

# Treballs beneficiaris dels ajuts per al suport a la recerca en canvi climàtic a l'AMB

## Coberta experimental

Berta Sarroca Agustí i Anabel Garcia Martínez

Tutora del projecte: Montserrat Bosch, Dra. UPC

ARTICLE



## Resum:

Les cobertes vegetals suposen una solució constructiva que pot aportar beneficis a l'edificació existent: millores en el comportament tèrmic, propietats acústiques i regulació de les aigües pluvials. En clau ciutat, també milloren els efectes illa de calor, ajuden al manteniment de certa biodiversitat i poden convertir-se en elements paisatgístics alhora que creen nous espais de convivència de qualitat dins l'entorn urbà.

Algunes de les propietats d'aquestes solucions de coberta vegetal estan abastament assajades als laboratoris, però existeixen pocs experiments en els que es pugui observar el comportament de les diverses propostes sotmeses a les reals condicions climatològiques dels llocs, algunes tan variables com les que es donen a la conca de la Mediterrània, i en concret a Barcelona, amb pluges intenses i puntuals, períodes de sequera esporàdics, canvis de temperatura bruscos en poques hores, etc.

És per aquest motiu que ens va semblar interessant realitzar un seguiment al llarg de tot un any del comportament de diferents solucions de coberta verda "in situ", convertint la coberta d'un edifici existent en un "living-lab" que permetés la verificació d'una sèrie de paràmetres i la comparació en condicions reals de diverses propostes. L'experiment, iniciat el febrer de 2015 i encara funcionant, ha proporcionat una informació molt valuosa tant per als que hi hem intervingut com per a aquells que estiguin interessats en aquest tipus de solucions. En aquest sentit, volem agrair la iniciativa de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) de recolzar projectes d'investigació ambiental en el camp de l'edificació com el que estem duent a terme.

## Resumen

Las cubiertas vegetales suponen una solución constructiva que puede aportar interesantes beneficios a la edificación existente: mejoras en el comportamiento térmico, propiedades acústicas, regulación de las aguas pluviales, etc. En clave ciudad, también mejoran los efectos isla de calor, ayudan al mantenimiento de cierta biodiversidad y pueden convertirse en elementos paisajísticos a la vez que crean nuevos espacios de convivencia y de calidad en el entorno urbano.

Algunas de las propiedades de estas soluciones de cubierta vegetal ya han sido ampliamente ensayadas en laboratorio, pero existen pocos experimentos en los que se pueda observar el comportamiento de las diversas propuestas sometidas a condiciones climatológicas reales, algunas tan variables como las que se dan en la cuenca del Mediterráneo, y en concreto en Barcelona, con lluvias intensas y puntuales, periodos de sequía esporádicos, cambios de temperatura bruscos en pocas horas, etc.

Por este motivo nos pareció interesante realizar un seguimiento a lo largo de todo un año del comportamiento de diferentes soluciones de cubierta verde "in situ", convirtiendo la cubierta de un edificio existente en un "living-lab" que permitiera la verificación de una serie de parámetros y la comparación en condiciones reales de varias propuestas. El experimento, iniciado en febrero de 2015 y aún funcionando, ha proporcionado una información muy valiosa tanto para los que hemos intervenido como para aquellos que estén interesados en este tipo de soluciones. En este sentido, queremos agradecer la iniciativa del Área Metropolitana de

Barcelona (AMB) por apoyar proyectos de investigación ambiental en el campo de la edificación como el que estamos llevando a cabo.

## Abstract

Green roofs can provide many advantages when applied to existing buildings, such as: improved thermal performance, sound insulation, rain water management, etc... Furthermore, they also offer the city itself numerous benefits; reducing the urban heat island effect, maintaining biodiversity and creating new green spaces for the people living and working there.

Many of the properties of these green roof solutions have already been extensively studied in laboratories, but there are few experiments in which the behaviour of the various types of green roofs are subject to real weather conditions that could be as variable as those found in the Mediterranean basin, and specifically in Barcelona, with its infrequent but intense rainfall, sporadic periods of drought and abrupt temperature changes over short periods of time.

For this reason, we thought it would be interesting to track the behaviour of different green roof solutions “in situ” over the period of a year, converting the existing building rooftop into a “living-lab” allowing the verification of a series of parameters and the comparison of the various proposals under real outdoor conditions. This ongoing investigation which started in February 2015, has provided valuable information for those involved in the project and for anyone else who might be interested in such solutions. We would like to thank the initiative of the “Área Metropolitana de Barcelona” (AMB) for supporting environmental research projects in the field of construction, such as the one we are carrying out.

## Introducció

Actualment, al mercat hi ha diferents propostes de cobertes vegetals que es diferencien entre elles segons prestacions: pes, cost/m<sup>2</sup>, motxilla ecològica, energia embeguda en el procés de fabricació dels diferents components, etc. Una anàlisi comparada de les diferents solucions ens pot proporcionar eines per a la presa de decisions a l'hora de voler instal·lar una coberta verda en un edifici com a estratègia de rehabilitació.

El projecte de recerca "Coberta Experimental Mercè Rodoreda (MR)", s'ha ubicat a Barcelona, dins el Campus Ciutadella de la Universitat Pompeu Fabra (UPF). El projecte ha estat liderat per l'empresa EIXVERD i ha comptat amb la col·laboració de diferents empreses instal·ladores de solucions de cobertes verdes, que han proporcionat els materials i han realitzat les instal·lacions de les seves mostres. Per al seguiment de la part experimental, han participat dues estudiants del Grau en Arquitectura Tècnica i Edificació de l'Escola Politècnica Superior de l'Edificació de Barcelona (EPSEB-UPC), així com una professora que ha fet la tutoria dels treballs.

Considerem que aquest tipus de col·laboració entre diverses entitats, públiques i privades, i investigadors de formació també diversa enriqueixen els projectes i signifiquen una manera de fer que genera beneficis per a la ciutadania.

## Com es va plantejar l'experiment

En el cas de l'experiment que presentem, es pretenia comparar el comportament tèrmic i l'escorrentia d'aigua de diferents solucions de coberta verda que responen a les propostes de diferents empreses/fabricants/instal·ladors. També es volien comparar les dificultats i exigències de manteniment de les diferents solucions, ja que aquest paràmetre sovint queda poc especificat a l'hora d'exposar les condicions de contorn de les cobertes enjardinades.

## Disseny de l'experiment

L'experiment s'ha dut a terme a partir de 9 mostres de coberta, disposades sobre l'actual coberta de l'edifici **Mercè Rodoreda 23**, situat en el campus Ciutadella de la Universitat Pompeu Fabra (C/Ramon Trias Fargas, 25-27, 08002, Barcelona) (Fig. 1).

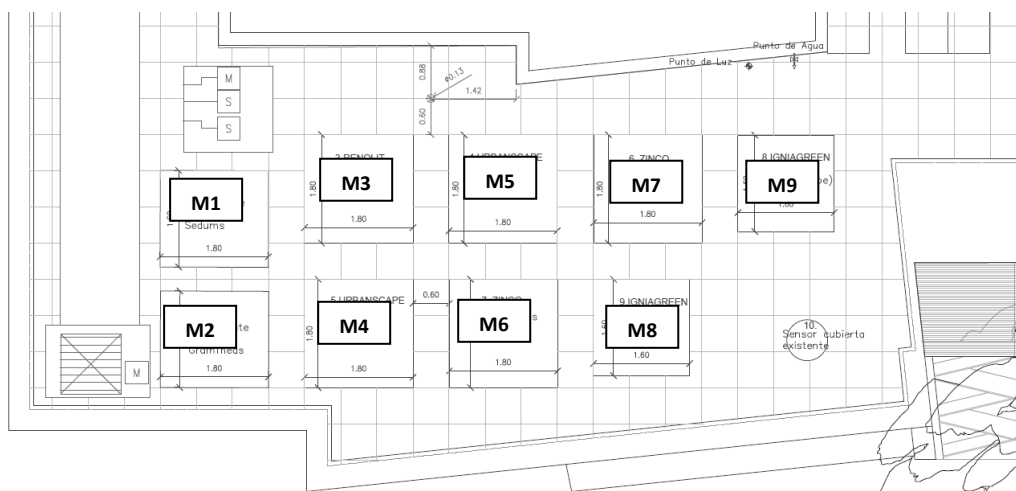


Fig. 1 Distribució dels parterres/jardineres amb cadascuna de les solucions de coberta enjardinada instal·lades

La distribució de les mostres es va fer verificant, mitjançant modelització amb el programa REVIT, que totes es trobessin sota les mateixes condicions d'incidència solar al llarg del cicle anual (Figs. 2 i 3).

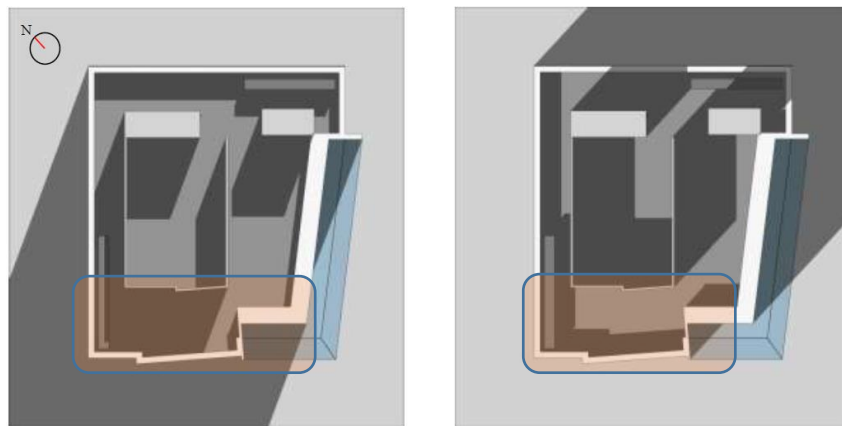


Fig. 2 Estudi d'ombres simulat, a les 7:30 h i a les 18:30 hores del mes de juliol i amb la zona d'instal·lació de les mostres indicada.

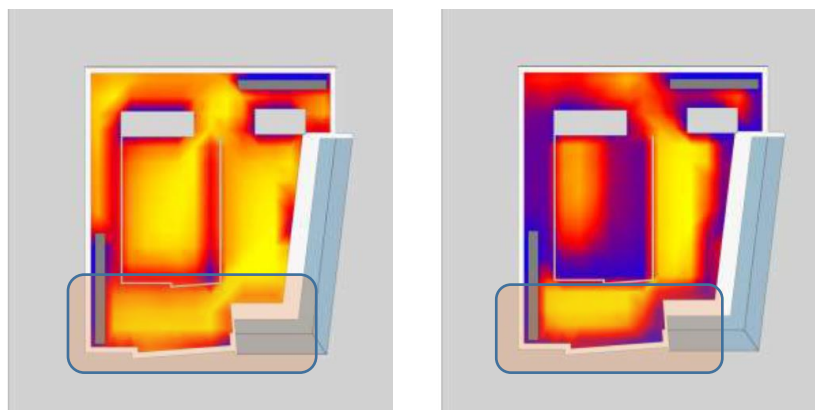


Fig. 3 Estudi d'incidència solar acumulativa simulada dels mesos de juliol (esquerra) i desembre (dreta) i amb la zona d'instal·lació de les mostres indicada

El reg suposava un factor molt important per al correcte funcionament de cada sistema. Per aquest motiu es van acordar, amb tots els proveïdors, les quantitats i pautes de reg que es necessitaven per garantir el manteniment de la capa vegetal en òptimes condicions.

### Les mostres a estudi

Les mostres instal·lades a la coberta experimental han estat (Fig. 4).

**Mostra 1** Sistema coberta extensiva amb sèdums; pes  $90 \text{ kg/m}^2$  i espessor 130 mm (180 mm amb plantes).

**Mostra 2** Sistema coberta Semi-Intensiva; pes  $160 \text{ kg/m}^2$  i espessor 200 mm (300 mm amb plantes).

**Mostra 3** Sistema coberta extensiva amb sèdums; pes  $166 \text{ kg/m}^2$ ; espessor 120 mm (170 mm amb plantes).

**Mostra 4** Sistema coberta extensiva amb sèdums; pes  $80 \text{ kg/m}^2$ ; espessor 140mm (180 mm amb plantes).

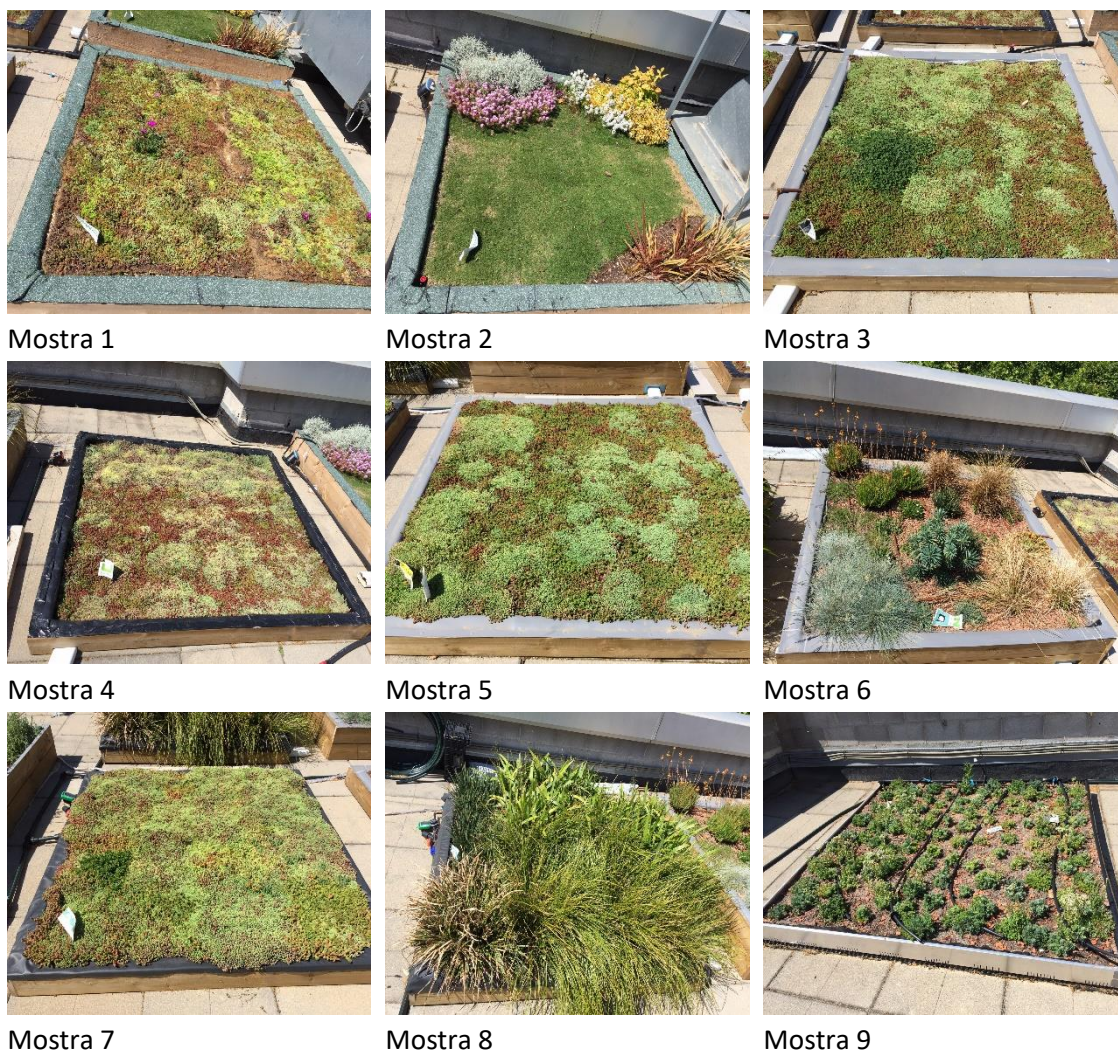
**Mostra 5** Sistema coberta extensiva sèdums tapís; pes 120kg/m<sup>2</sup>; espessor 160 mm (210 mm amb plantes).

**Mostra 6** Sistema coberta de Gramínies; pes 145kg/m<sup>2</sup>; espessor 270 mm (770 mm amb plantes).

**Mostra 7** Sistema coberta extensiva sèdums; pes 140kg/m<sup>2</sup>; espessor 150mm.

**Mostra 8** Sistema coberta semi-Intensiva; pes: 220kg/m<sup>2</sup>; espessor 200mm.

**Mostra 9** Sistema coberta extensiva 2 x 2 m; pes 65kg/m<sup>2</sup>; espessor 130 mm (230 mm amb plantes).



*Fig. 4 Aspecte de les 9 mostres la setmana del 16 al 22 de maig de 2016*

I les empreses col·laboradores han estat, per ordre alfabètic: IGNIAGREEN (2 mostres), MAS WAS (2 mostres), PROJAR (1 mostra), RENOLIT (1 mostra), URBANSCAPE (1 mostra) i ZINCO (2 mostres).

### La recollida de dades

Per poder fer una anàlisi del comportament de les solucions d'acabat (capa vegetal i substrats), es van plantejar dos procediments de recollida i anàlisi de dades:

**A1 Verificació del comportament tèrmic** de les diferents capes vegetals i substrats mitjançant la recollida de dades en els següents punts (Fig. 5):

- **D:** Temperatura ambient en zona vegetació
- **C:** Temperatura sobre la capa de substrat
- **B:** Temperatura sota la capa de substrat
- **A:** Temperatura sota la solució completa i sobre l'aïllament que independitza la mostra de les condicions tèrmiques de l'espai inferior.

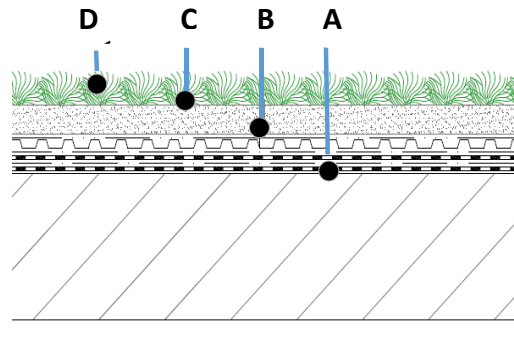


Fig. 5 Distribució de les sondes de recollida de dades higrotèrmiques en una solució típica de coberta enjardinada

**A2. Verificació del comportament de la coberta en vers l'escorrentia d'aigua.** Aquesta part de l'experiment ha quedat pendent de realitzar per les dificultats d'instal·lar un sistema de comptatge en unes mostres en contacte amb la coberta existent en comptes de sobre taules, el que hagués permès la instal·lació dels sistemes de registre però hagués invalidat l'anàlisi del comportament tèrmic. Tanmateix, els cabalímetres comptabilitzen a partir de cabals majors dels que es recullen en les mostres de l'experiment. Es segueix estudiant com quantificar aquesta part experimental.

A mida que avançava l'experiment ens vam adonar que es podien enregistrar altres dades interessants com:

**A3. Temperatura superficial de la solució de coberta** mitjançant la lectura comparada amb l'ús de càmeres termogràfiques.

**B1. Pautes de reg** de cada una de les mostres, que s'han programat segons les recomanacions dels propis instal·ladors, per relacionar-les amb el consum d'aigua (en aquest moment potable, el que significa una variable a tenir en compte des del punt de vista de la sostenibilitat ambiental), i la pervivència de la capa vegetal.

**B2. Aparició d'herbes no desitjades (males herbes)** que competeixen pels recursos amb les plantes de les diferents mostres. Inspecció visual.

**B3. Incidència de la quantitat de matèria orgànica animal** en cada una de les solucions de coberta i la seva relació amb l'atac i destrosses en les instal·lacions per part d'aus. Inspecció visual.

Val a dir que les tres darreres variables proporcionen una informació molt valuosa a l'hora de verificar les bondats de cadascuna de les solucions de coberta, sobretot pel que fa a les qüestions de manteniment i durabilitat en bones condicions de les cobertes vegetals, i en conseqüència en la seva gestió.

## Els resultats obtinguts

### A1 Verificació del comportament tèrmic:

Hores d'ara disposem de dades fiables de temperatures de les 9 mostres durant un període de 9 mesos (abril 2016-desembre 2016). Tots els resultats obtinguts s'han enregistrat i estan custodiats per l'empresa Eixverd i per la UPC. Així mateix estan a disposició del públic, sota sol·licitud, per a fer-ne un ús exclusivament científic, i evidentment a disposició de les entitats col·laboradores i de les empreses participants.

Per exemple: comparant les diferents mostres entre elles, en el punt inferior de la solució constructiva (punt A) durant el període comprés entre maig 2016 i agost 2016 (Fig. 6) s'ha pogut comprovar com, per a unes mateixes temperatures ambient, hi ha sistemes enjardinats que es comporten millor que altres, és a dir, mostren unes oscil·lacions de temperatura més petites, el que significa que temperen la incidència solar i transmeten menys calor cap a l'interior de l'espai habitable sota coberta.

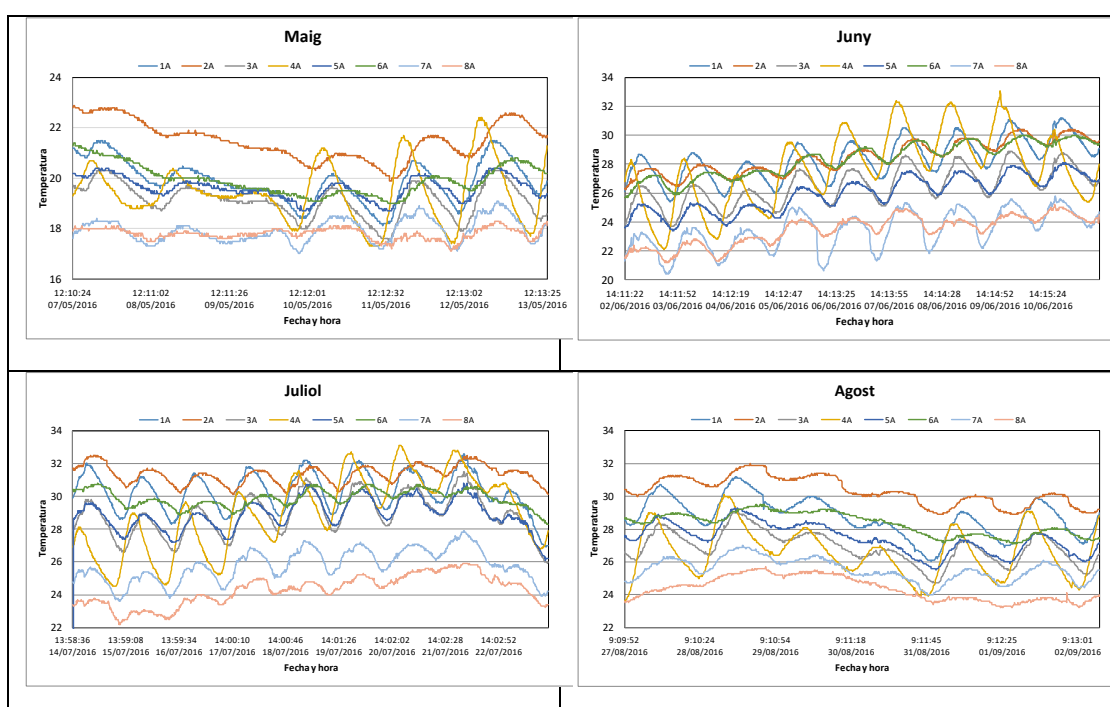


Fig. 6 Lectura comparada de dades de temperatura en el punt A sota solució de coberta

Les gràfiques també ens han indicat que l'oscil·lació tèrmica aconseguida en cada mostra depèn del comportament de tot el conjunt. Per a una millor comprensió d'aquest fenomen, s'han utilitzat les temperatures diàries màximes, mínimes i mitjanes d'un setmana en les ubicacions C (sobre la capa de substrat), B (sota la capa de substrat) i A (sota la solució completa).

Per exemple, en la ubicació C (sobre la capa de substrat), hem observat (Fig. 7) que, en alguns casos les temperatures mitjanes a la superfície del substrat (en blau), sota la vegetació, eren semblants (entorn a 26-27°C) mentre que la mostra amb major densitat de vegetació presentava un valor inferior, de 24.7°C.

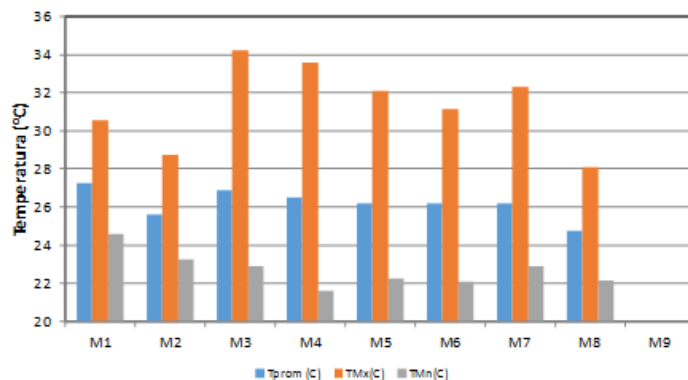


Fig. 7 Gràfica amb les temperatures màximes, mínimes i mitjanes obtingudes durant la setmana del 27 d'agost al 2 de setembre 2016, en el punt C

Del recull de dades i de la seva gestió hem pogut verificar que, com era previsible, les mostres amb major gruix de substrat presenten una menor diferència entre els valors màxim, mínim i mitjana. Això significa que la capa de substrat pot contribuir eficaçment a la reducció de les oscil·lacions tèrmiques diàries.

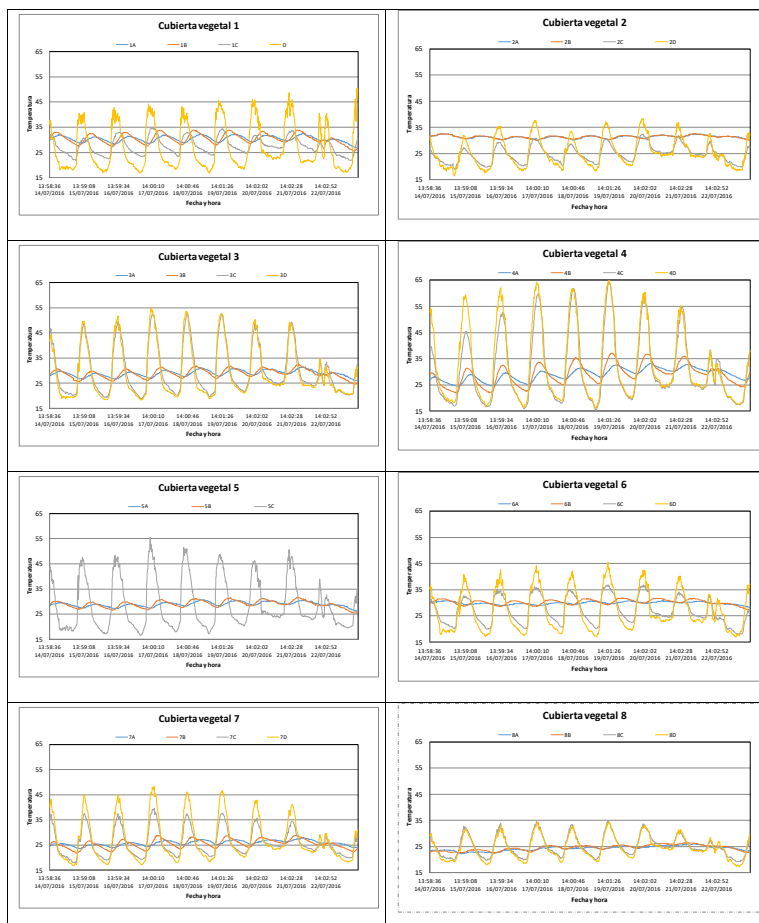


Fig. 8 Gràfiques amb la recollida de dades de temperatures en 8 mostres durant la setmana del 14 al 22 de juliol 2016

En la Fig. 8 es mostren, també a mode d'exemple, els resultats enregistrats de temperatura, durant la setmana més càlida del mes de juliol 2016.

En tots els mesos, s'han observat diferències significatives entre les diferents mostres. Per una banda, les temperatures mesurades entre la vegetació (en particular els pics) demostren que el tipus de vegetació és determinant. La reducció en l'oscil·lació de la ona tèrmica a l'interior del sistema, ja sigui sota el substrat o sota el sistema complet també depèn fortament del gruix del substrat i d'altres característiques del sistema. El mateix passa amb el desfasament (retard) entre els pics de temperatura a l'exterior i a l'interior.

### A3. Temperatura superficial de la solució de coberta

En aquest apartat es recull la informació obtinguda per un estudiant de doctorat, sota supervisió de l'equip investigador de la UPC. Les imatges es van prendre el 23 de juny i el 8 de setembre, durant tot el dia, a cada hora, des de les 10:00 fins a les 22:00.

En la Fig. 9, es recullen les fotografies de les 9 mostres a la mateixa hora (12:00) del dia 23 de juny. Els tons blaus signifiquen temperatures superficials en la capa vegetal al voltant dels 30°C, els tons grocs corresponents a una temperatura al voltant dels 45°C, els vermells als volts dels 50°C i el color rosa/blanc que correspon a la temperatura màxima enregistrada de 60°C aproximadament. A simple vista, es pot comprovar com les diferents mostres proporcionen en un mateix moment del dia temperatures molt diferenciades.

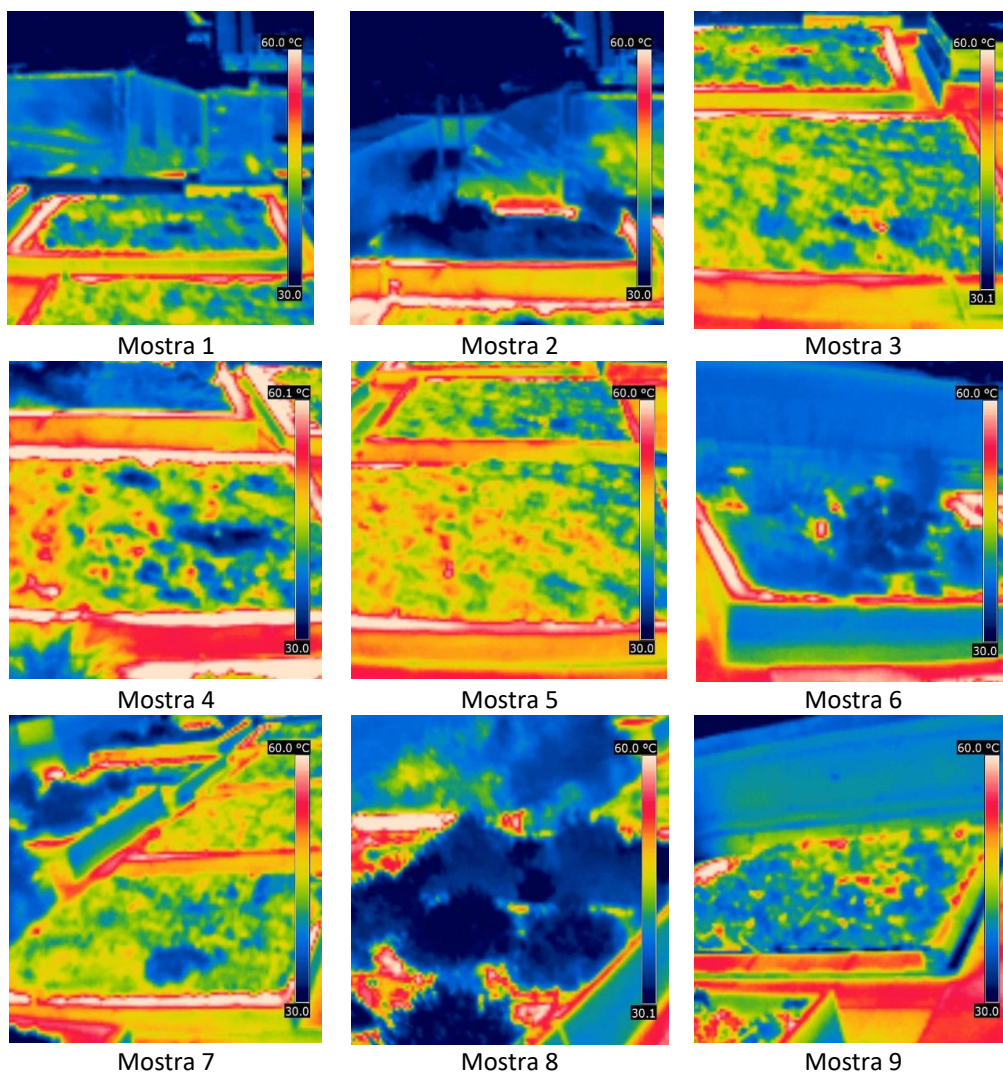


Fig. 9 Fotografies termogràfiques de les 9 mostres, a les 12:00 hores. 23 de juny 2016

Aquesta circumstància està directament relacionada amb el tipus de vegetació plantada. És lògic que aquella vegetació més frondosa, que anomenem “coberta intensiva” ofereixi temperatures més baixes, un fenomen relacionat amb l’evaporació/transpiració de les plantes.

Amb aquests registres fotogràfics també hem observat que la diferència de temperatura superficial en diferents zones d’una mateixa mostra varia en alguns moments fins a 20°C, un fet que està relacionat amb el grau d’humitat que conté la pròpia planta, i/o amb la tonalitat del sèdum. A la vista d’aquesta realitat, hem considerat que caldrà tornar a prendre fotografies amb càmera termogràfica mapejant les temperatures sobre el tapís vegetal, amb una fotografia absolutament ortogonal a la mostra, que permeti diferenciar clarament les taques de cada espècie vegetal i el mantell de substrat.

### B1. Pautes de reg

Una de les qüestions clau que es volia analitzar durant aquest experiment era la necessitat hídrica de cadascuna de les mostres assajades. En la taula següent, (Fig. 10) s’especifiquen les pautes de reg seguides en cadascuna de les mostres, seguint les indicacions dels instal·ladors, i que es programen en freqüència setmanal, i en minuts de reg. A partir d’aquesta demanda hídrica, s’han verificat els consums totals de litres d’aigua de reg al llarg de tota la fase experimental (aproximadament 9 mesos), tenint en compte que hi ha reg diferenciat estacional. Per aquest motiu s’ha fet una mitjana setmanal de consum d’aigua/m<sup>2</sup> de solució de coberta. Finalment, i donat que el pes de les mostres s’incrementa quan aquestes es troben saturades d’aigua, s’ha incorporat aquest paràmetre a la taula.

	<i>Freqüència setmanal</i>	<i>Minuts</i>	<i>Mitjana setmanal reg l/m<sup>2</sup></i>	<i>Pes mostra saturada d’aigua Kg/m<sup>2</sup></i>
<b>Mostra 1</b>	3	7	4,2	108
<b>Mostra 2</b>	3	7	12,0	208
<b>Mostra 3</b>	1	10	3,5	90
<b>Mostra 4</b>	Reg s/bateria		2,2	70
<b>Mostra 5</b>	1	10	3,5	150
<b>Mostra 6</b>	1	10	3,5	330
<b>Mostra 7</b>	2	5	5,7	140
<b>Mostra 8</b>	2	5	5,7	220
<b>Mostra 9</b>	5	5	4,0	159

Fig. 10 Taula resum de la freqüència, durada de reg, consum setmanal d’aigua/m<sup>2</sup> i pes de les mostres saturades.

Val a dir que, donat que treballem amb espècies vives, no només calia mesurar la quantitat d’aigua consumida, ja que l’objecte de l’ús d’aquest recurs havia de garantir la pervivència de les espècies instal·lades i per tant s’havia de relacionar amb l’estat de conservació, manteniment i aspecte de les mostres a estudi. En aquest sentit, s’han fotografiat setmanalment totes les mostres, que han presentat, en general, un bon grau d’arrelament i de pervivència en relació al que s’esperava d’elles (Figs. 11 i 12).

En els informes realitzats trimestralment, s’ha enregistrat el comportament de cadascuna de les mostres, indicant les incidències i l’evolució del verd.

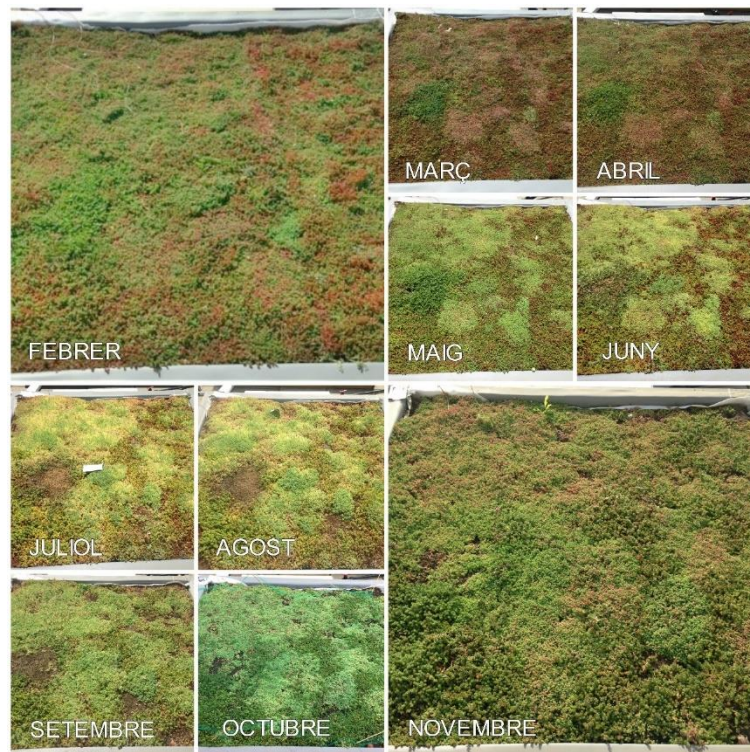


Fig. 11 Evolució del verd al llarg de 10 mesos de la mostra 3



Fig. 12 Evolució del verd al llarg de 10 mesos de la mostra 6

## B2. Aparició de *males herbes* o herbes no desitjades

Durant el seguiment de l'experiment, també s'ha enregistrat l'aparició d'herbes no desitjades, el que habitualment anomenem *males herbes*. L'aparició d'aquesta vegetació no és en si un problema, però és cert que aquests tipus de plantes competeixen pels recursos hídrics amb la vegetació programada, per la qual cosa s'ha de controlar la seva proliferació. En la visita

setmanal que es realitzava, s'identificava l'aparició d'herbes no desitjades i s'enregistrava l'espècie i la quantitat (Fig. 13).



Fig. 13 Recull d'herbes no desitjades durant els dos primers trimestres 2016

També s'han enregistrat setmanalment les incidències relacionades amb l'aparició d'herbes no desitjades per a cadascuna de les mostres.

## Què hem après?

A partir de la nostra experiència, podem extreure una sèrie de conclusions:

- Totes les solucions de coberta analitzades han mostrat un comportament important com a aïllament tèrmic. Algunes de les mostres s'han presentat especialment eficients en aquest paràmetre, segons s'observa en els diferencials de temperatura entre les sondes A/D instal·lades. La capa de substrat s'ha mostrat una de les més influents en aquest experiment.
- Les solucions de coberta tenen un cost prou similar entre elles, però les necessitats dels sistemes de reg, la rapidesa de col·locació, la reversibilitat o no de les diferents solucions, i el més important, el manteniment, són paràmetres que s'han d'avaluar a l'hora de la presa de decisions.
- El consum d'aigua varia de manera important segons la solució de coberta instal·lada. De les mostres instal·lades s'han comptabilitzat consums que van des dels 450 l/m<sup>2</sup>/any, als 1750 l/m<sup>2</sup>/any. La majoria de mostres però es mouen entre els 600 i els 900 l/m<sup>2</sup>/any. Aquest indicador és especialment rellevant si la coberta que es vol enjardinar és de grans dimensions. Tenint en compte que el preu de l'aigua, a Barcelona, està als volts dels 3€/m<sup>3</sup> quan hi ha una despesa superior als 12 m<sup>3</sup>, considerem que el cost d'aquest recurs no hauria

de ser un impediment. Altrament, tenint en compte l'estrès hídric de les nostres conques i que l'aigua s'ha de considerar com a un bé escàs, si s'haurà de tenir en compte aquest paràmetre a l'hora de prendre la decisió del tipus de coberta que es vol instal·lar.

- Un altre paràmetre a considerar a l'hora de triar una solució o altra és el pes/m<sup>2</sup> ja que s'ha d'avaluar la capacitat de sobrecàrrega de la coberta existent. La majoria de solucions analitzades suposen una sobrecàrrega de 0,2 N/m<sup>2</sup> (el que tradicionalment s'havia considerat una sobrecàrrega de neu de 20 cm de gruix, a Barcelona). Val a dir que aquest valors són amb la mostra seca, i que és cert que algunes de les mostres analitzades sobrepassen aquests valors quan estan saturades d'aigua. En qualsevol cas hi ha una solució de coberta verda per a cada tipologia d'edifici encara que aquest disposi de poca capacitat de sobrecàrrega.
- Un condicionant important a l'hora d'instal·lar una coberta enjardinada és l'aparença o la voluntat estètica i arquitectònica. En aquest sentit, les possibilitats són il·limitades, tant pel que fa a les diferents possibilitats de la vegetació, a les formes que poden adoptar les jardineres, a la necessitat o no de fer obres, a l'accessibilitat per part de veïns o altres usuaris, etc. Per aquest motiu és sempre recomanable la participació dels professionals, arquitectes o enginyers, que poden avaluar, proposar, implementar, controlar i fer el seguiment o manteniment de les cobertes amb el coneixement que els és propi.
- El manteniment de les cobertes enjardinades és un factor clau que garanteix o no l'èxit de la instal·lació. En aquest sentit es donen una sèrie de condicionants que cal revisar i controlar: per una banda el bon funcionament de les instal·lacions de reg, i per l'altra del drenatge i la correcta evacuació de les aigües sobrants. Hem comprovat que una setmana sense reg pot significar la mort de les espècies en períodes calorosos. I també que els embornals de moltes cobertes ja existents, s'embussen o es malmeten per causes diverses. Caldria estipular per tant pautes de revisió i manteniment segons les necessitats de la coberta, una pràctica que s'hauria de fer, igualment, encara que no hi hagués instal·lada una coberta vegetal.
- Durant l'experiment hem observat els efectes del que hem anomenat "danys biològics col·laterals". La tria del substrat de la solució de coberta s'ha mostrat molt rellevant: si per una banda els substrats amb més nutrients, amb insectes i altres espècies són una font alimentària per a distintes aus, els substrats com les llanes minerals, en canvi, són una font de "material de construcció" per a les garses. També és cert que la frondositat de la capa vegetal impedeix o facilita l'accés dels ocells al substrat, per la qual cosa cal avaluar diferents conceptes a l'hora de fer la tria més adequada. Val a dir que l'aparició de fauna no hauria de ser un problema si no destrossen les instal·lacions, i que hi ha solucions per evitar el "vandalisme animal" alhora que s'estimula la biodiversitat en els nuclis urbans.
- La qualitat del verd, en condicions climàtiques reals, també és un factor a tenir en compte. Si tots hem comprovat com les nostres plantes cuidades a casa no són tan exuberants com quan estan en els centres de jardineria, també és cert que la vegetació en un entorn "real" no evoluciona sempre a millor. Tot i així, de les mostres assajades, tres han millorat la qualitat del verd al llarg del període estudiat, altres dues l'han mantingut, mentre que 4 mostres han empitjorat el seu aspecte respecte al dia que varen ser instal·lades. Les causes han estat diverses: problemes puntuals amb els sistemes de reg; esgotament de les bateries dels programadors; substrat massa mineral que comporta que l'aigua escorre massa ràpid; substrats que dificulten o fins i tot impedeixen un bon arrelament; substrats "llaminers" per a les aus que trepitgen i "vandalitzen" les instal·lacions. Finalment, mentre que en cap de les

mostres estudiades s'han detectat plagues d'insectes, si s'ha identificat el creixement d'herbes no desitjades, tot i que en una quantitat poc important.

- Finalment, creiem que l'experiment està sent molt enriquidor, i amb l'objectiu de seguir investigant i implementar la recollida de noves dades, estem avaluant noves necessitats instrumentals com la instal·lació d'una webcam que proporcioni informació visual "on time" i que milloraria el control de la instal·lació. Està previst fer una nova sessió fotogràfica amb càmera termogràfica per mapejar el comportament tèrmic de les diferents espècies vegetals. També volem fer un estudi del rendiment de diverses espècies i/o monocultius per a la seva explotació; analitzar l'estimulació de la biodiversitat urbana; i treballar en noves vies de gestió i manteniment de les solucions de coberta enjardinada vinculades a l'ús i gaudi de veïns i usuaris.
- El manteniment és un factor clau en l'èxit o fracàs de qualsevol de les solucions de cobertes vegetals. És cert que no hi ha una tradició en aquest sentit en la nostra cultura de l'habitatge, i que les cobertes comunitàries sembla que són de tots però de ningú alhora. És per aquest motiu que, al marge de les necessitats d'un manteniment tècnic o professionalitzat, cal tenir molt clar quin tipus d'usuari es farà càrrec de la coberta, si l'edifici té un accés indiscriminat, si és un edifici públic o una comunitat de veïns, etc.
- En resum, podem assegurar que les solucions de cobertes enjardinades ofereixen sens dubte moltes prestacions que milloren la qualitat ambiental de la ciutat, però també hem de subratllar que a l'igual que l'expertesa és una afegit quan es realitzen obres de rehabilitació en els edificis, l'experiència dels instal·ladors i dels tècnics que projecten, executen, fan el seguiment i verifiquen tots els processos és imprescindible.

## Per saber-ne més

Si esteu interessats en solucions per a cobertes enjardinades, avui dia hi ha molta documentació i recursos a l'abast. Cal però tenir clar quin tipus d'informació es busca i anar en compte per no sentir-se desbordat o fins i tot perdut.

Si es vol aprofundir en les qüestions més científiques i en la recerca que es fa arreu del món sobre avantatges, dificultats, beneficis i altres paràmetres d'interès, cal fer recerca bibliogràfica en les revistes científiques, la majoria en anglès i disponibles en xarxa.

Per als que voleu una informació més assequible, dirigida a professionals de l'arquitectura i l'enginyeria, també hi ha una extensa bibliografia que, evidentment no podem referenciar en aquest article però sí us podem oferir alguns títols que a nosaltres ens han estat d'utilitat: *A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research* (Magill, J. D.; Midden, K.; Groninger, J. & Therrell, M.; 2011); *El jardín en la arquitectura del siglo XX: Naturaleza artificial en la cultura moderna* (Álvarez, D.; 2007); el recentment publicat i molt recomanable *Jardinosofía. Una historia filosòfica de los jardines* (Beruete, S.; 2016); el nº 25 de la revista *PAISEA. La cubierta vegetal* (2006); o *Techos verdes* (Minke, G.; edicions en castellà de 2005 i 2010).

L'Ajuntament de Barcelona també va publicar l'any 2010 un document, redactat per l'Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona, que considerem imprescindible: *Cobertes i Murs verds a Barcelona. Estudi sobre les existents, el potencial i les estratègies d'implantació*; disponible a <http://www.bcnecologia.net/ca/projectes/cobertes-i-murs-verds-barcelona>.

Evidentment també es poden consultar les pàgines web dels diversos instal·ladors i empreses que es dediquen a implantar cobertes verdes. La majoria d'aquestes empreses ofereixen productes de qualitat i serveis "claus en ma" que poden facilitar l'execució d'una coberta verda, però com hem vist al llarg de la nostra experiència, la tria de quina solució és la més adient per a cada cas no és senzilla. En aquest sentit no ens cansarem de recomanar l'assessorament dels experts, siguin enginyers, arquitectes o aparelladors que coneguin el tema i us puguin acompanyar en el procés. També us faran falta si es pretén establir les pautes de gestió i manteniment i garantir la pervivència i el bon funcionament del sistema.

Finalment, no podem oblidar que aquestes propostes funcionen si hi ha gent implicada que vetlla pel bon funcionament i la durabilitat de les cobertes verdes. Hem comprovat, al llarg d'aquests darrers anys, múltiples exemples d'èxit que, sempre, venen de la ma d'uns usuaris (públics o privats) que consideren el verd urbà com una eina de millora de la qualitat de vida de la ciutadania. Barcelona ha estat sovint capdavantera en una manera d'entendre la ciutat integradora, solidària, a vegades fins i tot agosarada. Les possibilitats de fer millor ciutat són immenses, només cal valentia i compromís per part d'aquells que la projecten, la gestionen, la viuen i, per sobre de tot, l'estimen.