



# LA MANZANA VERDE



**Reutilización de aguas grises para combatir la isla de calor**  
**OASIS URBANOS: espacios semi-exteriores climatizados**

**CAROLINA GONZALEZ VIVES, doctor arquitecto.**

[www.gonzalezvives.eu](http://www.gonzalezvives.eu) cgonzalezvives@gmail.com

**Reutilización de aguas grises para combatir la isla de calor**  
**OASIS URBANOS: espacios semi-exteriores climatizados**

**CAROLINA GONZALEZ VIVES, doctor arquitecto.**  
[www.gonzalezvives.eu](http://www.gonzalezvives.eu) [cgonzalezvives@gmail.com](mailto:cgonzalezvives@gmail.com)



## 1. El marco amplio:

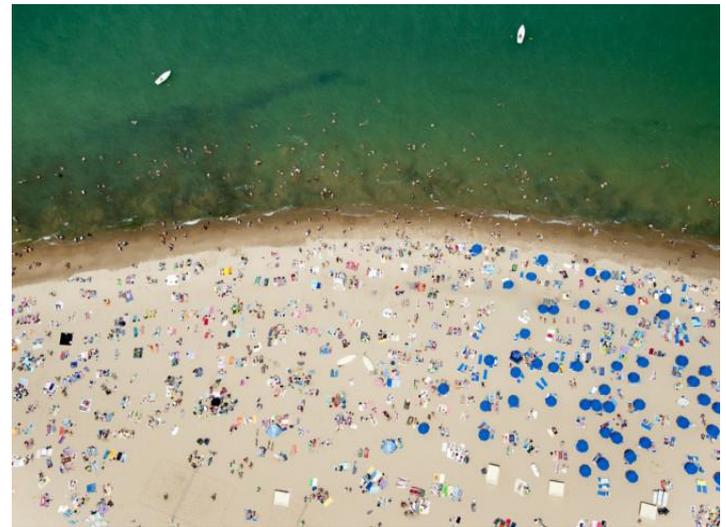


*En las geografías de sol, el agua es un recurso limitado y esencial.*

*El calentamiento y la desertización marcan un escenario físico sin precedentes, en el que las sequías, las inundaciones y las olas de calor son cada vez más frecuentes.*

*La cultura del disfrute y del placer asociada a los espacios con agua requiere nuevas fórmulas, técnicamente más sofisticadas, compatibles con las condiciones reales del paisaje:*

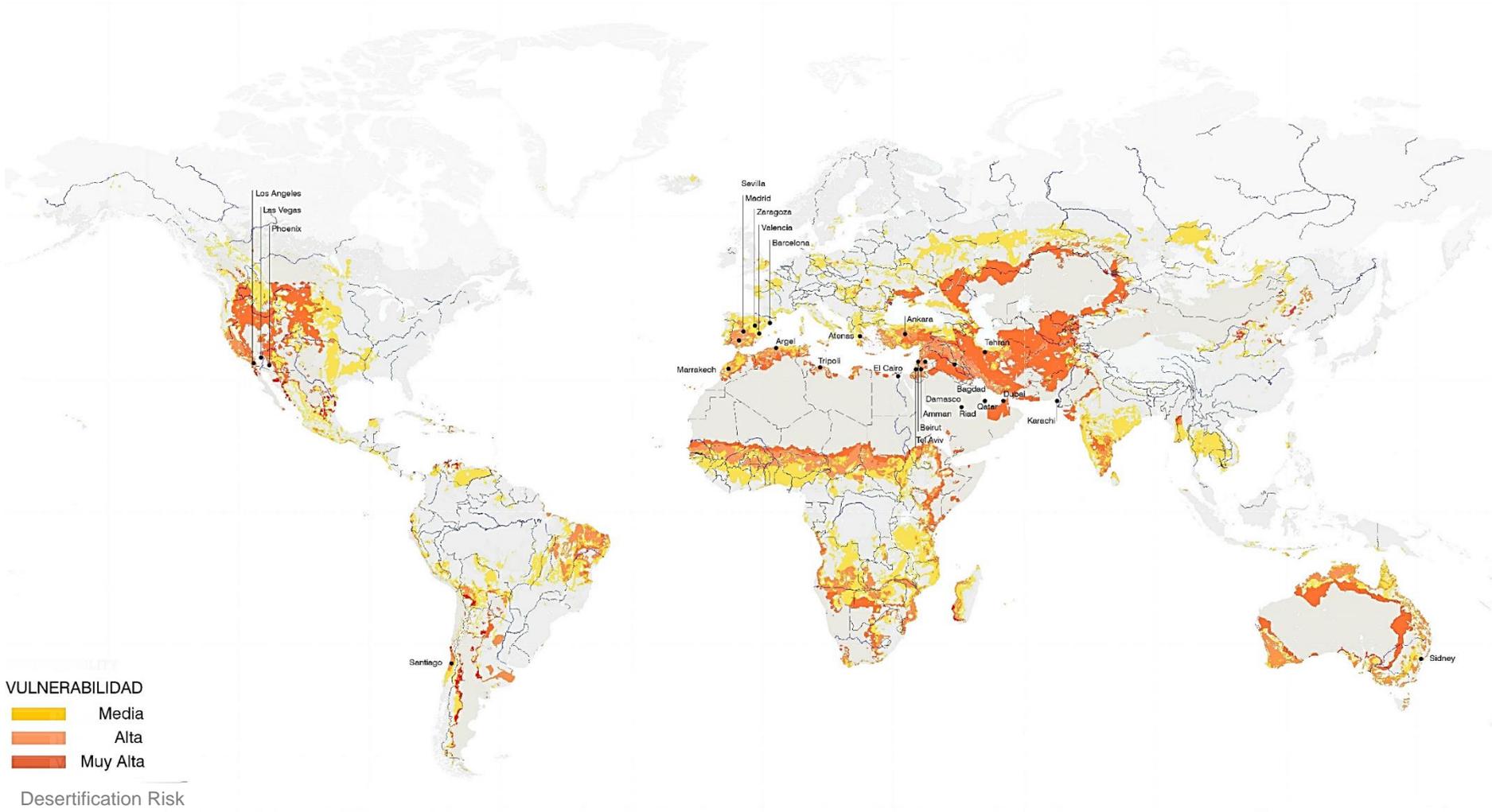
*Control de la EVAPORACIÓN y REUTILIZACIÓN del agua*



## **DEFORESTACIÓN, URBANIZACIÓN Y DESERTIZACIÓN**

- asociación deforestación-drenaje masivo/pérdidas de lluvia**
- deshidratación. pérdida del ciclo pequeño. Calentamiento global**
- mapa de desertización creciente**







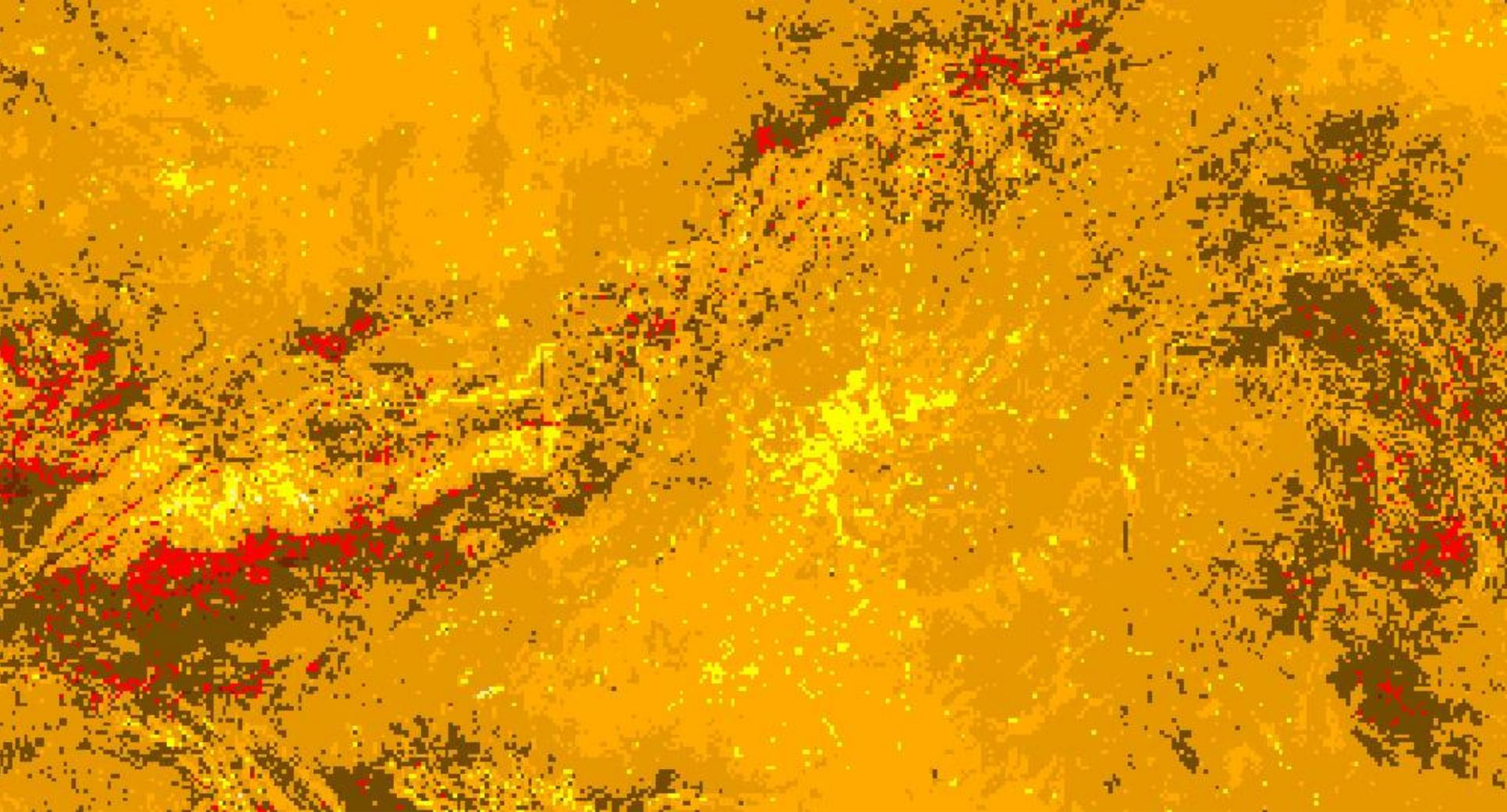
Colorado River Aqueduct  
Pumping Station. California.

## **HIDROLOGÍA EN LA CIUDAD ACTUAL**

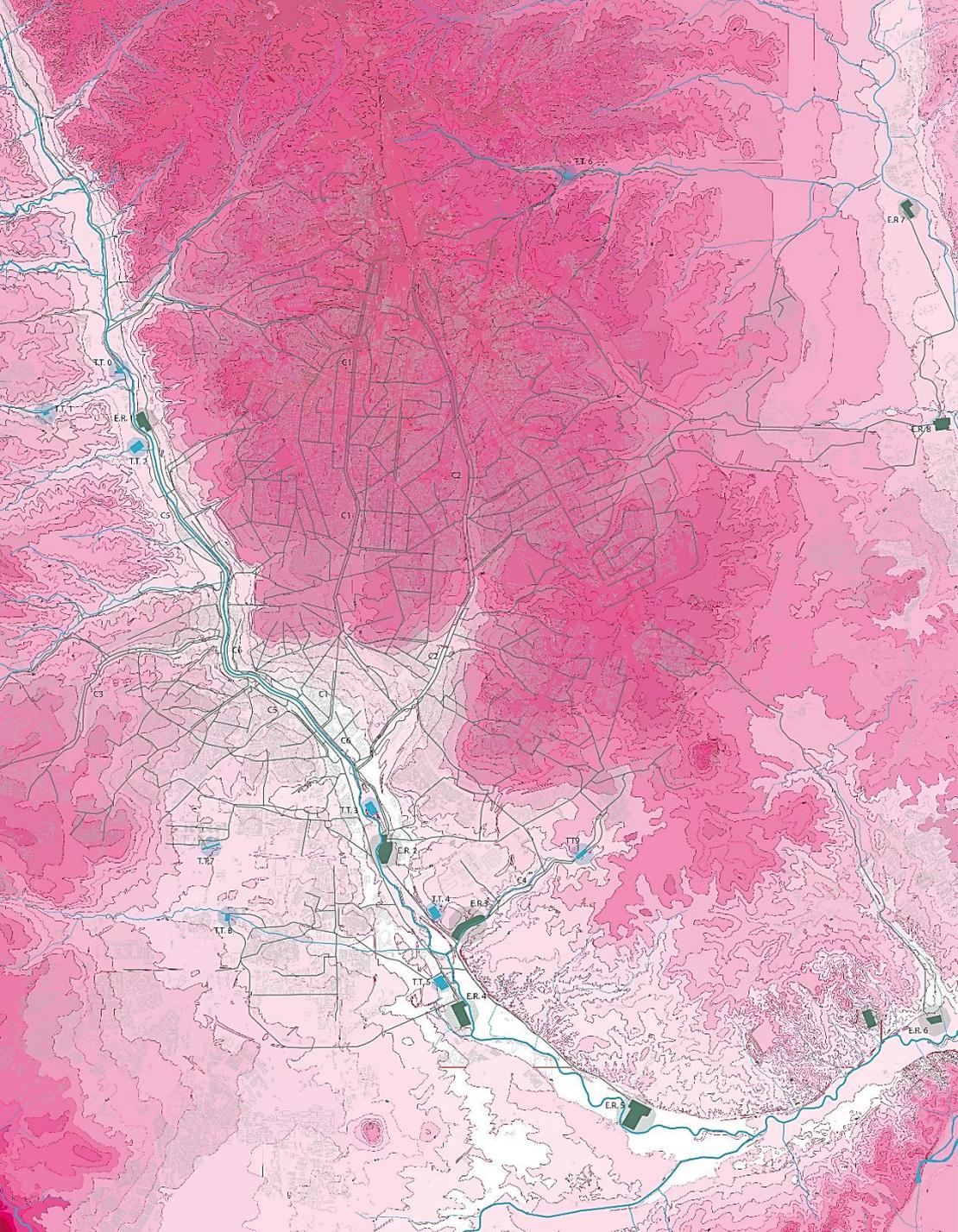
-borrado de las cuencas locales

-pavimentación. Impermeabilización

-deshidratación. ISLA DE CALOR URBANA



Evapotranspiración real media anual del ámbito territorial próximo a la ciudad de Madrid (imagen generada partiendo del mapa elaborado por el Magrama con los datos medios del periodo 1980-2011).



**Colectores** C1 - Colector Castellana C3 - Colector Aluche C5 - Colector margen derecho  
 C2 - Colector Abrohigal C4 - Colector La Gavia C6 - Colector margen izquierdo

**E.R.A.R**

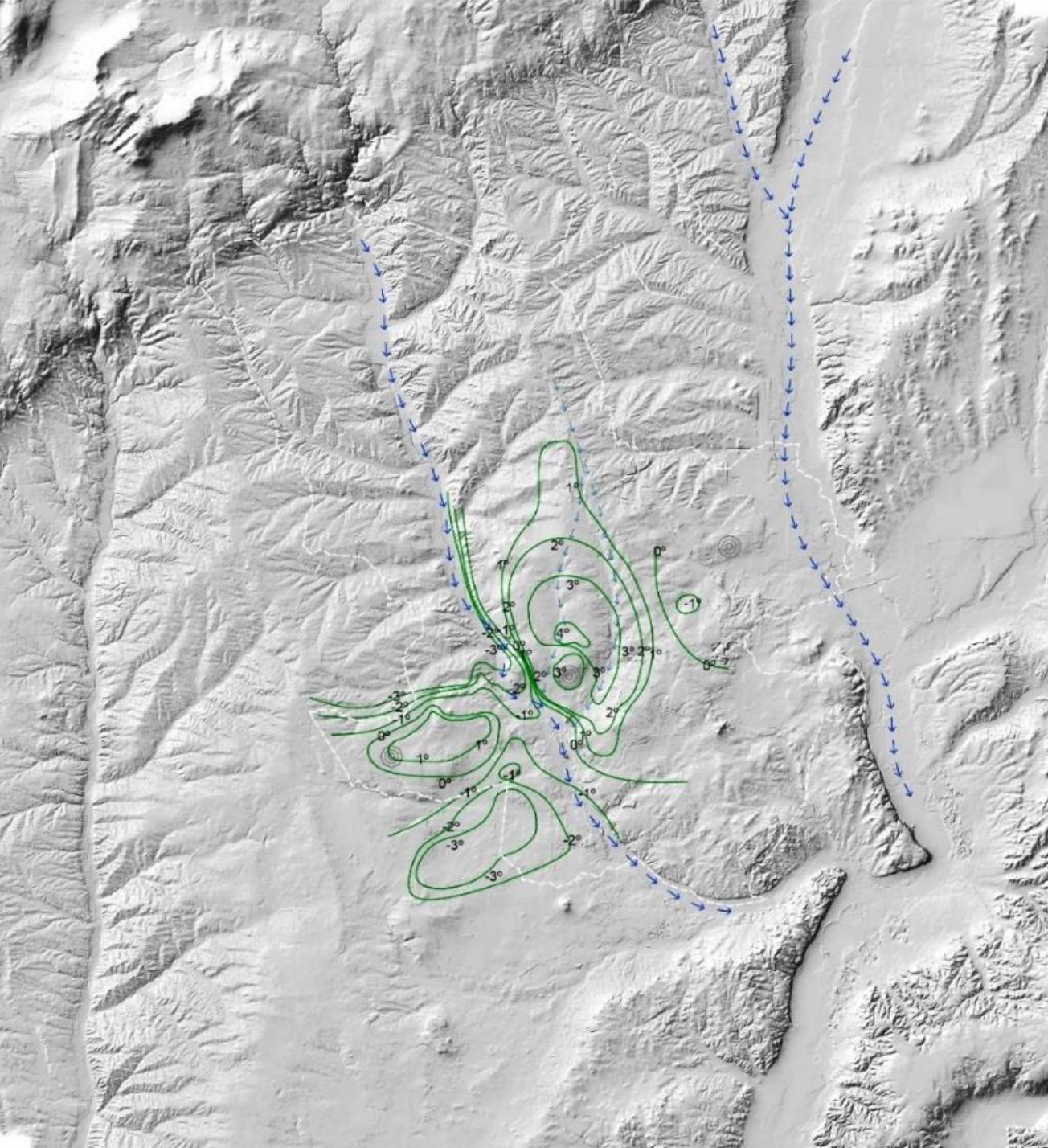
E.R.1 Valdemarin	E.R.2 La China	E.R.3 La Gavia	E.R.4 Butarque
E.R.5 Sur	E.R.6 Sur Oriental	E.R.7 Valdebebas	E.R.8 Rejas

**Tanques de tormentas**

T.T.0 Valdemarin	T.T.1 Pozuelo	T.T.2 Viveros	T.T.3 La China	T.T.4 Abroigales
T.T.5 Butarque	T.T.6 Valdebebas	T.T.7 Carabanchel	T.T.8 Butarque	T.T.9 La Gavia

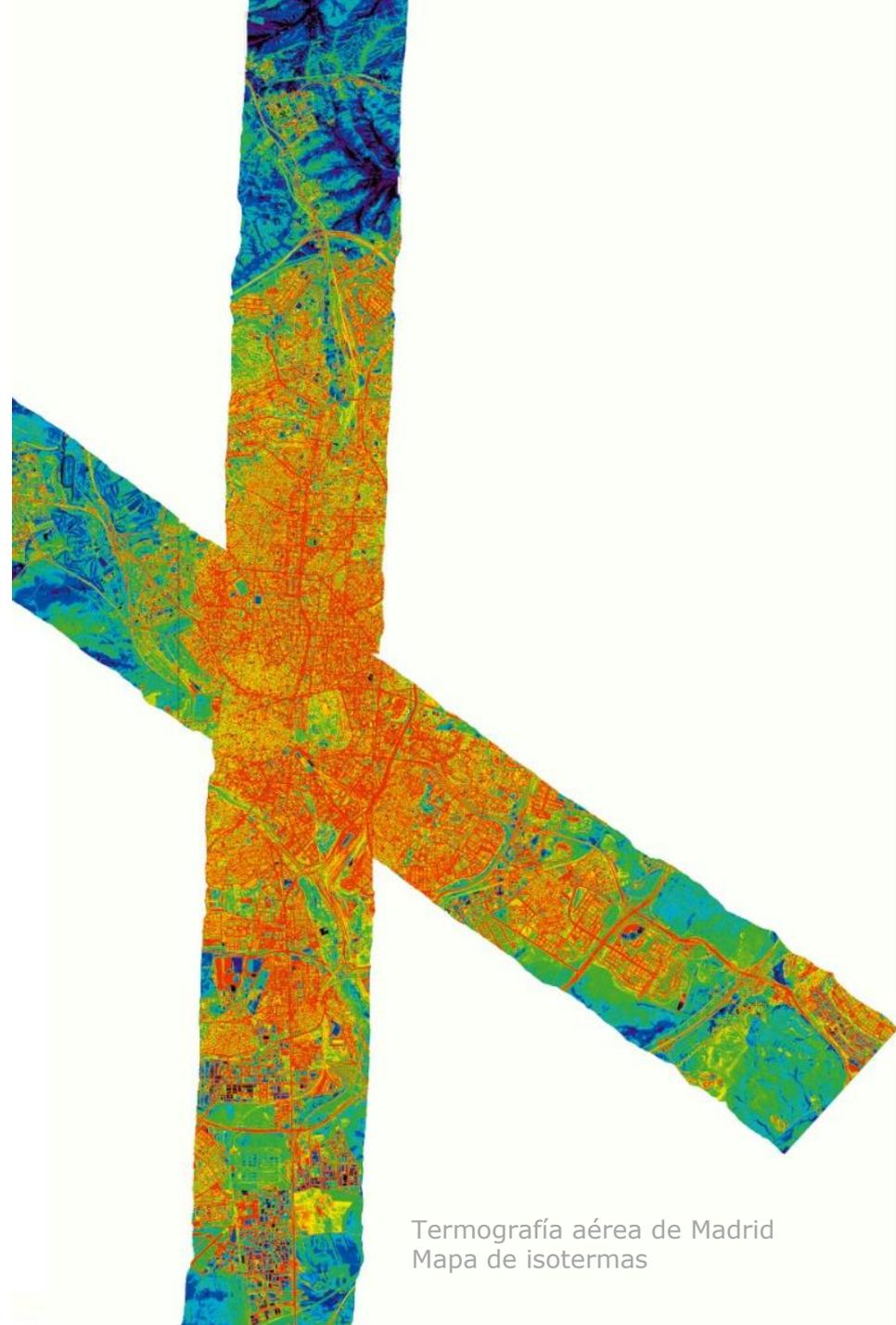
Current urban hydrology.  
 Conductions, Treatment Plants  
 and storm tanks





## *contexto urbano:*

*Las ciudades, con muy poca vegetación y agua, y tasas tan elevada de combustión, son escenarios especialmente calientes y secos, formando islas de calor con hasta 8°C de diferencia con el paisaje próximo*



Termografía aérea de Madrid  
Mapa de isotermas



## Tipos de paisaje y espacio publico



### *3. referentes culturales* **los oasis tradicionales**

*La gestión cuidadosa del agua en las culturas áridas, y los espacios exteriores que históricamente han construido, son un modelo alternativo que permite conciliar la escasez de los recursos con la calidad y el disfrute*

*El palmeral del oasis protege con su sombra la humedad y el frescor .*

*La integración de estos principios en arquitectura ha dado lugar a construcciones históricas ejemplares*

El palmeral de Elche  
Oasis en el desierto del  
Sahara  
Detalle de harandilla y patio





# AGUA, ENERGÍA Y AIRE

## influencia del agua en el balance energético del paisaje

### -en el aire:

ciclo pequeño, evaporación-condensación, calor latente  
almacén térmico.

las nubes como cubierta a nivel de paisaje

### -en las plantas:

dissipative ecological unit

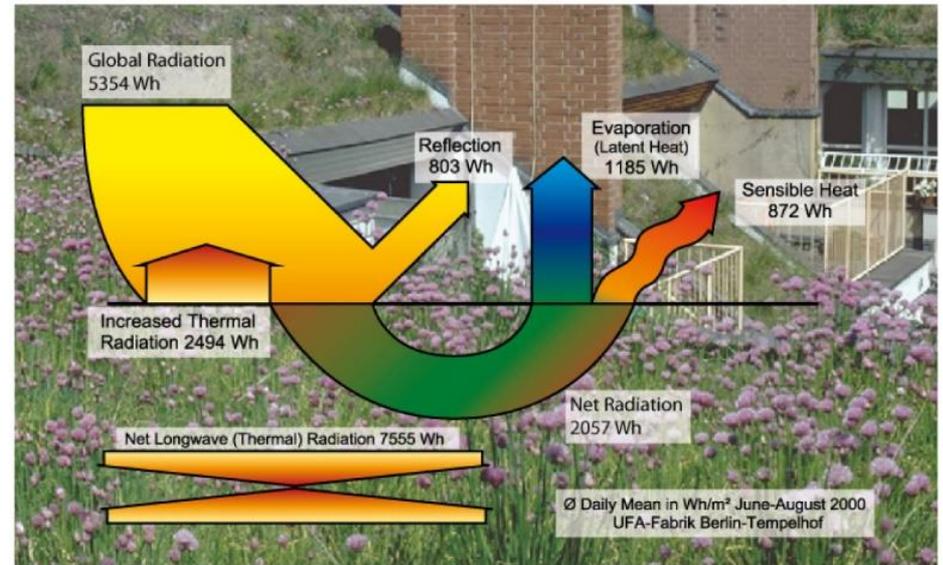
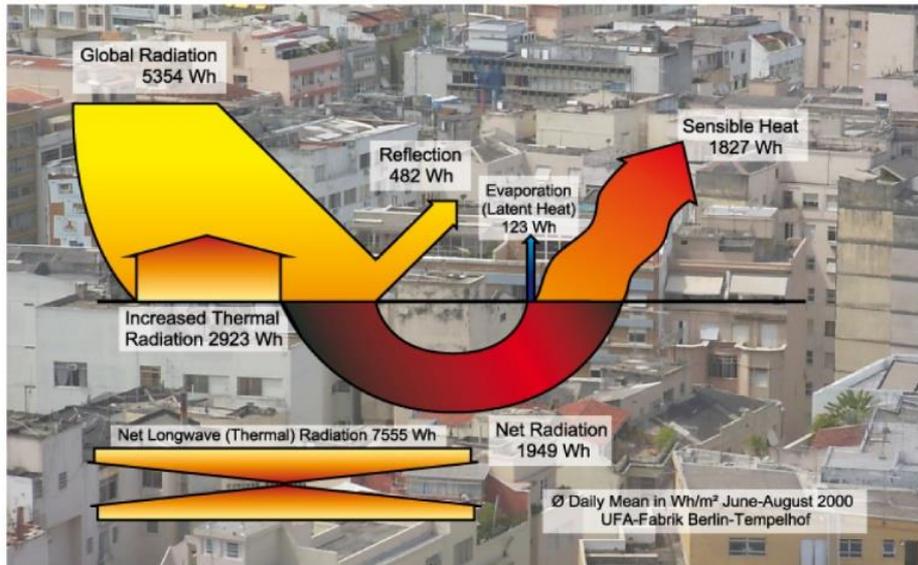
segunda cubierta frente a la radiación.

espesores, inversión térmica

### -en suelos húmedos

Conductividad, almacén de calor

Inercia térmica. Estabilizador



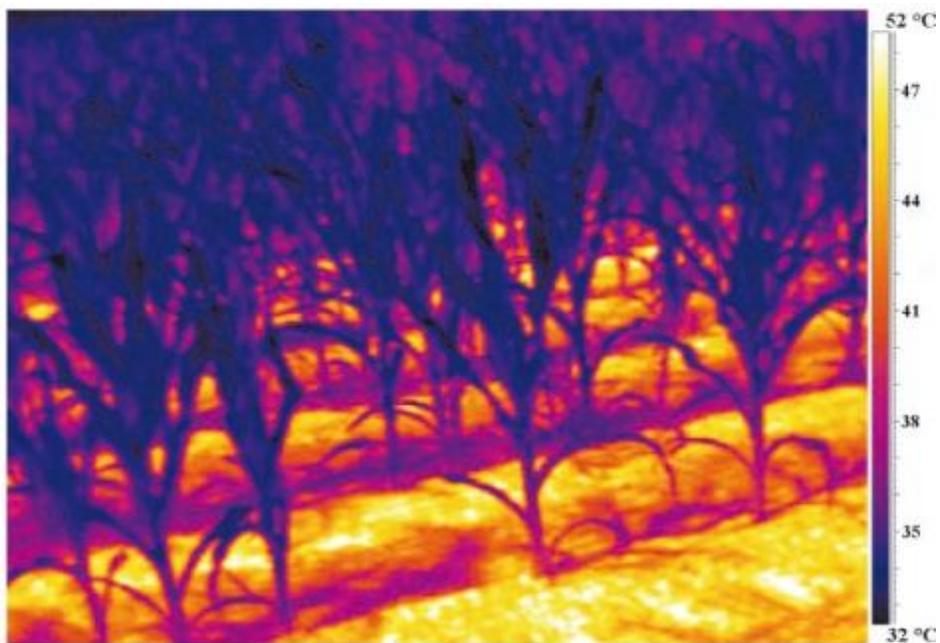


Fig. 4. Maize field and its surface temperature as seen by thermovision camera on 16 July 2010 at 14.19 GMT+1 in the vicinity of the town of Třeboň, Czech Republic.

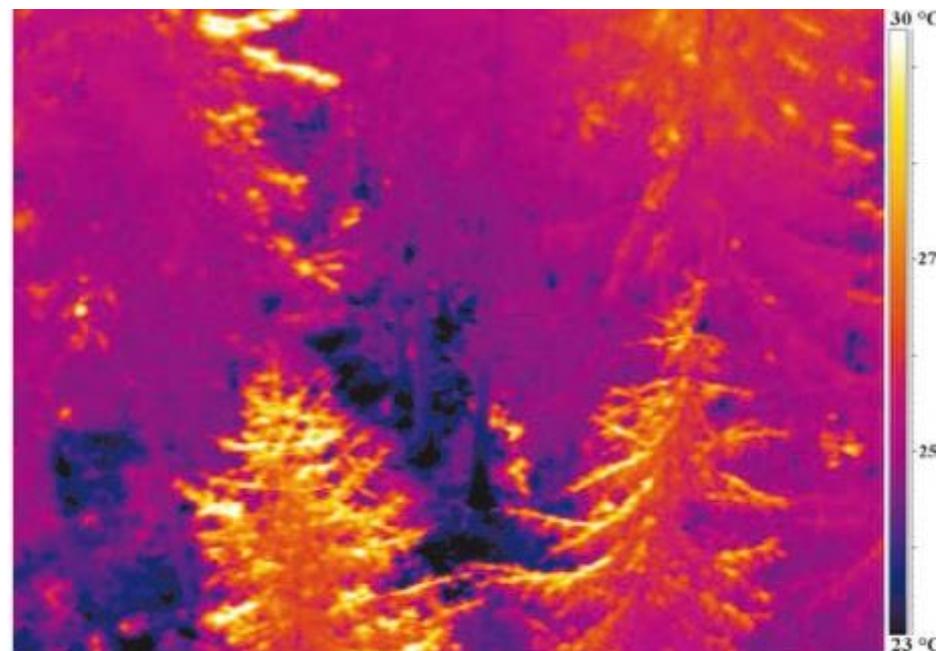
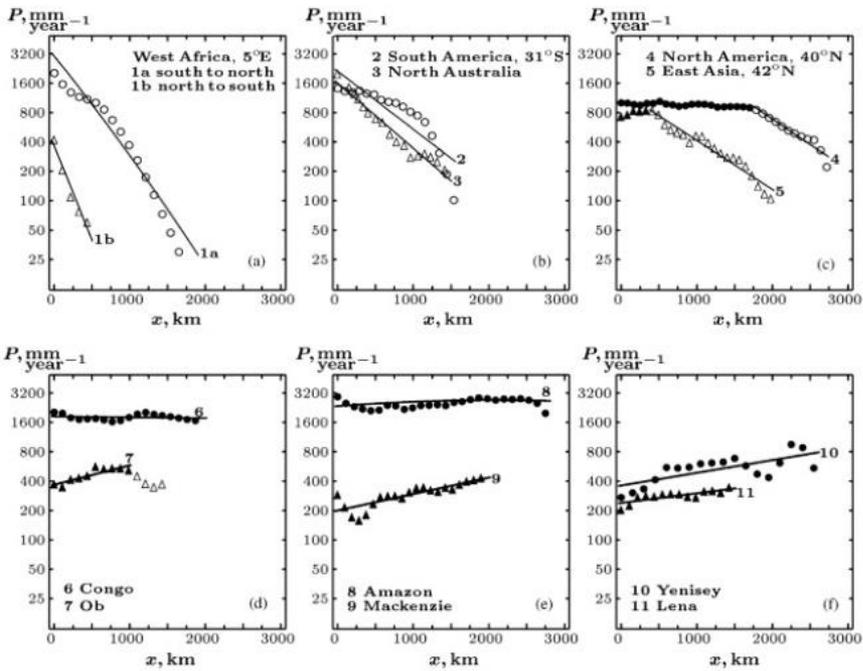


Fig. 5. Surface temperature of forest canopy as seen by thermovision camera on 13 July 2010 at 14.15 GMT+1 in Novohradské hory, Czech Republic.



Dependence of annual precipitation  $P$  (mm year<sup>-1</sup>) on distance  $x$  (km) from the ocean over non-forested territories (open symbols) and forest-covered territories (closed symbols). Regions are numbered as in Table 1, where parameters

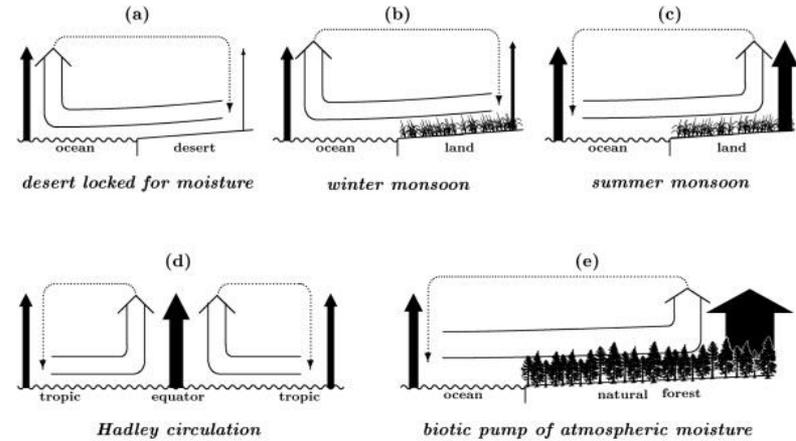
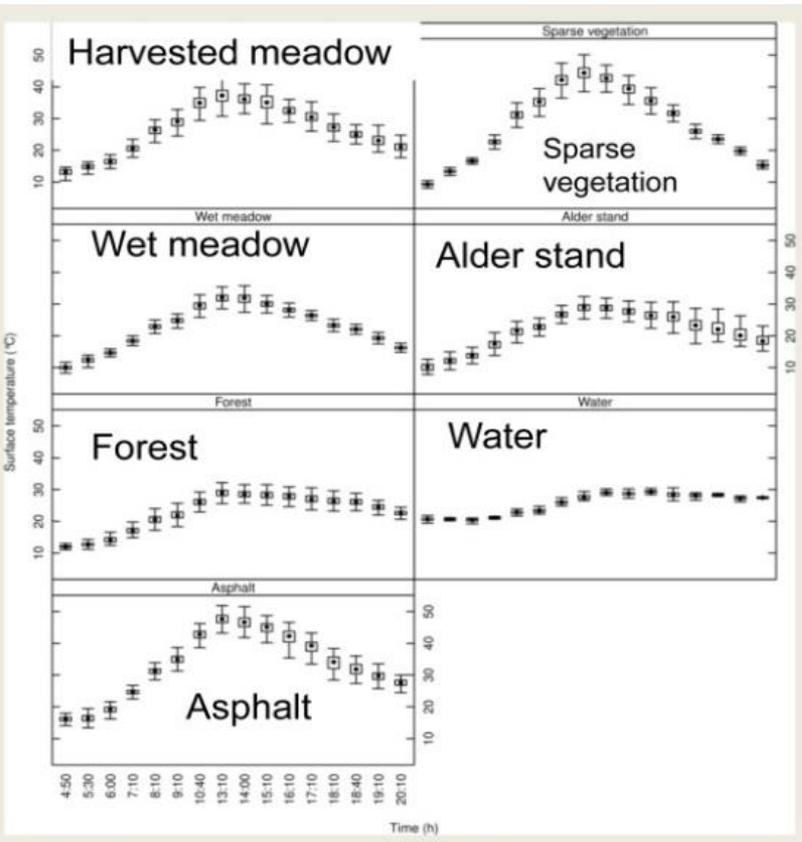


Fig. 4. The physical principle that the low-level air moves from areas with weak evaporation to areas with more intensive evaporation provides clues for the observed patterns of atmospheric circulation. Black arrows: evaporation flux, arrow width schematically indicates the magnitude of this flux (evaporative force). Empty arrows: horizontal and ascending fluxes of moisture-laden air in the lower atmosphere. Dotted arrows: compensating horizontal and descending air fluxes in the upper atmosphere; after condensation of water vapor and precipitation they are depleted of moisture. (a) Deserts: evaporation on land is close to zero, so the low-level air moves from land to the ocean year round, thus "locking" desert for moisture. (b) Winter monsoon: evaporation from the warmer oceanic surface is larger than evaporation from the colder land surface; the low-level air moves from land to the ocean. (c) Summer monsoon: evaporation from the warmer land surface is larger than evaporation from the colder oceanic surface; the low-level air moves from ocean to land. (d) Hadley circulation (trade winds): evaporation is more intensive on the equator, where the solar flux is larger than in the higher latitudes; low-level air moves towards the equator year round; seasonal displacements of the convergence zone follow the displacement of the area with maximum insolation. (e) Biotic pump of atmospheric moisture: evaporation fluxes regulated by natural forests exceed oceanic evaporation fluxes to the degree when the arising ocean-to-land fluxes of moist air become large enough to compensate losses of water to runoff in the entire river basin year round.



**Table** Mean surface temperature ( $T_s$ ) characteristics measured by the thermal camera from 4:50 to 20:10 in sixteen scanning times.  $T_{min}$  temperature minimum,  $T_{max}$  temperature maximum,  $D_s$  temperature difference,  $T_{avg}$  mean temperature,  $SD_{sd}$  surface temperature variability throughout the day

Locality	$T_{min}$	$T_{max}$	$D_s$	$T_{avg}$	$SD_{sd}$
HM	9.3	44.2	34.8	28.0	10.98
WM	10.0	31.9	21.9	22.6	6.78
AS	10.1	28.9	18.8	21.7	5.95
F	12.0	29.0	17.0	22.8	5.77
SV	13.2	37.2	24.0	26.4	7.70
W	20.4	29.3	8.9	25.6	3.41
A	16.1	47.6	31.4	33.0	10.19

**Table** Differences between  $T_s$  and  $T_a$  at 2m above ground. Negative values –  $T_s$  is lower than  $T_a$ , positive (red) values –  $T_s$  is higher than  $T_a$

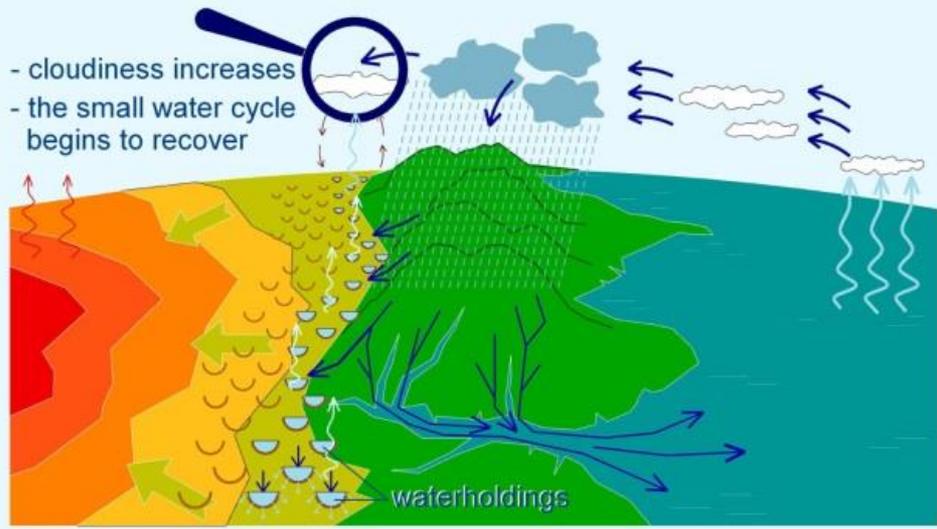
Time	Air temperature	Difference of mean surface temperature ( $T_s$ ) of the localities (remote sensing)   C						
	Mean $T_a$ at 2m   C	Harvested meadow	Wet meadow	Alder stand	Forest	Sparse vegetation	Water	Asphalt
4:50	10.5	-1.15	-0.55	-0.37	1.52	2.70	9.92	5.62
5:30	11.8	1.61	0.47	0.42	0.93	3.16	8.90	4.63
6:00	15.2	1.41	-0.61	-1.43	-0.99	1.23	5.12	3.82
7:10	18.5	4.08	-0.11	-1.29	-1.43	2.07	2.45	6.07
8:10	22.0	9.00	0.86	-0.81	-1.46	4.20	0.82	9.16
9:10	25.0	10.17	-0.14	-2.19	-2.90	3.89	-1.59	9.89
10:40	28.0	13.94	1.37	-1.36	-1.92	6.80	-2.04	14.52
13:10	30.1	14.07	1.79	-1.23	-1.13	7.13	-2.44	17.53
14:00	30.0	12.57	1.69	-1.27	-1.39	6.23	-0.86	16.63
15:10	30.7	8.51	-0.67	-3.03	-2.35	4.55	-1.96	14.19
16:10	31.0	4.58	-2.87	-4.58	-3.10	1.57	-1.62	10.95
17:10	31.1	0.51	-4.72	-5.16	-4.06	-0.50	-2.78	7.66
18:10	30.1	-4.05	-6.76	-6.72	-3.71	-2.95	-1.94	3.68
18:40	28.6	-5.08	-6.52	-6.23	-2.54	-3.57	-0.30	3.24
19:10	26.7	-6.92	-7.49	-6.29	-2.34	-3.60	0.45	2.94
20:10	20.6	-5.19	-4.33	-1.90	1.95	0.49	6.87	7.05

HM – harvested meadow, WM – wet meadow, AS – alder stand, F – forest, SV – sparse vegetation, W – water, A - asphalt

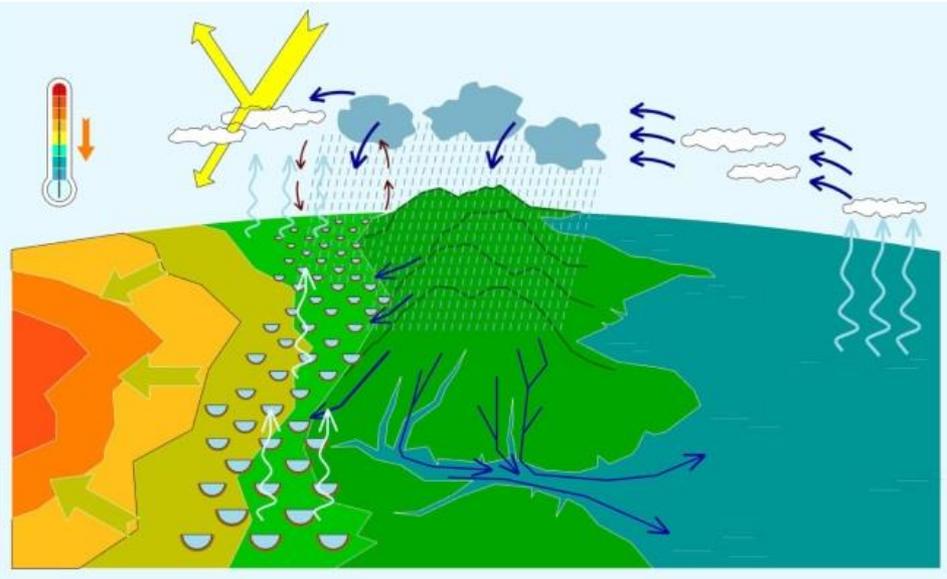
## **diseño anti dersertización a nivel de paisaje**

- retener, humedecer el suelo. Complejizar la forma del suelo, plegar
- construir sombra
- construir espesor. Inversión térmica
- fomentar la evaporación
- involucrar a los sistemas vivos, de baja energía. En la transpiración y en la depuración

- cloudiness increases  
- the small water cycle begins to recover



waterholdings



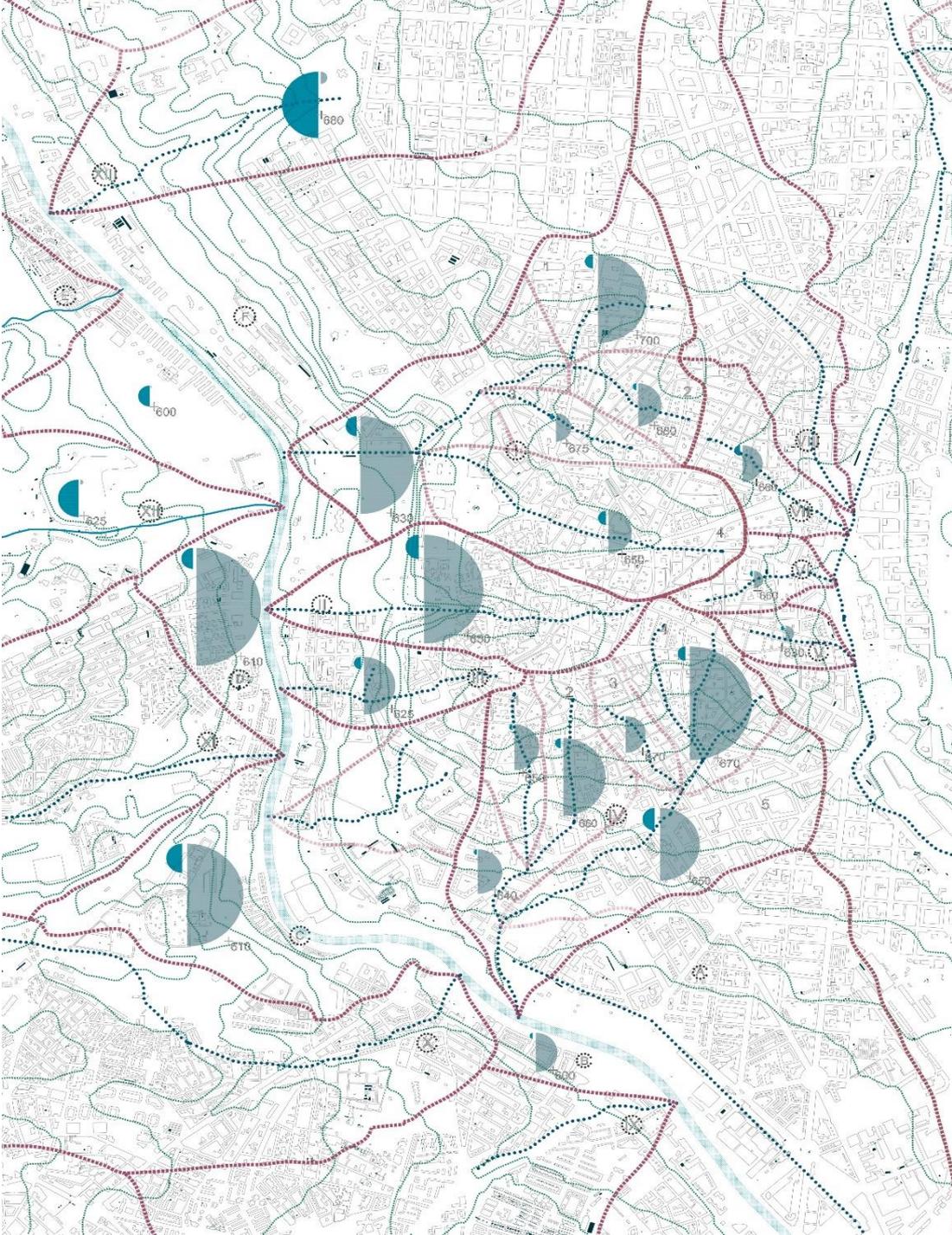
## EL DISEÑO DEL AIRE URBANO

- La forma del suelo
  - recuperar las cuencas locales
  - retener aguas pluviales y aguas grises para fomentar la evaporación:
- la cubierta verde metropolitana y otras formas de confinamiento
  - adaptable, regulable
  - cubiertas y marquesinas flotantes
  - torres de ventilación
- cuerpos evaporadores: masas de agua superficiales + masas verdes









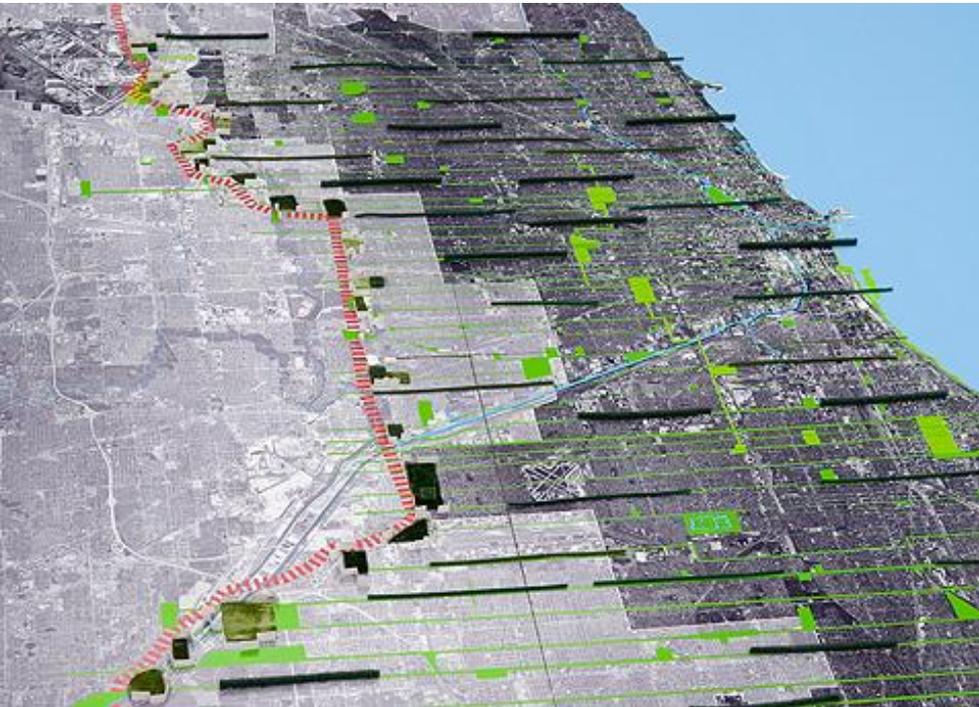
aguas grises \_ agua lluvia



**CUENCAS** I - Cuenca del Arenal: 1- vertiente oeste 2- arroyo reyes 3- arroyo 1 este 4- arroyo 2 este 5- cuenca principal / II Cuenca del Arroyo de san Pedro / III - Cuenca del Arroyo de San Francisco / IV - Cuenca del Arroyo de Embajadores / IV - Cuenca del Arroyo Valencia/embajadores: 1 -Ribera de Curtidores 2-primera cuenca del Arroyo Embajadores 3- vertiente este 4-vertiente este del Arroyo de Valencia / V - Cuenca del Arroyo Huertas / VI - Cuenca del Arroyo Prado / VII - Cuenca del Arroyo Infantas / VIII - Cuenca del Arroyo Barquillo / IX - Cuenca del Arroyo de Santa Maria de la Cabeza / XI - Cuenca del Arroyo Aluche / XII - Cuenca del Arroyo de Meaques / XIII - Cuenca del Arroyo de San Bernardino

**VERTIENTES** A - Legazpi/Delicias B - Usera C - San Isidro D - Latina E - Casa de campo F - Arguelles





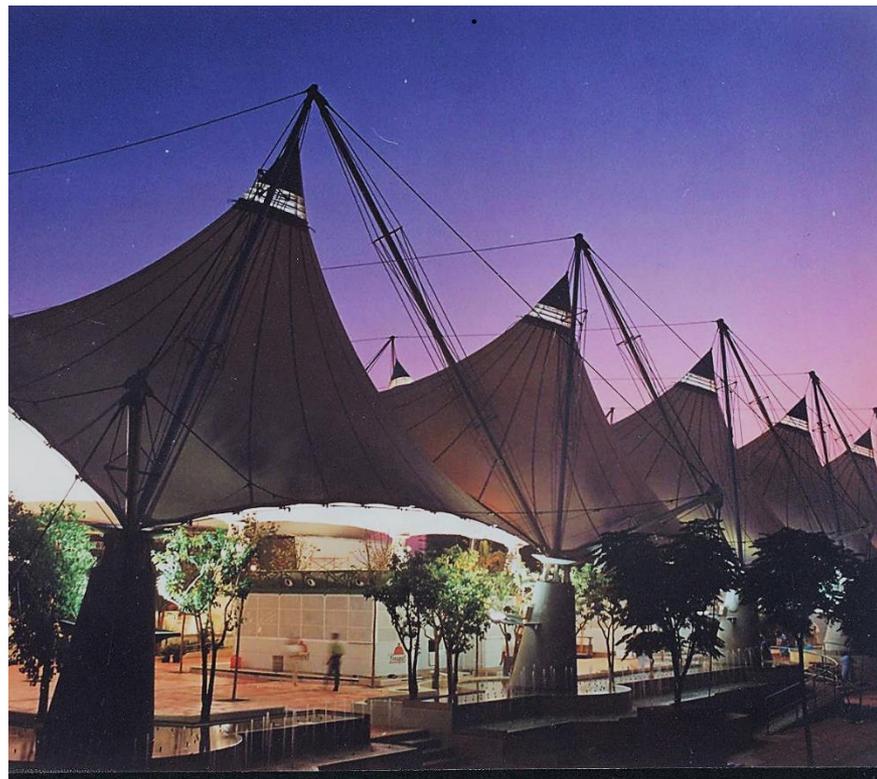


#### *4. referentes contemporáneos:*

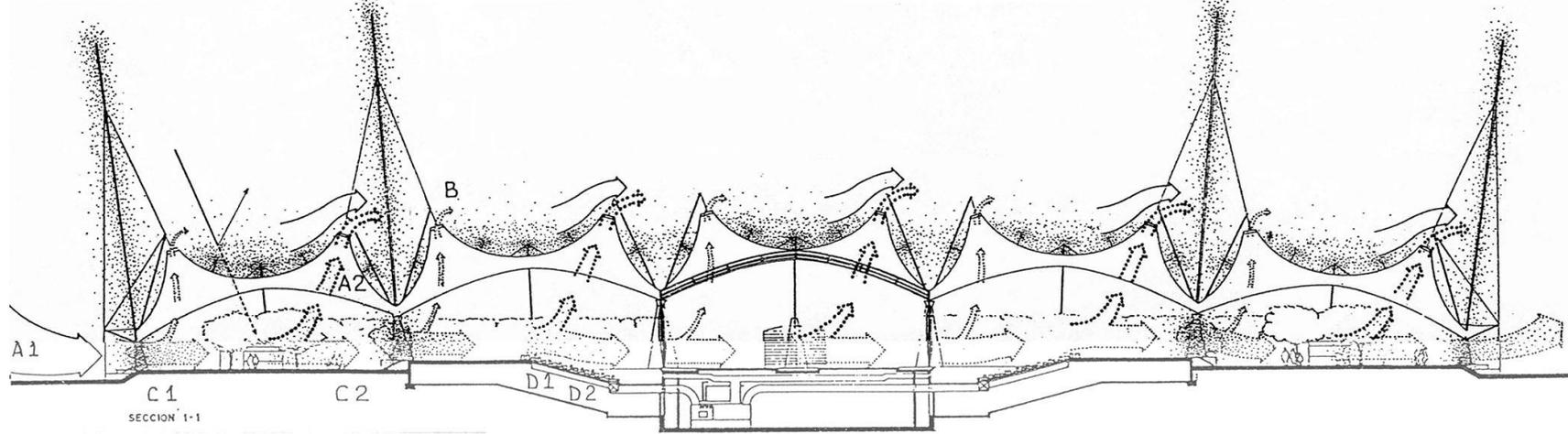
*La Expo universal de Sevilla en 1992 incorporó ingeniería contemporánea a estos principios, logrando climatizar espacios semi-extteriores para su uso en verano. Las mediciones registradas aportan datos precisos sobre la eficiencia de las soluciones*



Avenida Europa EXPO 92 SEVILLA



El Palenque EXPO 92 SEVILLA



### PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS

- Masa inercia térmica en el zócalo de hormigón
- Cubierta parasol
- Orientación aprovechando brisas locales
- Evacuación de aire caliente según forma cubierta
- Surtidores de agua en fachadas
- Vaporización interior
- Riego exterior de la cobertura

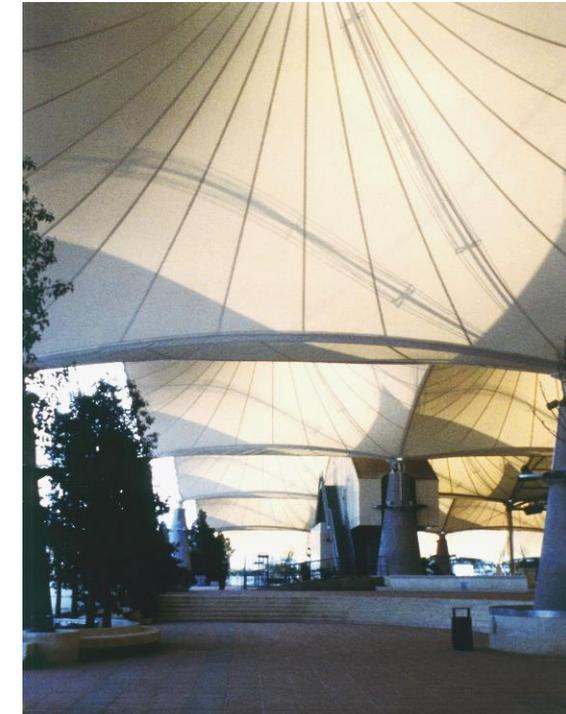
### RESULTADOS

- Reducción de temperatura del aire interior
- Reducción de la temperatura de la cobertura, que se convierte en superficie radiante fría
- Almacenaje de calor en el zócalo

**Entrada en área de confort sin aire acondicionado**

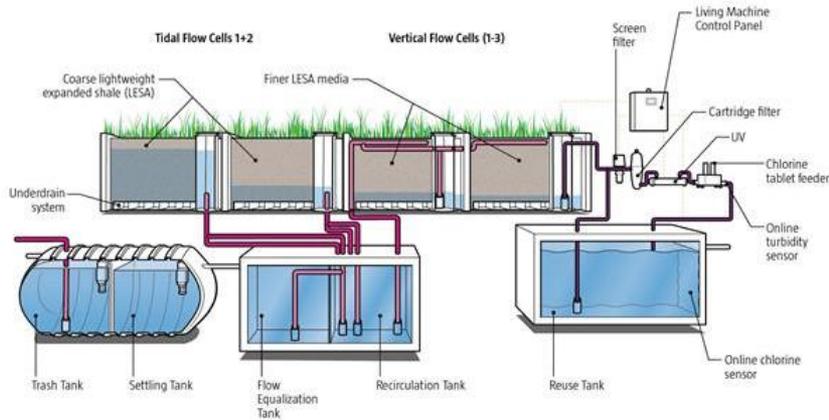
El Palenque EXPO 92 SEVILLA  
Sección y foto del interior

Es un proyecto en el que convergen muchas de las soluciones experimentadas en la Expo



## 5. referentes contemporáneos:

# 2- DEPURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS



*La depuración de agua in situ permite reducir el coste de materia y de energía para climatizar los espacios*

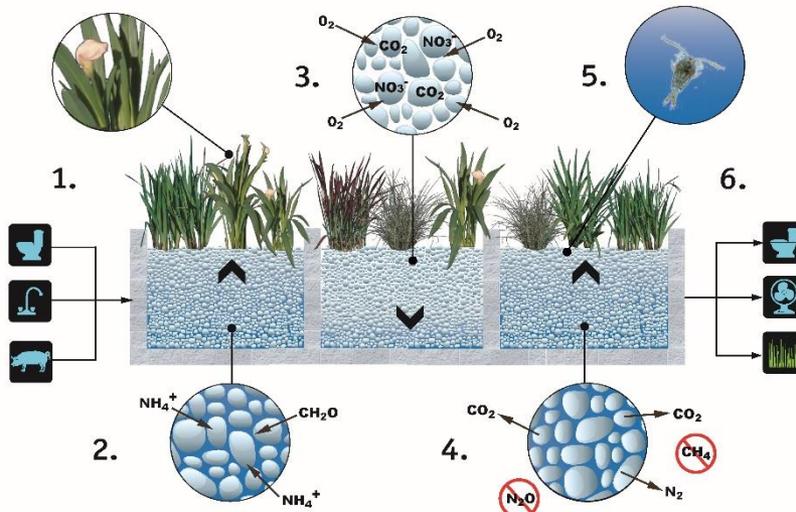
### ECOSISTEMAS ACTIVADOS MECANICAMENTE

-separación inicial tanque primario conectado a bajante

-fase secundaria: acción plantas/sustrato filtrante activado mecánicamente con bombeo

-fase terciaria: agua apta para riego y refrigeración

-rendimiento 3m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> de agua depurada y 8kwh



~ Soluciones alternativas:  
con mayor coste energético y sin plantas



*los objetivos:*

# **CONFORT+ SOSTENIBILIDAD+ DISEÑO**

**espacios semi-exteriores  
climatizados  
mínimo consumo de agua y  
de energía**

Aprovechamiento durante todo el año  
de exteriores disponibles, que  
requieren  
mas calor en invierno y mas frío en  
verano

*Los instrumentos:*

## **FORMAS EFICIENTES**

Diseño de geometrías capaces de controlar las calidades y el movimiento del aire mediante modelización tridimensional de sólidos y de fluidos

## **BIOTECNOLOGÍA: MATERIALES DE BAJA ENERGÍA**

Sombras dinámicas

Agua vaporizada

Vegetación refrigeradora y depuradora

# EL OBSERVATORIO DE NUBES

Proyecto construido para  
Terraza-restaurante  
Exposición Casadecor 2015

Localización:  
Barrio de Malasaña, Madrid  
Superficie: 350m<sup>2</sup> aprox.  
Programa: restaurante 60 pax  
lounge

Criterios principales:

## 1. Control de la radiación solar:

Soleamiento, sombras y absorción de calor

## 2. Diseño de los movimientos del aire:

Vientos, forma de las cubiertas, vaporización

## 3. Gestión del agua:

### Depuración

Reutilización de lluvia y grises

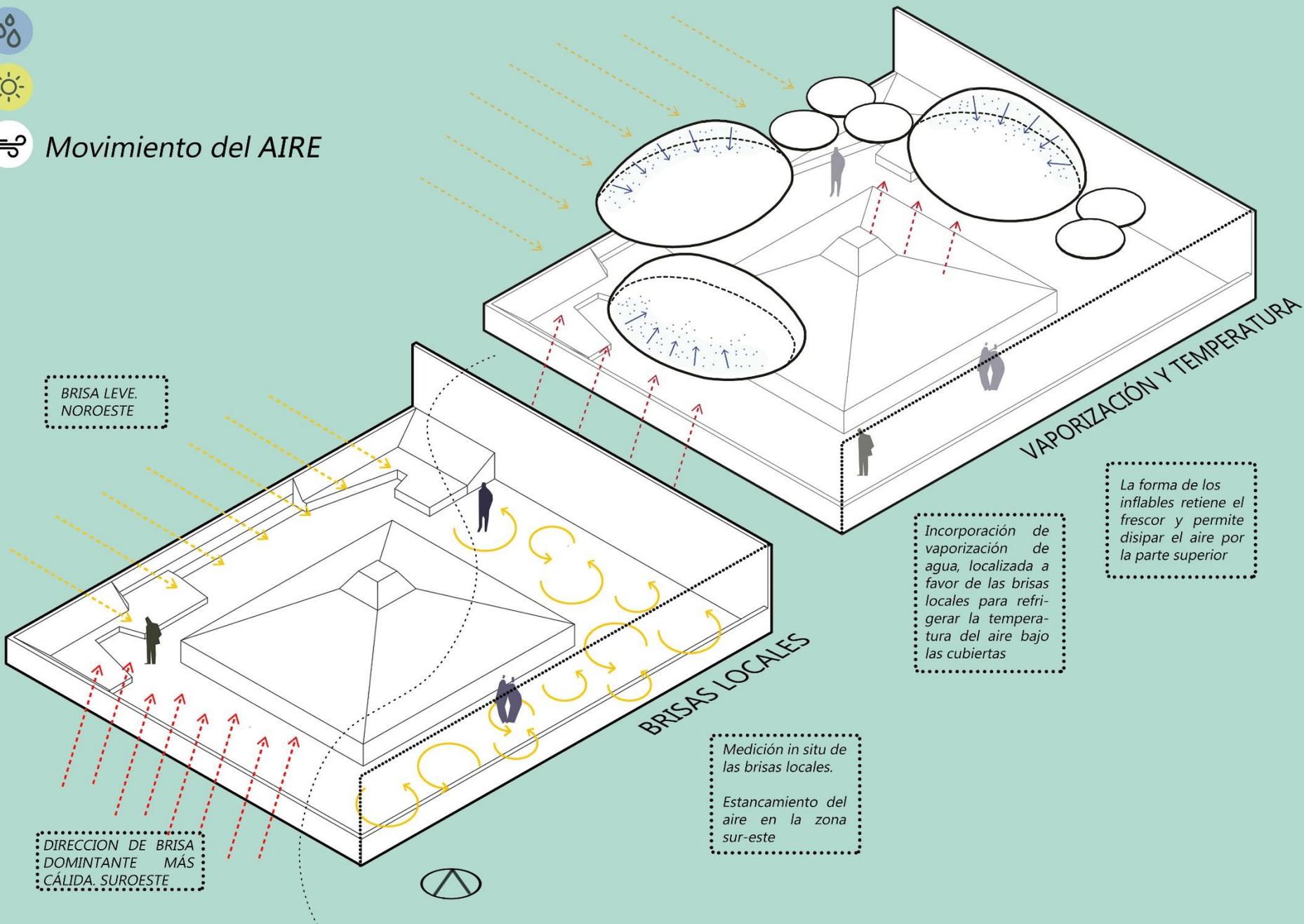
## 4. Organización de la Vegetación

transpiración y sombras xéricas





# Movimiento del AIRE



BRISA LEVE.  
NOROESTE

DIRECCION DE BRISA  
DOMINANTE MÁS  
CÁLIDA. SUROESTE

BRISAS LOCALES

VAPORIZACIÓN Y TEMPERATURA

Incorporación de vaporización de agua, localizada a favor de las brisas locales para refrigerar la temperatura del aire bajo las cubiertas

La forma de los inflables retiene el frescor y permite disipar el aire por la parte superior

Medición in situ de las brisas locales.  
Estancamiento del aire en la zona sur-este



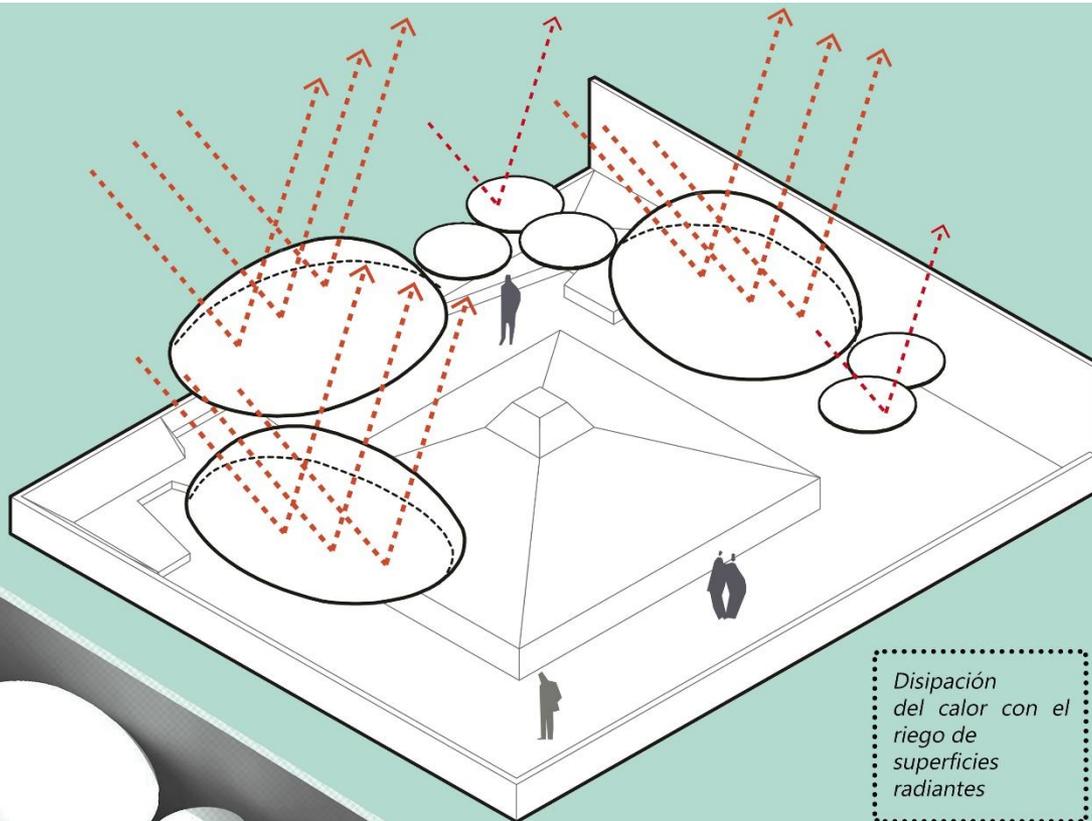


## Radiación SOLAR



Incorporación de sombra:

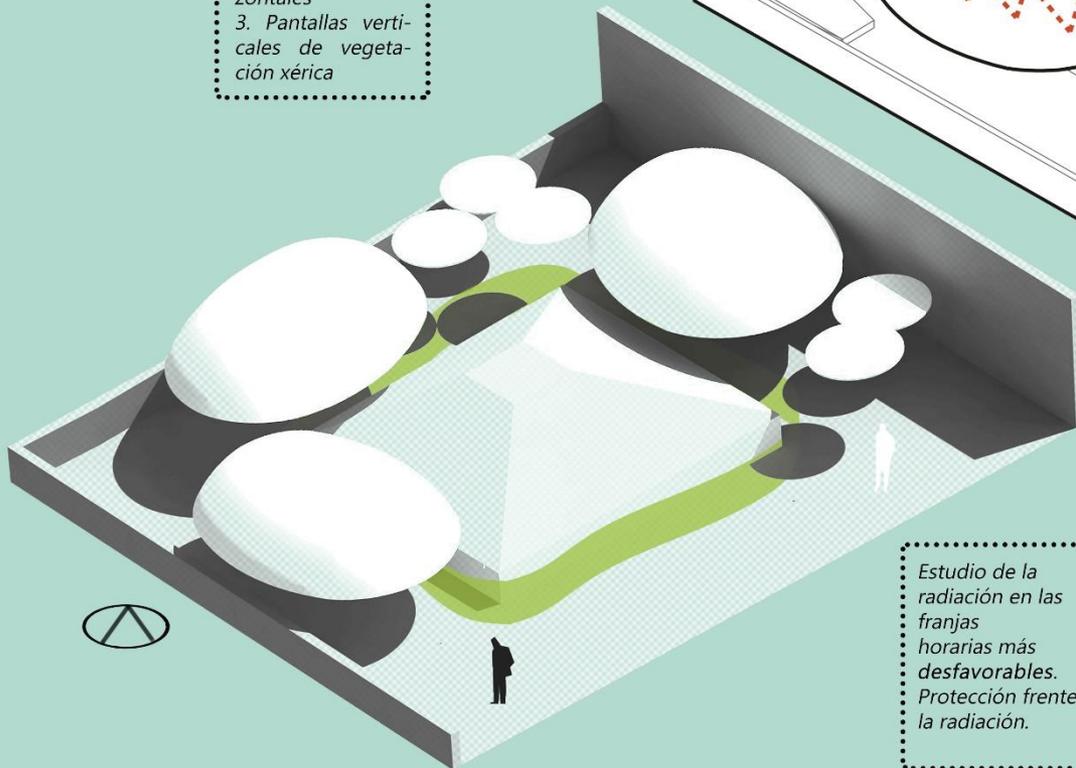
1. Cúpulas
2. Formas horizontales
3. Pantallas verticales de vegetación xérica



Disipación del calor con el riego de superficies radiantes

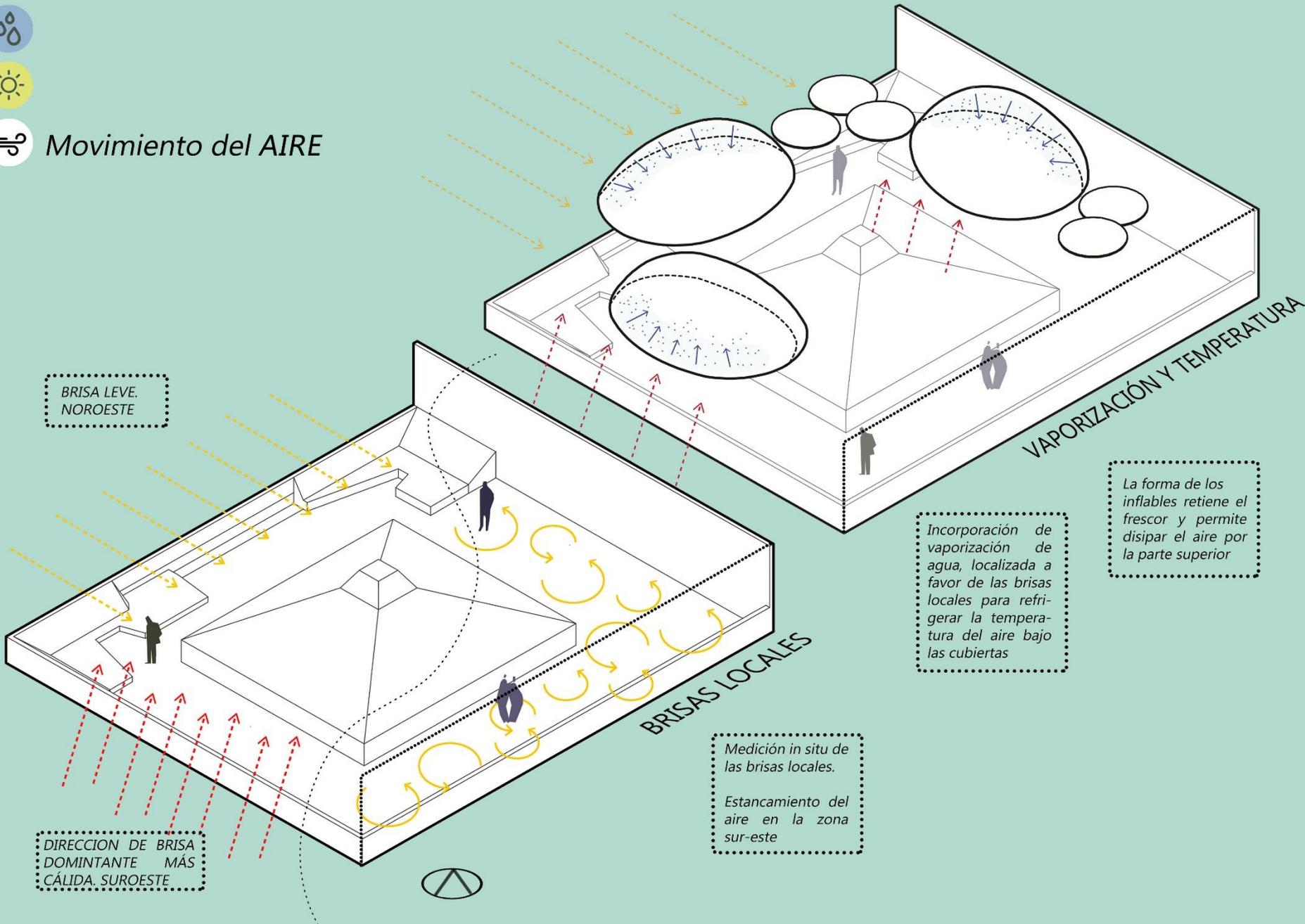
🕒 12.00 am

Estudio de la radiación en las franjas horarias más desfavorables. Protección frente a la radiación.





# Movimiento del AIRE



BRISA LEVE.  
NOROESTE

DIRECCION DE BRISA  
DOMINANTE MÁS  
CÁLIDA. SUROESTE

BRISAS LOCALES

VAPORIZACIÓN Y TEMPERATURA

Incorporación de vaporización de agua, localizada a favor de las brisas locales para refrigerar la temperatura del aire bajo las cubiertas

La forma de los inflables retiene el frescor y permite disipar el aire por la parte superior

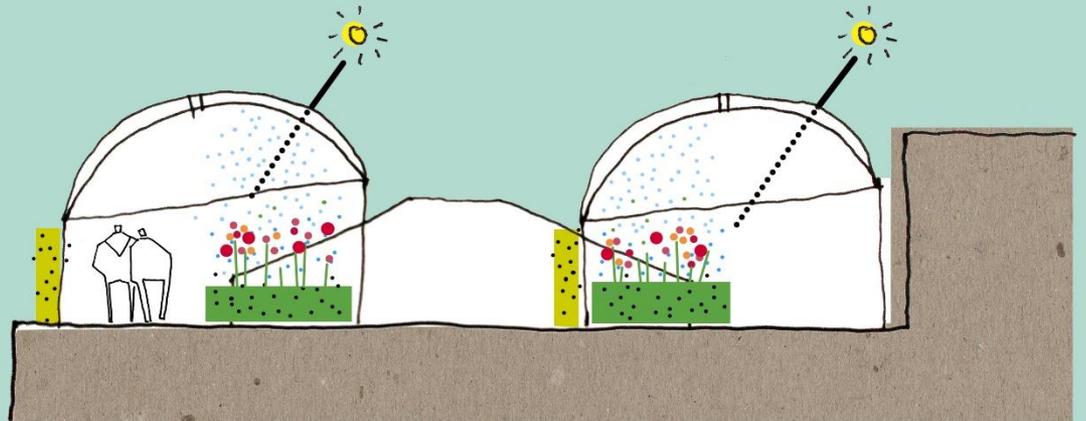
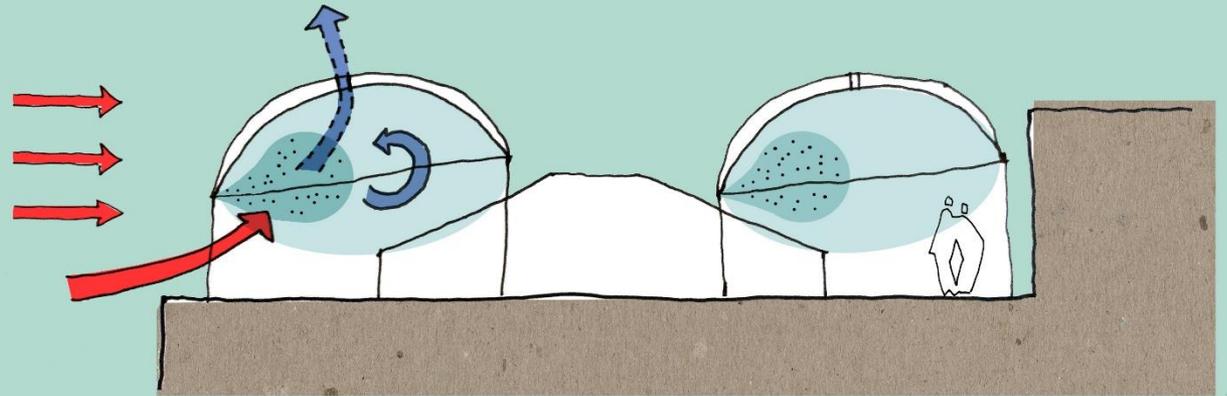
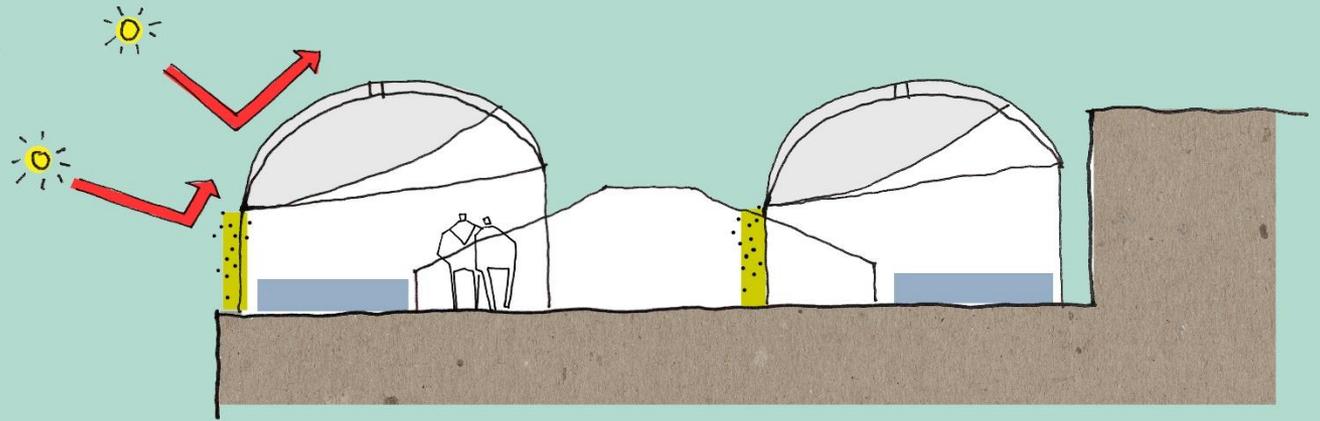
Medición in situ de las brisas locales.  
Estancamiento del aire en la zona sur-este



 Recuperación del AGUA

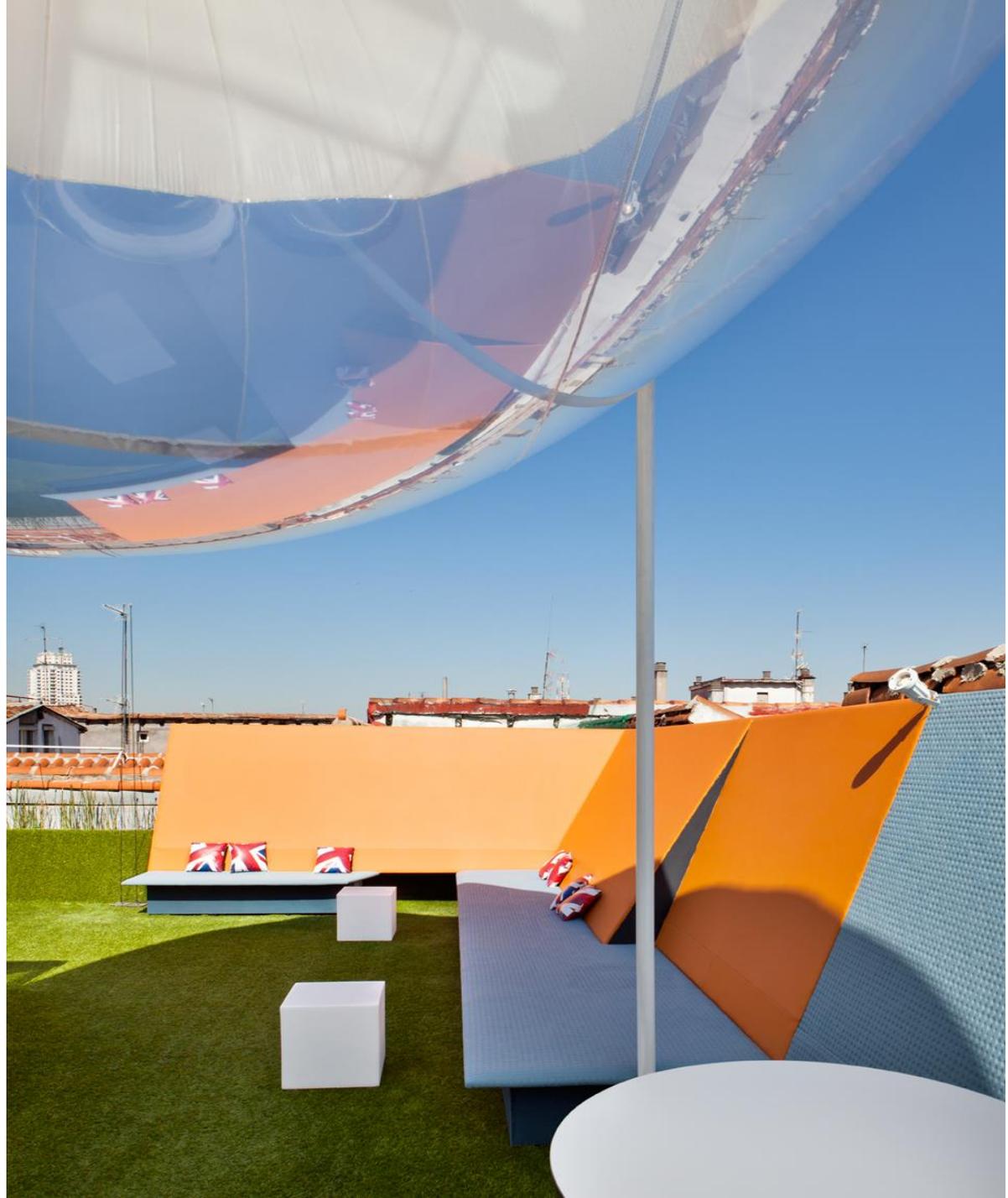
 Radiación SOLAR

 Movimiento del AIRE

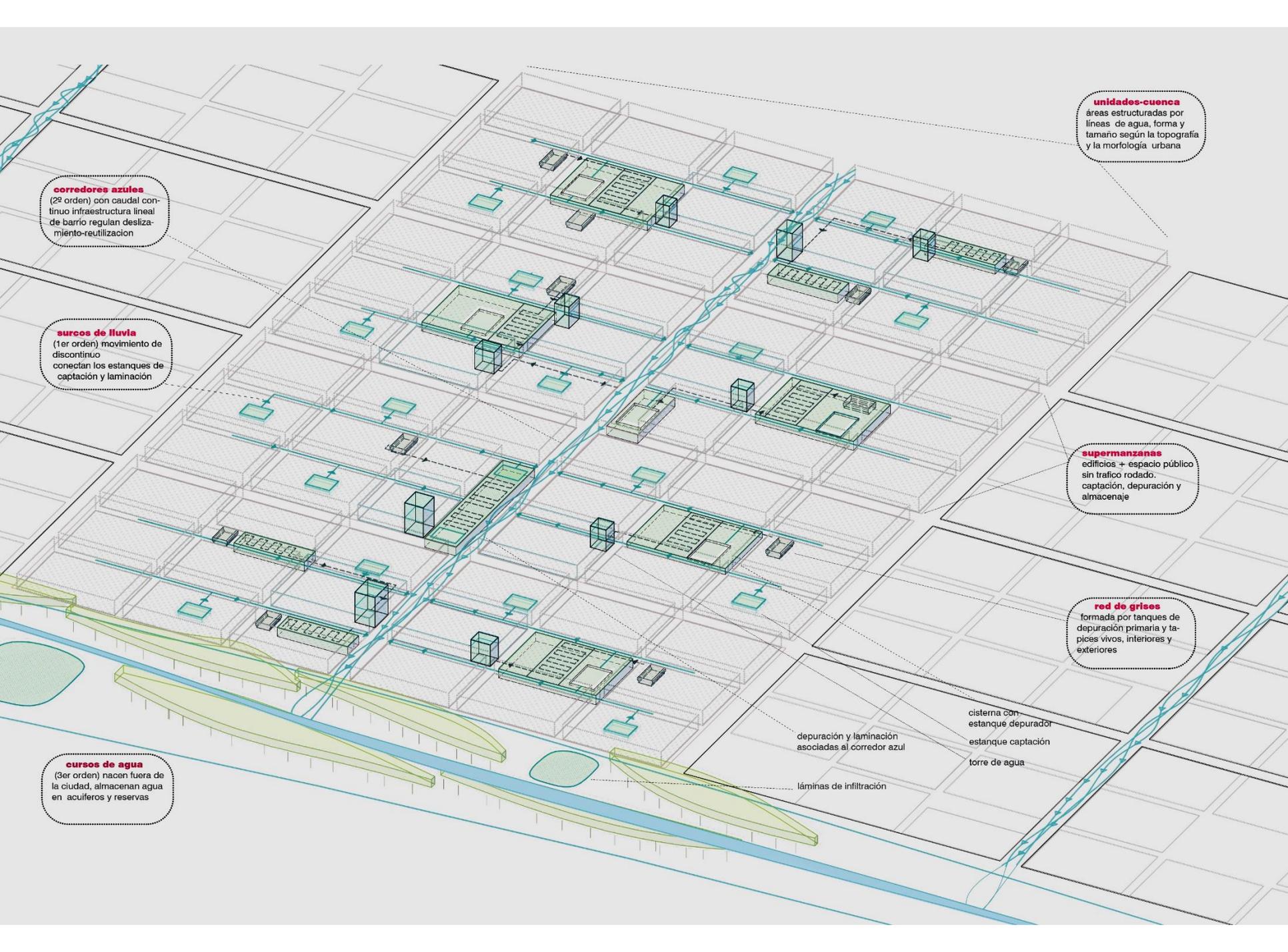












**corredores azules**  
(2º orden) con caudal continuo infraestructura lineal de barrio regulan deslizamiento-reutilización

**surcos de lluvia**  
(1er orden) movimiento de discontinuo conectan los estanques de captación y laminación

**cursos de agua**  
(3er orden) nacen fuera de la ciudad, almacenan agua en acuíferos y reservas

**unidades-cuenca**  
áreas estructuradas por líneas de agua, forma y tamaño según la topografía y la morfología urbana

**supermanzanas**  
edificios + espacio público sin tráfico rodado. captación, depuración y almacenaje

**red de grises**  
formada por tanques de depuración primaria y tapices vivos, interiores y exteriores

depuración y laminación asociadas al corredor azul

láminas de infiltración

cisterna con estanque depurador  
estanque captación  
torre de agua

# **ESQUEMA DE ORGANIZACIÓN URBANA**

## **1-Islas-oasis**

sombra, confinamiento y humedad

Patios y plazas azules

## **2-Corredores de aire**

canalización del aire fresco exterior

vegetación de ribera en las cuencas locales local

## **3-Perímetros de sol y máxima ventilación**

coincidentes con las vías de tráfico rodado

invernaderos depuradores: cubiertas y fachadas

**MUCHAS GRACIAS POR TU ATENCIÓN**

**Reutilización de aguas grises para combatir  
la isla de calor**

**OASIS URBANOS: espacios semi-exterieores  
climatizados**

**CAROLINA GONZALEZ VIVES, doctor arquitecto.**

**[www.gonzalezvives.eu](http://www.gonzalezvives.eu)**

**cgonzalezvives@gmail.com**

# ¡GRACIAS!

Reutilización de aguas grises para  
combatir la isla de calor  
**OASIS URBANOS: espacios semi-  
exteriores climatizados**

CAROLINA GONZALEZ VIVES, doctor  
arquitecto.

[www.gonzalezvives.eu](http://www.gonzalezvives.eu)

[cgonzalezvives@gmail.com](mailto:cgonzalezvives@gmail.com)

