neila, F. J. (2013). Análisis de ciclo de vida para el ecodiseño del sistema Intemper TF de cubierta ecológica aljibe. *Materiales de construcción*, 63(309), 131–145 doi:10.3989/mc.2013.v63.i309
- Rowe, D. B. (2011). Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2100–2110. doi: 10.1016/j.envpol.2010.10.029
- Rowe, D. B., Getter, K. L., & Durhman, A. K. (2012). Effect of green roof media depth on Crassulacean plant succession over seven years. *Landscape and Urban Planning*, 104(3-4), 310–319. doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.11.010
- Rudolf, W. (1992). De la canalización subterránea al reverdecimiento aéreo. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 773, 1024–1028. Obtenido de [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Agri/Agri\\_1996\\_773\\_1024\\_1028.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_1996_773_1024_1028.pdf)
- Rudolf, W., & Rudolf, F. (1995). Necesidad de naturación de grandes áreas edificadas. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 749, 1035–1038. Obtenido de [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Agri/Agri\\_1994\\_749\\_1035\\_1038.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_1994_749_1035_1038.pdf)
- Rudolf, W., Malhau, M., & Merino, M. (1995). Naturación urbana. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 761, 1014–1016. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1131>
- Ruiz, F. (1999a). Sistemas de impermeabilización de cubiertas con acabado vegetal. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 287–306). España: Mundi-Prensa.
- Ruiz, F. (1999b). Experiencias de cubiertas ecológicas en Madrid. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 363–378). España: Mundi-Prensa.
- Schreiter, H. (2010). The ecological potential of green tram tracks in urban areas. Presentation and Proceedings World Green Roof Congress. Mexico City. Obtenido en [www.amenamex.org/wgrc2010/index\\_en.html](http://www.amenamex.org/wgrc2010/index_en.html)
- Schreiter, H. (2011). Grüngleisnetzwerk-zur Entwicklung innovativer Systemlösungen für intensive und extensive Begrünungssysteme auf urbanen Gleisen. In R. S. Verlag (Ed.), *Jahrbuch 2011 für mehr Grün in Städten* (pp. 75–77). Hamburg, Germany: Rolf Soll Verlag.
- Siemsen, M., Kramer E., & Rudolf, W. (1999). Otras modalidades: Naturación de calles y vías férreas. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 379–390). España: Mundi-Prensa.
- Sloan, J. J., Ampim, P. A. Y., Basta, N. T., & Scott, R. (2012). Addressing the need for soil blends and amendments for the highly modified urban landscape. *Soil Science Society of America Journal*, 76(4), 1133–1141. doi: 10.2136/sssaj2011.0224
- Solano, L., Ristvey, A. G., Lea-Cox, J. D., & Cohan, S. M. (2012). Sequestering zinc from recycled crumb rubber in extensive green roof media. *Ecological Engineering*, 47, 284–290. doi: 10.1016/j.ecoleng.2012.07.002
- Tabares-Velasco, P. C., Zhao, M. J., Peterson, N., Srebric, J., & Berghage, R. (2012). Validation of predictive heat and mass transfer green roof model with extensive green roof field data. *Ecological Engineering*, 47, 165–173. doi: 10.1016/j.ecoleng.2012.06.012
- Tani, A., Takai, Y., Suzukawa, I., Akita, M., Murase, H., & Kimbara, K. (2012). Practical application of methanol-mediated mutualistic symbiosis between methyllobacterium species and a roof greening moss, *racomitrium*. *Plos One*, 7(3), e33800. doi: 10.1371/journal.pone.0033800
- Teemusk, A., & Mander, U. (2009). Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study

- from Estonia. *Building and Environment*, 44(3), 643–650. doi: 10.1016/j.buildenv.2008.05.011
- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2011). *Cities and climate change: Global report on human settlements 2011*. London: Earthscan Ltd. Obtenido de [http://www.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2011\\_Full.pdf](http://www.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2011_Full.pdf)
- Urbano-López de Meneses, B. (1999). Sistema comparativo de áreas urbanas naturadas. In J. Briz (Ed.), *Seminarios del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias* (pp. 238–256). Madrid, España: Editorial Agrícola Española.
- Urbano-López de Meneses, B. (2006a). Evaluación económica y análisis de sensibilidad de la utilización de lana de oveja en láminas de vegetación. Valladolid, España: Junta de Castilla y León.
- Urbano-López de Meneses, B. (2006b). Revalorización de la lana de oveja. Utilización como láminas de vegetación. Huelva, España: Asociación Española de Economía Agraria y la Universidad Internacional de Andalucía.
- Urbano-López de Meneses, B., & Urbano-Terrón, P. (2012). *Producción y comercialización sostenible en la frontera dominico-haitiana*. Madrid, España: Red Universitaria en Investigación en Cooperación para el Desarrollo.
- Urbano-López de Meneses, B., & Briz, E. J. (2005). Modelo de constructores concienciados con el medio ambiente de la ciudad: Aplicación a terrazas ecológicas. León, España: Universidad de León.
- Urbano, B., & Briz, J. (2004). Investigación de mercados de Naturación. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 81–101). España: Mundi-Prensa.
- Urrestarazu, M., & Bures, S. (2012). Sustainable green walls in architecture. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 10(1), 792–794. Obtenido de <http://www.isfae.org/scientificjournal/2012/issue1/pdf/environment/e28.pdf>
- Vijayaraghavan, K., Joshi, U. M., & Balasubramanian, R. (2012). A field study to evaluate runoff quality from green roofs. *Water Research*, 46(4), 1337–1345. doi: 10.1016/j.watres.2011.12.050
- Weiler, S. K., & Scholz-Barth, K. (2009). *Green roof systems: A guide to the planning, design, and construction of landscapes over structure*. Hoboken, N. J., USA: John Wiley & Sons.
- Whittinghill, L. J., & Rowe, D. B. (2011). Salt tolerance of common green roof and green wall plants. *Urban Ecosystems*, 14(4), 783–794. doi: 10.1007/s11252-011-0169-4
- Yang, H. S., Kang, J., & Choi, M. S. (2012). Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level. *Building and Environment*, 50, 44–55. doi: 10.1016/j.buildenv.2011.10.004