

CUBIERTAS VEGETALES, UNA REVISIÓN HISTÓRICA Y TÉCNICA

Alma R. Ortega Mendoza¹, Jazmin Carbajal Avila²

Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado Fac. de Arq. UNAM, Circuito Interior de Ciudad Universitaria, s/n, México, D.F., C.P. 04510 México, Tel.56230064
mahelio55@gmail.com, jazmin_ca50@hotmail.com

Angélica Pérez Juárez³

Licenciatura de la Fac. de Arq. UNAM, Circuito Interior de Ciudad Universitaria, s/n, México D.F., C.P. 04510, México, 55-34-53-36, pjangelica@gmail.com

RESUMEN

Este artículo introducirá al lector a una perspectiva histórica y técnica de la evolución de las cubiertas verdes, de acuerdo a su localización geográfica, los materiales que se utilizaron y los sistemas constructivos empleados.

ABSTRACT

This article will introduce the reader into a historical and technical perspective of development to the green roof, according to their geographical location, the materials that were used and the systems constructed employees.

INTRODUCCIÓN

El concepto de incorporar cubiertas vegetales en las edificaciones se remonta a lo que conocemos como arquitectura vernácula en diversas partes del planeta. Dos mil quinientos años atrás Babilonia era famosa por sus jardines colgantes, y en el siglo XX, Le Corbusier en el año de 1927 publicó en la revista L'Architecture Vivante la "Théori du toit-jardin" ("Teoría de la cubierta jardín"). Pero las cubiertas vegetales como las conocemos hoy en día, provienen de Islandia, donde debido a los limitados y escasos recursos que presentan estas regiones, la tierra ha sido usada para la construcción de paredes y techos, haciéndose populares en toda Escandinavia.

Actualmente en México, se han creado asociaciones para la naturación de azoteas, es el caso de AMENA "Asociación Mexicana para la Naturación de Azoteas", creada en 2005, Asociaciones Civiles como la Fundación Hombre Naturaleza y Gobiernos Estatales, como es el caso del Gobierno del Distrito Federal, a través de la Secretaría del Medio Ambiente.

Durante el desarrollo del artículo se señalarán las apariciones de este tipo de cubiertas, exponiendo su función, algunos de los sistemas constructivos empleados, el avance tecnológico y algunos ejemplos.

Objetivo. Exponer la evolución histórica y tecnológica del sistema de cubierta vegetal, a partir de la diversidad en los materiales, usos y aplicaciones.

Palabras clave: cubierta vegetal, techo turba, Babilonia, Le Corbusier, materiales locales.

DESARROLLO

La cubierta o quinta fachada, se considera como un cerramiento que se encuentra en la parte superior y exterior de la edificación, albergando espacios habitados, pero ésta puede y debe generar condiciones de uso no solo para el hombre sino por otros seres vivos, pero una cubierta puede aportar mucho más, tanto desde el punto de vista estético como desde el punto de vista técnico,

puede generar beneficios tanto para el edificio como para el medio ambiente y hasta interesantes espacios habitables; las "cubiertas vegetales" son un claro ejemplo, convirtiéndose en un espacio arquitectónico más.

G.K. Chesterton (1933), advertía "El que no conoce el pasado desconoce el presente". No se puede abordar el tema de cubiertas vegetales sin antes tener una noción de la tecnología que las creó, el clima del lugar y la materia prima disponible para elaborarlas. Al adentrarse en el texto se advertirá que son diversos factores que influirán en su evolución.

En la antigüedad su desarrollo se debió principalmente a la materia prima adecuada, como un determinado tipo de tierra y vegetación. La tierra tenía que cumplir tres funciones: 1) que fuera un buen soporte 2) que contara con un excelente drenaje y 3) que retuviera el calor. Estas condiciones se cumplirían si las tierras estaban compuestas de gravas que servían para filtrar y drenar, acumular agua debido a su porosidad y servir como depósito de calor, y arenas. Por ejemplo, en una zona donde la tierra era salina imposibilitaba el crecimiento de plantas, por consiguiente si los suelos eran arcillosos estos actuaban como impermeabilizantes y antiraíces y por no tener una resistencia a la compresión eran propensos a la erosión, además no funcionan como drenaje y si el clima era frío, eran susceptibles a expandirse y contraerse debido al congelamiento, rompiendo así las raíces de las plantas y removiéndolas durante el deshielo; en otros casos los sistemas constructivos eran muy problemáticos, pues tenían que soportar grandes cargas, así, si la estructura era de madera no siempre resistían estos pesos, incluso el mantenimiento es un agente importante en su impulso. Entonces, ¿cuáles fueron los motivos para que éstas se desarrollaran?, ¿en dónde tuvieron sus orígenes? y ¿cómo han evolucionado hasta nuestros tiempos?

Cubiertas vegetales Zigurats

En la región que hoy comprende Irán e Irak, en el siglo XXII – XXV a.c. datan los primeros registros más representativos de cubiertas vegetales, los zigurats de Etemaki y Namná en Ur, construcciones de plataformas arbustivas superpuestas que giran sobre sí mismas hasta que adoptan las cuatro orientaciones. Esta herencia fue acogida en el siglo 500 a.c. por el rey Nabudoconosor II, quien construyó los Jardines Colgantes de Semiramis en Babilonia (Fig.1), habían sido un regalo para su esposa. Soportados por arcos de piedra y ladrillo e impermeabilizados con carrizo y alquitrán, "encima de los carrizos se colocaban hiladas de barro recocido y finalmente se bañaba todo con plomo para prevenir que la humedad de la tierra de cultivo trasminara y llegara a la cubierta"¹, cubiertos con tierra se plantaban sobre ellos vegetación y solo en los lugares destinados a los árboles se

¹ García López Esperanza (2001), Paisajismo en las alturas, Colección libros de divulgación, UAM, Azcapotzalco, México, D.F

formaban montículos de tierra para favorecer su enraizamiento y por lo tanto un buen sostén, aparte de cumplir una función estética éstos servían como aislamiento ante el clima árido extremo de esa zona.



Figura 1: Una pintura del siglo XVI de los Jardines Colgantes de Babilonia (por Martin Heemskerck).²

El desarrollo de estas terrazas ajardinadas no prosperó tanto en la arquitectura vernácula como en otras zonas, en parte se debió a que el riego se hacía con sistemas complejos de bombeo, además a este tipo de construcciones sólo entraban los sacerdotes, en cambio la arquitectura popular adoptó sistemas más prácticos de aislamiento con muros gruesos y disposiciones cercanas de sus construcciones o enterrando sus viviendas.

Construcciones Yaodong

En Asia, y en particular, en el lejano oriente se halla un ejemplo singular de arquitectura vernácula que subsiste hasta nuestros tiempos: los llamados ‘yaodong’ o viviendas en túneles excavados en montañas, dispuestas así por su clima árido, sus vientos secos y escasez de agua, estas fungían como aislamiento, por arriba de ellas crecía vegetación silvestre, sin embargo siendo su suelo el ‘loess’ (tierra compuesta por silicio, piedra caliza, carbonato de calcio y arcillas), una tierra fértil para la agricultura, resultó complicada la propagación de cubiertas vegetales, debido a los constantes desbordamientos del río Huanghe (río amarillo) y la sobrepoblación que llegaron a erosionar la tierra. Más hacia el centro asiático se encuentran unos refugios temporales invernales de los kazakos: ‘kyatsu’, elaborados con paredes de roca y techo de troncos, lodo y capas de hierba, que los acogían de heladas a ellos y a su ganado. A partir de 1940 estas construcciones sólo se usan para almacenar carne y provisiones.

Cubiertas vegetales Burdei

En los distritos rurales de Ucrania dominaban las construcciones ‘burdei’, que eran casas semienterradas cubiertas de capas de vegetación. Asentados siempre en bosques, se contaba con madera para erigir la estructura de éstas y con árboles cercanos con grandes raíces para controlar la humedad. Algunos de estos pobladores migraron hacia América por lo que se localizan unas muestras en Canadá.

Techos Vikingos

Ante las condiciones adversas de los climas septentrionales, como lo son territorios escandinavos (hoy Dinamarca, Noruega, Suecia), se localizan las cubiertas vegetales que han sobrevivido hasta nuestros días. Originarias de las aldeas vikingas, que eran

en su mayoría estables y pocas eran las que viajaban en el mar, se asentaban cerca de prados donde conseguían la materia prima para elaborarlas. Dinamarca posee extensas zonas de madera, en cambio Suecia y Noruega no, por lo tanto sus sistemas constructivos influyeron en la construcción de sus techados.

Los vikingos cubrían sus techos con césped soportado por una estructura de madera densa interespaciadas con cortezas de abedul efectuando la función de un hidrófugo. En Islandia donde su materia prima es la roca, la madera y la hierba turba, evoluciona esta manera de construir hasta una tipología llamada ‘burstaber’ (Fig. 2), se trata de una estructura hecha con paredes de 2m de grosor cubierta de turba y piedra y existen dos tipos de techumbre: ‘el helluthak’ elaborado con estructura de madera, encima piedras y tierra y arriba turba; y la tróðthak con vigas, madera cepillada, luego turba, encima piedra y por último turba, esto era con el fin de lograr un buen aislamiento. Otra muestra se ejemplifica en las islas que se encuentran entre Islandia y Escocia, en donde se edificaban refugios para el ganado, hierva o botes, hechos de piedras apiladas y recubiertos con varias capas de roca y turba. Ante la escasez de madera, el descubrimiento de energía geotérmica en Islandia y la sencillez de construcción del concreto desaparecen casi por completo en el siglo XX.



Figura 2: Casas turba de estilo *burstaber* en Glaumbær, Islandia.³

Cubiertas de pastos silvestres en Norteamérica

Esta tradición de los países escandinavos de construir con turba alcanzó territorios norteamericanos durante la colonización de la Columbia Británica y en particular de la guerra civil que ofertaba la posesión de tierras a cambio de trabajarlas por 5 años. En varias regiones la madera escaseaba por lo que construían sus viviendas temporales excavando bajo colinas y el techo del mismo prado (Fig. 3), en otras ocasiones todo el refugio era construido con hierba, con bloques de 0.6 x 0.3 x 0.15 m, una estructura de madera plana y encima lodo y pasto silvestre que crecía con la lluvia. Este tipo de albergue no prospero debido a que era precario, eran sucios y se infestaban de insectos. Actualmente esta técnica derivó en la construcción de pacas de paja y se sabe que un recubrimiento de estuco por los dos lados evita mucho estos problemas.

² Imagen de © <http://es.wikipedia.org/wiki/> “reproducción realizada con fines de investigación científica”

³ Imagen de © <http://greenroofs.wordpress.com/> “reproducción realizada con fines de investigación científica”



Figura 3: Refugio temporal en Nuevo México⁴

Techos de hormigón armado vegetados.

Gracias a la revolución industrial, la investigación de nuevos materiales como el concreto y derivados del petróleo como el chapopote, que se empezó a utilizar como impermeabilizante sobre los techos de hormigón armado. Esto fue una transformación sobre la forma de construir con un sistema de terrados formado por vigería de madera, loseta de barro, una capa de tierra de 40 – 80cm, una capa de ladrillo rojo recocido hecho a mano en forma de petatillo y una solución de alumbre.

El inventor alemán Samuel Haüsler quien experimenta la cubierta plana en 1839, también conocida como la cubierta de cartón impermeabilizante, descansada en un entablado de madera, sobre el que se desplegaban rollos de cartón impregnados de alquitrán que garantizaban la impermeabilización, sobre esta lámina, se remataba con una capa de arena o grava, posteriormente Carl Rabitz, patento una cubierta de cartón impermeable teniendo como soporte cemento volcánico en 1867, para demostrar las ventajas constructivas, en su residencia de Berlín ajardino con árboles y plantas. Así se pasaba de las pesadas planchas de plomo utilizadas en la antigüedad a impermeabilizar con láminas finas y flexibles, fabricadas con derivados de la hulla en un principio y posteriormente del asfalto.⁵

El uso de techos planos con hormigón dejó atrás el humedecimiento por su nueva impermeabilización y la posibilidad de usar el techo como un espacio habitable.

Mientras tanto en Alemania, Francia y el Reino Unido, a mediados del siglo XIX se realizaban investigaciones acerca de un nuevo material lo que conocemos como el hormigón armado, fue Francois Hennebique quien lo patento, estableciendo las bases de la estructura espacial universal de pilares y vigas, así el hormigón armado contribuyó a la utilización de las cubiertas planas completas. Para demostrar la plasticidad del material, Hennebique en 1904 construyo en Paris su residencia conocida como Bourg-la-Reine, donde lo utilizo en muros de carga, en las ménsulas de los voladizos y en volúmenes cilíndricos, el plano cubria toda la casa y sobre él, se realizo un jardín suspendido, con senderos, un huerto y un invernadero. “A pesar de su estado, y de que una frondosa vegetación a sustituido a la fina traza del jardín original, la azotea de Bourg-la-Reine, permanece como un excelente testimonio de aquello en que Le Corbusier tanto insistió años más tarde: la prueba, con un siglo de antigüedad, de que la *conjunción entre el soporte de hormigón armado, la impermeabilización flexible y el remate mediante una capa vegetal* es una de las soluciones constructivas más acertadas y

duraderas que se pueden realizar”.⁶

Ningún personaje se alzó defensor a ultranza del uso de la cubierta plana como lo hizo, ya desde muy temprano y hasta el final de su vida, Le Corbusier.

En 1927 Le Corbusier publicó en la revista L’Architecture Vivante “La teoría de la cubierta Jardín” un documento que trata de la planeación y el uso de la terraza [...] “Se puede admitir que igualmente es aplicable a los casos medios (climas templados, suaves, o incluso cálidos). El hormigón armado es el nuevo medio que permite la realización de una cubierta homogénea [...]. En Conclusión: razones de orden técnico, económico, de confort e incluso sentimentales nos lleva a adoptar como solución la cubierta terraza”.⁷ (Fig. 4).

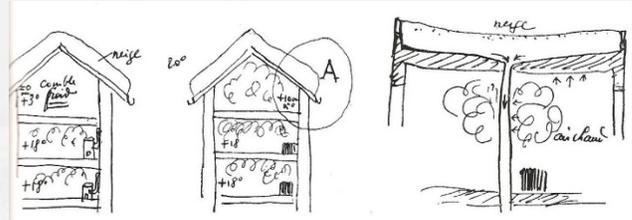


Figura 4.: Le Corbusier, “Teoría de la cubierta jardín”, 1927⁸

La actual tecnología de los techos vegetales comienza en Alemania, donde en 1971 Gerda Gollwitzer and Werner Wirsing publicaron un libro titulado: *Áreas habitadas de los techos, transitables y cubiertas por vegetación*; es allí donde nace el concepto moderno de las “cubiertas vegetales”. Actualmente, Alemania es el país líder en este campo, aunque otros países Europeos como España y Francia, han desarrollado estudios y técnicas así como en Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y Australia (Fig. 5).



Figura 5: Conservatorio de Música en Sydney, foto tomada por Water Sensitive Urban Design.⁹

Varios estudios mundiales y ordenanzas de cubiertas vegetales se han ido ejecutando, prueba de ello es Tokio, que estableció una legislación para bajar 1°C la temperatura de la ciudad en diez años, obligando a las construcciones de más de 1000 m²

⁶ MARTÍNEZ Andrés, (2005), “Habitar la cubierta”, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, pág. 65

⁷ LE CORBUSIER, (1927) “Théorie du toit-jardin, en L’Architecture vivante, otoño-invierno, págs. 13-18 reproducción realizada con fines de investigación científica”

⁸ Imagen de © <http://greenroofs.wordpress.com/> “reproducción realizada con fines de investigación científica”

⁴ Imagen de © <http://es.wikipedia.org/wiki/> “reproducción realizada con fines de investigación científica”

⁵ MORITZ, Karl, (1969), Manual de cubiertas planas en construcciones, Editorial Blume, Madrid/ Barcelona págs. 298-311

desarrollar un techo verde abarcando el 20% del total construido. (Fig. 6).



Figura 6: Edificio en Fukoka, Japón.¹⁰

Los nuevos materiales en las cubiertas vegetales

Las investigaciones que realizó la NASA a partir de los años sesenta ha dado pauta a muchos materiales de construcción como la fibra de vidrio, eliminando la opción del chapopote y cartón asfáltico para impermeabilizar, al parecer su desuso se debió a su rápido deterioro que causa de la lluvia acida. Hoy en día se utilizan sistemas de calor para vulcanizar placas petro-polímeras, el caucho, entre otros, que responden mejor a los cambios de temperaturas y permiten obtener un mejor sellado.

En la actualidad casi todos los techos de concreto logran aceptar una cubierta vegetal de 100kg por m²,¹¹ además se pueden resolver los problemas de condensación, cambios de aire en el interior, entre otras alternativas térmicas, prueba de ello es Alemania que posee una humedad relativa alta y fue uno de los precursores contemporáneos, que los llevo a realizar estudios sobre este tipo de cubiertas. El país ofrece subsidios de hasta un 50% del valor de la cubierta ecológica para su desarrollo en 80 ciudades desde el año 1987.¹²

En Singapur, (contando con un clima cálido húmedo) se realizó un estudio de cubierta vegetal, en donde se hizo una comparativa del sistema antes y después de su colocación. Los resultados arrojaron una reducción del flujo de calor a través de la estructura de la azotea del 60%.¹³ (Fig. 7).

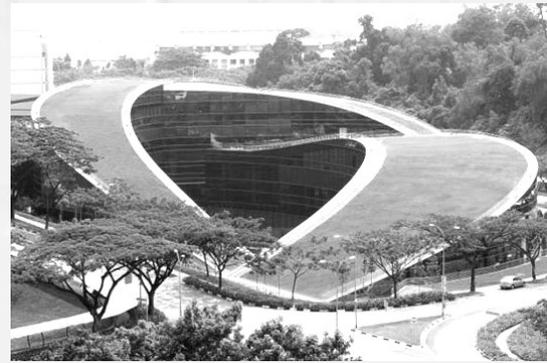


Figura 7: Escuela de Arte, Diseño y Media en la Universidad de Nanyang en Singapur.¹⁴

En el presente los sistemas de las cubiertas vegetales generalmente tienen la siguiente composición:

- a) soporte estructural
- b) barrera corta vapor
- c) aislamiento térmico (opcional, es recomendable solo en climas con temperaturas muy bajas)¹⁵
- d) membrana impermeable
- e) barrera contra raíces
- f) sistema de drenaje
- g) filtro
- h) medio de crecimiento, (sustrato, vegetal o inorgánico)
- i) capa vegetal

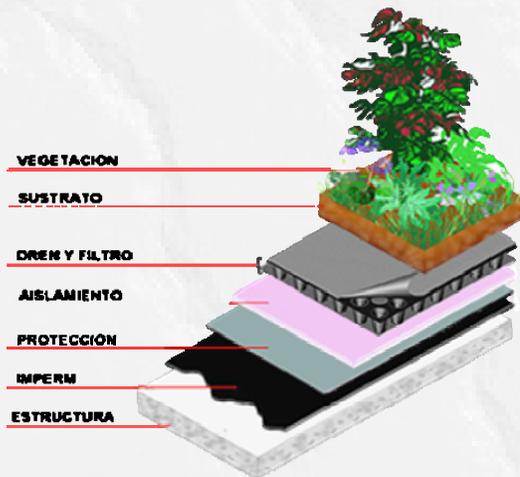


Figura 7: Composición de una cubierta vegetal.¹⁶

En las próximas décadas el avance de alta tecnología dependerá de cómo se desarrollen estos componentes y el alcance de la población a estos recursos.

Beneficios

Las cubiertas vegetales han ido ganando cada vez mayor difusión a través del tiempo, esta aceptación ha llevado no sólo a

¹⁰ Imagen de © <http://greenroofs.wordpress.com/>

“reproducción realizada con fines de investigación científica”

¹¹ NEILA, F. y Bedoya, C. (1999), La cubierta ecológica en el contexto de la Arquitectura bioclimática, Documento Académico, UPM, Madrid.

¹² <http://www.aibs.org/bioscience/>

¹³ Wong Nyuk Hien, et.al. (2007). Study of the thermal performance of extensive rooftop greenery system in the tropical climate. p. 42, 25-54. Building and Environment.

¹⁴ Imagen de © <http://www.inhabitat.com/>

“reproducción realizada con fines de investigación científica”

¹⁵ Theodore, Theodosiou, (2003), Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique, Energy and Buildings, Vol. 35. Pág. 909-917.

¹⁶ Imagen de © <http://www.imagenesgoogle.com>

“reproducción realizada con fines de investigación científica”

desarrollarlas por control climático, y estético, siguen teniendo ventajas incomparables, como las siguientes:

- * Fungen como aislamiento térmico, y llega a disminuir en verano el consumo de aire acondicionado hasta en un 25% y en invierno evita pérdidas de calor de hasta un 50%.
- * Puede generar el oxígeno anual necesario del hombre con sólo 1.5 m² de pasto, reduciendo también el efecto invernadero.
- * En periodos de lluvia pueden almacenar del 70% al 90% del agua dependiendo del sustrato y la vegetación.
- * Posibilita que vuelva la vida animal a las ciudades y se creen microclimas
- * *Usando energía de sus alrededores 1m² de follaje disminuye el efecto de isla de calor en las ciudades evaporando 0.5 litros por día.
- * Se genera producción local de alimentos y plantas.
- * Una cubierta con un sustrato de 12cm puede reducir hasta 40 decibeles (las plantas bloquean frecuencias altas y la tierra bajas).
- * Beneficios psicológicos y estéticos.¹⁷

CONCLUSIONES

La cubierta vegetal ha venido evolucionando desde épocas ancestrales, fue implementada en diversas regiones con sistemas constructivos diferentes, sin embargo, la técnica es la misma.

Muchos de los sistemas de cubiertas vegetales antiguos no tuvieron un gran acogimiento en algunas localidades, debido a que no contaban con los recursos disponibles y el mantenimiento era costoso.

El siglo XIX revolucionó por completo esto, gracias a los avances tecnológicos. En la actualidad se estudian sistemas de alta tecnología, sin embargo, gran parte de estos lo único que hacen es elevar el costo del techo, dando pie a que sectores con bajos ingresos no puedan acceder a ellas. Por ejemplo en México si se contrata a una empresa para elaborar una cubierta vegetal se gastará aproximadamente 2 mil pesos por m², relegando así a gran parte de la población.

La cubierta vegetal es una alternativa eficiente debido a los beneficios que se aprecian a lo largo de este artículo y a la urgente necesidad de aplicar sistemas de construcción que permitan mejorar las condiciones ambientales sobre todo en las zonas urbanas.

El avance tecnológico sigue brindando posibilidades de desarrollo para este tipo de cubiertas, sin embargo, el reto venidero consistirá en dotar de nuevas alternativas locales, utilizando materiales del sitio y especies endémicas de vegetación, cuidar nuestros suelos, pues si se erosionan será difícil contar con tierra fértil. Se ha demostrado que un techo verde puede implementarse en cualquier tipo de clima, incluso en un cálido - húmedo, conociendo sus innumerables ventajas, ¿por qué no contribuir al medio ambiente y mejorar nuestras condiciones de confort, con el uso de una cubierta vegetal?

BIBLIOGRAFÍA

Wong Nyuk Hien, et.al. (2007). Study of the thermal performance of extensive rooftop greenery system in the tropical climate. p. 42, 25-54. Building and Environment.

Martínez A. (2005). Habitar la cubierta. Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

Theodore, Theodosiou, (2003), Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique, Energy and Buildings, Vol. 35. Pág. 909-917.

García López Esperanza (2001), Paisajismo en las alturas, Colección libros de divulgación, UAM, Azcapotzalco, México, D.F

NEILA, F. y Bedoya, C. (1999), La cubierta ecológica en el contexto de la Arquitectura bioclimática, Documento Académico, UPM, Madrid.

Oliver P., et.al. (1997). Encyclopedia of Vernacular Architecture of de World. Vol. 1 p. 355-360. Editorial Cambridge University Press, Reino Unido de Gran Bretaña .

Oliver P., et.al. (1997). Encyclopedia of Vernacular Architecture of de World. Vol. 2 p. 863, 874-875, 1381-1390. Editorial Cambridge University Press, Reino Unido de Gran Bretaña .

Oliver P., et.al. (1997). Encyclopedia of Vernacular Architecture of de World. Vol. 3 p. 1811-1813, 1934-1935. Editorial Cambridge University Press, Reino Unido de Gran Bretaña .

Mortiz K. (1969). Manual de cubiertas planas en construcciones. p. 298-311. Editorial Blume, Madrid/ Barcelona .

Le Corbusier. (1927). Théorie du toit-jardin, en L'Architecture vivante, otoño-invierno, p. 13-18.

<http://www.inhabitat.com/>

<http://www.greenroofs.org/>

<http://books.google.com.mx/>

<http://www.aibs.org/bioscience/>

<http://torre.de.babel.es/licestudy.org/>

http://www.e-asphalt.com/orig_asf/historia_del_asfalto.htm

http://www.ifenergy.com/50226711/the_history_of_green_roof_technology.php

<http://www.hku.hk/bse/greensiteoffice/greenroof.htm>

<http://greenroofs.wordpress.com/>

<http://es.wikipedia.org/wiki/>

¹⁷ Todos los párrafos señalados con * fueron tomados de la dirección electrónica <http://www.aibs.org/bioscience/>