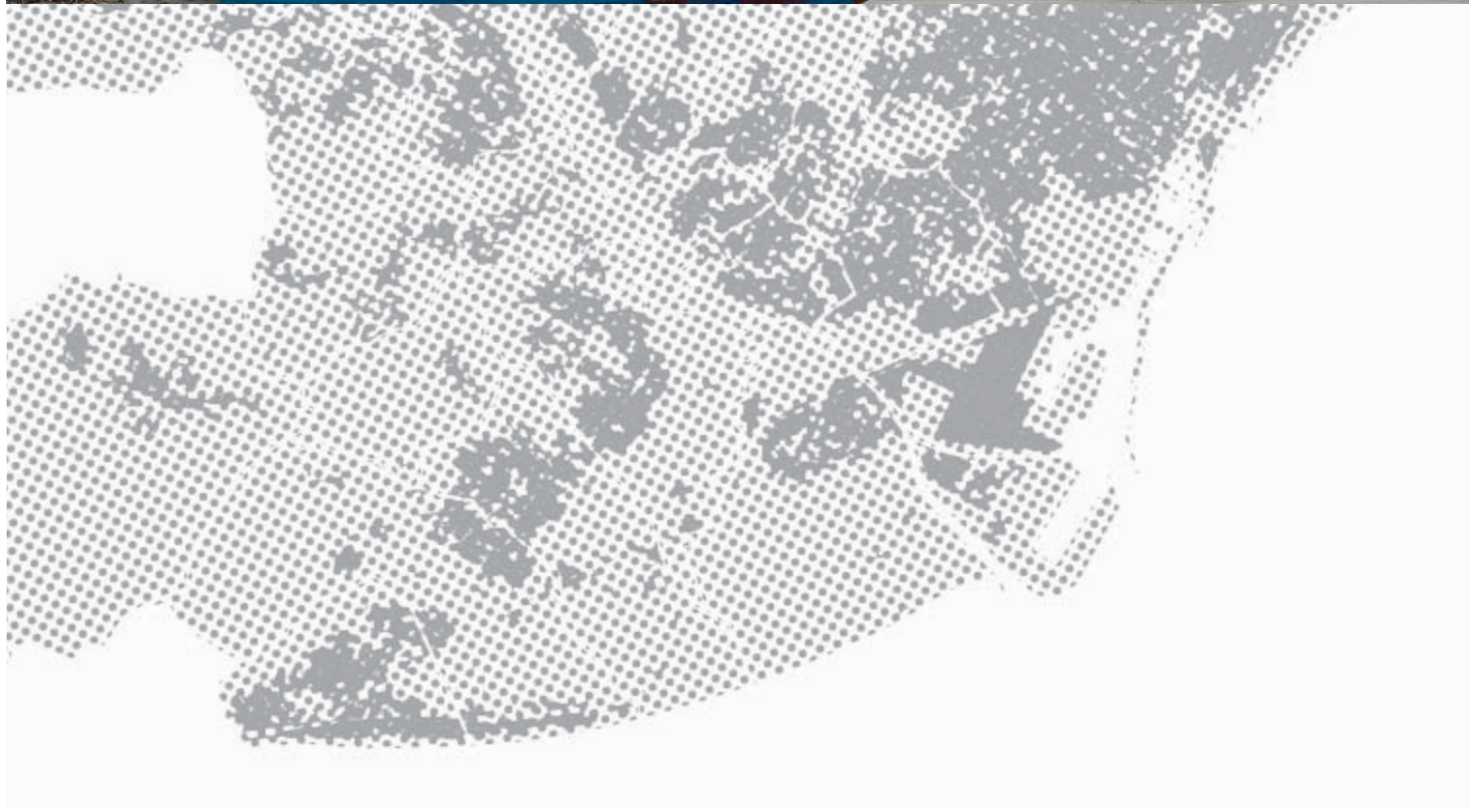


PSAMB 2014-2020

# ANÀLISI DE LA PROBLEMÀTICA I ELS EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC A L'AMB



Treball elaborat:

Direcció de Serveis Ambientals de l'AMB

 **AMB** Medi Ambient

Direcció:

Direcció de Serveis Ambientals de l'AMB - Barcelona Regional

 **AMB** Medi Ambient



Redacció:

Barcelona Regional





BARCELONA  
REGIONAL  
AGÈNCIA  
DESENVOLUPAMENT  
URBÀ



## **PLA DE SOSTENIBILITAT DE L'ÀMB. Canvi Climàtic**

Maig 2013



Àrea Metropolitana  
de Barcelona

CLIENT

---



AMB

Àrea Metropolitana  
de Barcelona

REDACCIÓ

---



BARCELONA  
REGIONAL  
AGÈNCIA  
DESENVOLUPAMENT  
URBÀ

CARRER 60, 25-27.  
EDIFICI Z, PLANTA 2  
SECTOR A, ZONA FRANCA  
08040 BARCELONA  
T 932 237 400  
F 932 237 414

[www.bcnregional.com](http://www.bcnregional.com)  
[br@bcnregional.com](mailto:br@bcnregional.com)

COORDINACIÓ

---

Marc Montlleó, *Director de Projectes Ambientals*

COL-LABORACIÓ

---

Jacob Cirera, *Ambientòleg*  
Gemma Conde, *Ambientòloga*  
Itzel Sanromà, *Ambientòloga*

i l'equip tècnic i administratiu de Barcelona Regional

© 2013, BARCELONA REGIONAL

# ÍNDEX

<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>5</b>
<b>2. EL CANVI CLIMÀTIC</b> .....	<b>6</b>
<b>3. EL CANVI CLIMÀTIC A L'ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA: PRESENT, TENDÈNCIES I PROJECCIONS</b> .....	<b>7</b>
<b>4. IMPACTES I VULNERABILITATS DEL TERRITORI METROPOLITÀ ASSOCIATS AL CANVI CLIMÀTIC</b> .....	<b>13</b>
4.1. Riscos associats al clima .....	13
4.2. Cicle de l'aigua .....	22
4.3. Sensibilitat del litoral de Barcelona platges i obres .....	25
4.4. Ecosistemes terrestres .....	28
4.5. El litoral i els ecosistemes marins.....	31
4.6. Sistema urbà .....	38
4.7. Agronomia del verd urbà.....	45
4.8. Salut de la població.....	50
4.9. Turisme.....	53
<b>5. COMENTARIS PRINCIPALS DE LA JORNADA</b> .....	<b>56</b>
<b>6. CLOENDA</b> .....	<b>58</b>



## 1. INTRODUCCIÓ

El canvi climàtic és un dels temes ambientals que es tracten de manera sectorial en el marc del Pla de Sostenibilitat de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB). Això respon al reconeixement de la importància d'aquest fenomen a nivell global i de la contribució que ciutats i àrees metropolitanes hi tenen al respecte com a principals emissores de gasos d'efecte hivernacle, així com a la voluntat i compromís de la institució de l'ÀMB de considerar els aspectes ambientals i de sostenibilitat actuals i de futur en el desenvolupament de la seva activitat.

A nivell internacional, l'IPCC fa anys que està treballant en l'estudi del canvi climàtic, i a nivell de Catalunya hi ha també un grup d'experts que estudia l'afectació d'aquest fenomen al nostre territori. d'aquí han sorgit el Primer i Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, principals documents de referència en aquest àmbit.

El treball de l'ÀMB en relació al canvi climàtic s'inicia amb la realització d'un *Workshop* amb el grup d'experts del canvi climàtic de Catalunya i els tècnics de l'ÀMB el dia 22/02/2013 sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità.

En aquest *Workshop* es presenten els aspectes més rellevants a la AMB en 10 ponències:

- Riscos naturals i resiliència a l'Àrea Metropolitana de Barcelona en el segle XXI: Augment o disminució? - Maria del Carme Llasat, Departament d'Astronomia i Meteorologia UB
- Estratègies per a mantenir els atractius turístics de l'espai metropolità davant el canvi climàtic: Algunes reflexions inicials - David Saurí i Joan Carles Llurdés, Departament de Geografia UAB
- Sensibilitat del litoral metropolità de Barcelona (platges i obres) front l'augment del nivell mig del mar i les tempestes: – Agustín Sánchez Arcilla. Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM/UPC), Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners (CIIRC), E. T. S. d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCP) Universitat Politècnica de Catalunya-Barcelona Tech (UPC)
- Models de gestió i tria d'espècies vegetals als boscos urbans, parcs i jardins en un context d'escassetat hídrica progressiva – Carles Gràcia, Departament d'Ecologia UB – CREAF
- Vulnerabilitat de les infraestructures verdes urbanes i periurbanes als efectes del canvi climàtic – Jaume Terrades, CREAF – UAB
- *El reforzamiento de la 'isla de calor' urbana con el cambio climático en el área metropolitana* – Javier Martín-Vide, Grup de Climatologia UB
- Interacció entre els episodis d'ona de calor i la contaminació atmosfèrica sobre la salut en un context de canvi climàtic a l'àrea metropolitana – Marc Saez, GRECS – CIBERESP
- Canvi climàtic i abastament d'aigua a Barcelona – Josep Mas-Pla, GEOCAMB
- Agronomia del verd urbà: una de les aplicacions de l'ecofisiologia – Robert Sabé, IRTA

- Efectes sobre les comunitats biològiques costaneres de l'àmbit metropolità – Rafel Simó i Marta Estrada, CSIC
- L'Estratègia Catalana d'Adaptació al Canvi Climàtic (ESCACC): Una visió per a l'Àrea Metropolitana de Barcelona – Gabriel Borràs, OCCC

El present document, estructurat per temàtiques, explica fonamentalment el contingut de les presentacions que es van realitzar en el *Workshop*, encara que alguns aspectes han estat tractats amb una mica més de profunditat per donar coherència al propi document.

Al marge d'això, l'elaboració del present document permet identificar alguns aspectes que en aquest *Workshop* no es van tractar, i per tant, no s'expliquen en aquest document, que caldrà tractar més endavant continuant amb el treball iniciat sobre el canvi climàtic a la AMB, com és per exemple el cas de les infraestructures o altres aspectes relacionats amb la salut més enllà de l'efecte de les onades de calor, aspectes energètics, el transport, altres aspectes relacionats amb el cicle de l'aigua més enllà de l'abastament, emissions de CO<sub>2</sub>, mitigació d'emissions de Gasos d'Efecte Hivernacle, adaptació o la resiliència front el canvi climàtic del territori metropolità, etc.

## 2. EL CANVI CLIMÀTIC

Les ciutats i per extensió la seves àrees metropolitanes contribueixen de forma notable a l'escalfament global. A nivell mundial les ciutats consumeixen el 75% de l'energia i són responsables del 80% de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, tenint alhora una gran responsabilitat en aquest procés però al mateix temps tenint l'oportunitat d'esdevenir una part clau de la solució.

L'escalfament de l'atmosfera per l'augment de la concentració de gasos amb efecte d'hivernacle és una realitat. Arreu, la concentració de gasos amb efecte d'hivernacle l'atmosfera (especialment el CO<sub>2</sub>) està augmentant i per anàlisis isotòpiques es pot afirmar que una bona part es deu a les activitats humanes entre les que destaca l'ús dels combustibles fòssils.

L'últim informe de l'IPCC (2007), exposa que una de les zones de la Terra més vulnerables al canvi climàtic seria la zona Mediterrània. En aquesta zona es projecta segons els models un augment de la temperatura mitjana superior al valor mitjà projectat per al conjunt del planeta, així com una disminució de la precipitació. Concretament, s'espera que al Sud d'Europa empitjorin les condicions ambientals (temperatures més altes i més seques) en una regió ja vulnerable a la variabilitat climàtica.

Per als extrems hídrics (inundacions i seques), l'informe de l'IPCC apunta cap a un augment en la variància de la precipitació a causa de l'escalfament global. És a dir, un augment tant en els episodis de precipitacions intenses com de les seques. Aquest fet, juntament amb la reducció en la precipitació, provocaria a més una reducció del 20-40% en la disponibilitat dels recursos hídrics de la zona mediterrània.

En conseqüència, es reduiria el potencial de generació hidroelèctrica, el turisme d'estiu i, en general, el rendiment dels cultius. S'espera, a més a més, l'augment de riscos per a la salut humana a causa d'una major freqüència d'onades de calor i incendis forestals. Paral·lelament, es preveu per a tot el conjunt d'Europa un augment del risc d'inundació a l'interior, inundacions costaneres més freqüents i un augment de l'erosió (a causa dels temporals i de l'augment del nivell del mar). La majoria dels ecosistemes i organismes s'adaptarien amb cert grau de dificultat al Canvi Climàtic<sup>1</sup>.

### 3. EL CANVI CLIMÀTIC A L'ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA: PRESENT, TENDÈNCIES I PROJECCIONS

L'àrea metropolitana de Barcelona té un clima mediterrani litoral, caracteritzat per una pluviometria mitjana de 550-700 mm a l'any, amb un règim pluviomètric estacional amb màxims a la tardor, amb una temperatura mitja anual de 14,5-16,5 °C i amb una amplitud tèrmica mitjana anual de 14-15 °C (Martin Vide, 1992).

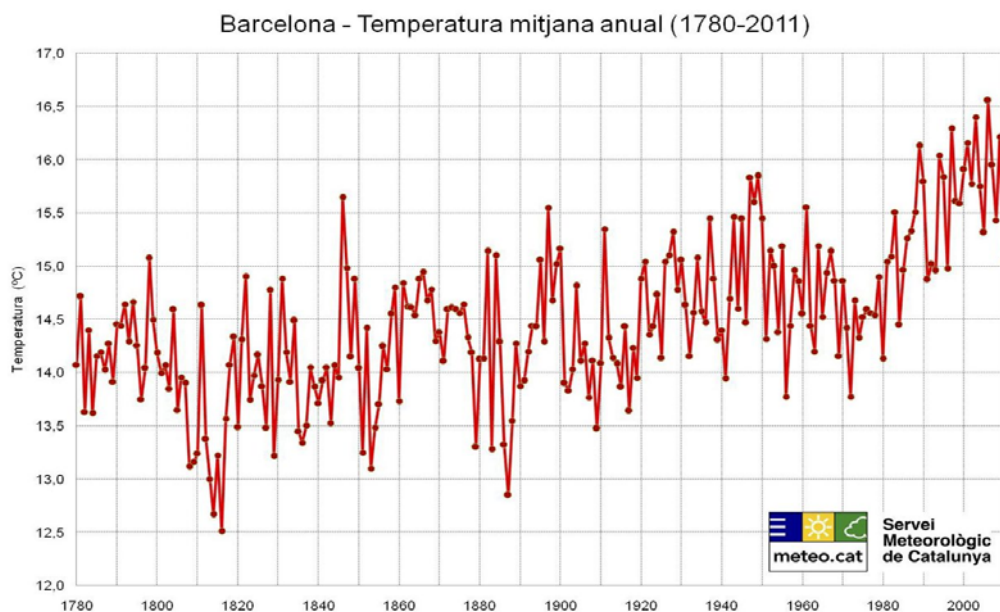
Per a poder detectar tendències o senyals climàtics és necessari disposar de sèries prou llargues, contínues i amb una densitat de dades remarcable. A nivell de Catalunya es disposa de dues sèries que compleixen aquests criteris i que, per tant, esdevenen candidates prioritàries per a l'anàlisi de la variabilitat de la precipitació a escala anual i estacional: l'Observatori de l'Ebre (Roquetes, Baix Ebre), amb dades des de 1905, i l'Observatori Fabra (Barcelona, Barcelonès), amb una sèrie que es remunta a 1914.

Els resultats de les sèries de dades de l'observatori Fabra il·lustren que la temperatura mitjana anual s'ha incrementat de manera significativa des de 1950 fins a l'actualitat.

#### **Imatge 1: Evolució de la temperatura mitjana anual a l'Observatori Fabra entre 1780-2011**

---

<sup>1</sup> Primer informe sobre la generació d'escenaris climàtics regionalitzats per a Catalunya durant el segle XXI, Generalitat de Catalunya, 2011



Font: Servei Meteorològic de Catalunya

La mateixa anàlisi però aplicada a la mitjana anual de la temperatura màxima i mínima indica que, en aquest període més recent la tendència envers a l'augment tèrmic ha estat més evident sobre la temperatura màxima que sobre la temperatura mínima.

**Imatge 2: Evolució de la temperatura a l'Observatori Fabra de Barcelona, expressada com a increment per dècada (informació extreta de Martín-Vide, 2010)**

Observatori Fabra	Temp. mitjana	Temp. Màx.	Temp. Mín.
Temperatura	0,21	0,24	0,22

Font: Barcelona i el canvi climàtic (Josep Enric Llebot, 2010)

L'anàlisi estacional indica que és l'estiu l'estació que ha experimentat l'escalfament més marcat, mentre que la tardor és la única època de l'any que no mostra una tendència estadísticament significativa.

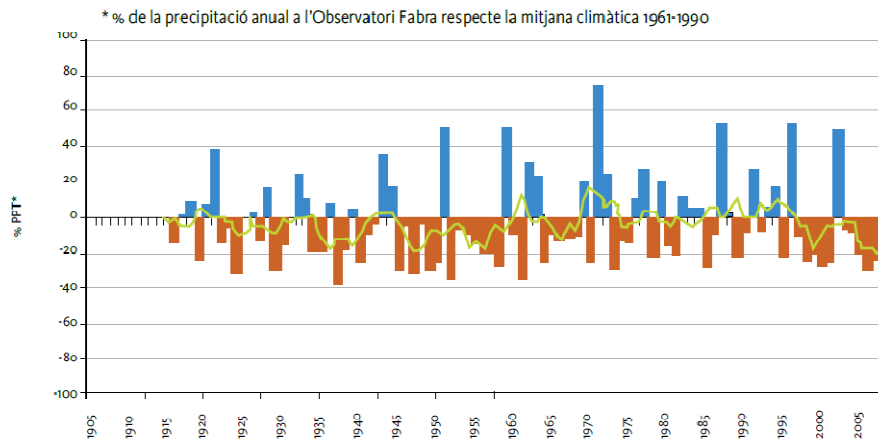
Les tendències de la precipitació a Barcelona no mostren un patró temporal tant definit com l'establert per a les temperatures, donada l'alta variabilitat temporal. Per això l'anàlisi de l'evolució de la pluviometria anual i estacional a l'Observatori Fabra no presenta cap tendència clara en el darrer segle. Malgrat els canvis no siguin estadísticament significatius, s'han mesurat comportaments comuns amb altres observatoris de Catalunya que semblen indicar una evolució a un termini mitjà: lleuger augment de la precipitació hivernal i de tardor i una disminució de la precipitació estival.

A continuació s'adjunta l'evolució de l'anomalia de la precipitació anual a l'Observatori Fabra (1914-2008)<sup>2</sup>. Els valors s'expressen com a anomalies percentuals respecte al període de referència 1961-1990. Les barres de color blau indiquen percentatges

<sup>2</sup> Extret del document de "Barcelona i el Canvi Climàtic" publicat per l'Ajuntament de Barcelona l'any 2010

positius, és a dir, anys plujosos, mentre que les barres taronges indiquen anys secs. La corba verda contínua expressa la mitjana mòbil de 5 anys de període<sup>3</sup>.

### Imatge 3: Evolució de l'anomalia de la precipitació anual a l'Observatori Fabra (1914-2008)



Font: Barcelona i el canvi climàtic (Josep Enric Llebot, 2010)

Pel que fa a l'evolució futura del clima, no existeix un estudi específic de la incidència del canvi climàtic a l'àrea metropolitana; però sí que hi ha algunes aproximacions que es poden aplicar al territori de l'AMB.

Especialment rellevants per veure les incidències a nivell metropolità són el "**Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya**" del 2010 realitzat per la Generalitat de Catalunya i l'Institut d'Estudis Catalans, i el "**Primer informe sobre la generació d'escenaris climàtics regionalitzats per a Catalunya durant el segle XXI**" realitzat el 2011 pel Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya.

El Primer informe sobre la generació d'escenaris climàtics regionalitzats per a Catalunya durant el segle XXI ha realitzat previsions per les diferents zones de Catalunya: Pirineu, Interior, i Litoral i Prelitoral. Precisament, aquesta última zona, la del Litoral i Prelitoral, inclou i representa els possibles efectes del canvi climàtic a l'àrea metropolitana de Barcelona.

A grans trets es pots dir que els canvis projectats a l'àmbit del litoral i prelitoral en les diferents variables són més modestos que a la resta de Catalunya. Els valors que es mostren són molt similars, en general, als obtinguts per a la zona interior del país i també, encara que amb un menor grau de semblança, als obtinguts per al Pirineu.

A grans trets, l'informe destaca el següent pel que fa a la zona Litoral i Prelitoral:

- La temperatura mitjana de l'estiu projectada per finals de segle, segons l'escenari A2 (el més desfavorable), podria arribar a ser d'uns +4,6 °C, amb un valor mitjà de +4,1 °C respecte el període de control. Per a aquest mateix període i escenari es projecten disminucions de la precipitació mitjana d'estiu de fins a gairebé el 62% amb un valor mitjà de l'ordre d'un 35% de reducció respecte als valors mitjans del període de referència 1971-2000. Per a l'escenari B1 (mitjà) es projecten per a la mateixa estació i període variacions de temperatura fins a uns +3,2 °C (amb un

<sup>3</sup> Extret de Martín-Vide 2010 i del Servei Meteorològic de Catalunya 2008

valor mitjà de +2,9 °C) i mitjanes de precipitació d'uns -21% (amb valors màxims de -47%). Tot i que els percentatges de reducció de la precipitació serien importants a l'estiu, degut a que és l'estació més seca de l'any a gran part del Litoral i Prelitoral de Catalunya, aquests percentatges passats a quantitat de precipitació són poc importants. Encara que, el fet que a l'estació més seca i més càlida de l'any hi acabi plovent menys, repercutiria en una major sequedat del sòl i, per tant, en un major augment del risc d'incendis forestals a la zona.

- La robustesa dels canvis projectats en precipitació per a totes les estacions de l'any és baixa ja que es troben resultats força diferents d'un període a un altre, i inclús entre els resultats dels escenaris per a un mateix període. Per tant, es fa gairebé impossible poder concloure a grans trets quin serà el canvi esperat per a cada estació de l'any així com valorar quin seria l'impacte en els recursos hídrics de la zona.
- Els canvis projectats en la humitat relativa de l'aire serien molt poc importants.
- Es projecta una reducció de la velocitat mitjana del vent a 10 m, tan anual com estacional, per a tots els tres períodes d'estudi (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) així com per als dos escenaris d'emissions considerats. Aquesta reducció es projecta que arribi a ser important, de l'ordre del 16% per a l'estiu a finals de segle i segons l'escenari A2 (13% per al B1). Per a la tardor també es projecten disminucions màximes semblants. Cal destacar que per a l'hivern també es projecten disminucions importants que podrien arribar a ser superiors al 10% per a finals de segle i per a ambdós escenaris.

A continuació s'adjunten les taules resum de les diferents variables en els diferents escenaris contemplats en l'informe:

**Imatge 4: Resum dels canvis projectats en temperatura a 2 m i precipitació per a la zona litoral i prelitoral de Catalunya segons els escenaris d'emissions A2 i B1 i per a cada estació climàtica (anual, hivern, primavera, estiu i tardor) obtinguts amb les simulacions regionalitzades amb el model MM5 a 15 km. Període de referència 1971-2000.**

Litoral i Prelitoral								
IEEE	Període	Estació	Variació temp. (°C)			Variació precip. (%)		
			Mit.	Màx.	Mín.	Mit.	Màx.	Mín.
A2	2011-2040	Annal	+0,7	+0,9	+0,2	-6,5	-0,7	-11,9
		DGF	+0,6	+0,8	+0,0	-3,0	+7,1	-13,8
		MAM	+0,6	+0,7	+0,1	-12,4	-4,6	-19,7
		JJA	+0,9	+1,1	+0,4	+7,6	+25,7	-20,6
	SON	+0,7	+1,0	+0,2	-6,3	+8,9	-19,4	
	2041-2070	Annal	+2,0	+2,2	+1,6	-5,3	+12,4	-17,3
		DGF	+2,0	+2,2	+1,5	+6,7	+37,6	-18,7
		MAM	+1,8	+2,0	+1,4	-10,5	+11,1	-22,9
		JJA	+2,4	+2,6	+2,0	-20,4	-1,1	-45,4
	SON	+2,0	+2,3	+1,6	-7,1	+11,6	-20,5	
	2071-2100	Annal	+3,5	+3,9	+3,3	-14,3	+3,7	-29,7
		DGF	+3,2	+3,4	+3,0	+3,9	+37,1	-20,8
MAM		+3,1	+3,4	+2,9	-18,4	+9,7	-35,6	
JJA		+4,1	+4,6	+3,6	-35,0	-13,7	-61,6	
SON	+3,7	+4,3	+3,3	-21,5	-0,4	-33,2		
B1	2011-2040	Annal	+0,8	+1,0	+0,5	-1,7	+10,8	-14,5
		DGF	+1,0	+1,2	+0,7	+9,8	+40,4	-16,3
		MAM	+0,7	+0,8	+0,4	-11,3	-1,2	-18,0
		JJA	+1,0	+1,2	+0,7	+1,7	+23,2	-25,9
	SON	+0,7	+0,8	+0,4	-1,5	+4,9	-15,0	
	2041-2070	Annal	+1,4	+1,5	+1,2	-3,0	+3,2	-12,4
		DGF	+1,3	+1,5	+1,1	-0,6	+20,6	-12,4
		MAM	+1,1	+1,3	+0,9	-11,2	-1,2	-20,3
		JJA	+1,6	+1,8	+1,4	+2,5	+21,7	-25,8
	SON	+1,4	+1,6	+1,2	+4,9	+18,8	-6,4	
	2071-2100	Annal	+2,5	+2,7	+2,3	-9,5	+8,0	-21,4
		DGF	+2,2	+2,4	+2,0	+7,8	+35,2	-19,1
MAM		+2,2	+2,4	+2,0	-13,5	+7,3	-25,5	
JJA		+2,9	+3,2	+2,5	-20,1	+4,0	-47,3	
SON	+2,5	+2,9	+2,3	-21,4	-6,2	-35,1		

Font: Primer informe sobre la generació d'escenaris climàtics regionalitzats per a Catalunya durant el segle XXI

**Imatge 5: Resum dels canvis projectats en humitat relativa en superfície i velocitat del vent a 10 m per a la zona litoral i prelitoral de Catalunya segons els escenaris d'emissions A2 i B1 i per a cada estació climàtica (anual, hivern, primavera, estiu i tardor) obtinguts amb les simulacions regionalitzades amb l'MM5 a 15 km. Període de referència 1971-2000.**

Litoral i Prelitoral									
IEEE	Període	Estació	Variació hr. (%)			Variació vv. (%)			
			Mit.	Màx.	Mín.	Mit.	Màx.	Mín.	
A2	2011-2040	Anual	+0,7	+2,7	-1,0	-2,2	+1,3	-6,6	
		DCF	+1,1	+3,5	-1,3	-4,4	-1,3	-9,2	
		MAM	-0,3	+2,3	-1,8	-0,7	+4,8	-5,7	
		JJA	+1,0	+1,8	+0,3	-1,1	+2,4	-4,7	
		SON	+1,1	+3,4	-2,0	-2,4	+1,7	-6,6	
	2041-2070	Anual	+0,2	+2,4	-1,9	-3,3	+0,7	-8,5	
		DCF	+1,6	+4,4	-2,1	-4,3	+0,3	-10,4	
		MAM	-0,6	+2,3	-2,1	-0,8	+4,8	-5,8	
		JJA	-0,4	+0,4	-2,0	-4,8	-0,7	-11,2	
		SON	+0,4	+2,9	-3,1	-4,0	+1,2	-9,3	
	2071-2100	Anual	+0,0	+1,7	-3,7	-4,9	-0,5	-9,5	
		DCF	+1,4	+3,2	-1,9	-5,1	+0,9	-11,3	
		MAM	-0,4	+2,5	-3,3	-1,7	+3,5	-5,3	
		JJA	-1,0	-0,0	-4,5	-6,7	-1,8	-15,8	
		SON	+0,1	+2,5	-6,3	-7,2	+1,4	-13,8	
	B1	2011-2040	Anual	+0,5	+1,5	-0,8	-2,1	+1,0	-5,3
			DCF	+1,8	+3,5	-1,3	-3,1	+1,6	-8,0
			MAM	-0,9	+1,2	-1,8	-1,6	+3,2	-5,4
			JJA	+0,9	+1,7	+0,1	-2,3	+1,0	-6,3
			SON	+0,6	+1,6	-1,5	-1,4	+2,0	-4,9
2041-2070		Anual	+0,7	+1,6	-0,5	-2,1	-0,3	-4,1	
		DCF	+0,6	+1,9	-1,0	-2,5	+0,6	-6,3	
		MAM	+0,2	+1,5	-1,4	-1,6	-2,8	-4,8	
		JJA	+0,7	+1,4	-0,7	-1,5	+1,2	-4,6	
		SON	+1,5	+2,8	-0,1	-2,4	+4,5	-7,6	
2071-2100	Anual	-0,1	+1,2	-2,2	-4,0	-0,9	-7,5		
	DCF	+1,4	+2,7	-1,1	-4,4	+1,2	-10,7		
	MAM	-0,1	+1,7	-2,2	-2,6	+2,4	-6,6		
	JJA	-1,0	+0,0	-3,4	-5,7	-2,4	-13,0		
	SON	-0,5	+0,9	-3,0	-3,9	+1,6	-7,8		

Font: Primer informe sobre la generació d'escenaris climàtics regionalitzats per a Catalunya durant el segle XXI

A nivell de conclusions finals el **Primer informe sobre la generació d'escenaris climàtics regionalitzats per a Catalunya durant el segle XXI** estableix que la zona del Litoral és l'indret de Catalunya que patiria els canvis anuals més modestos en magnitud, molts dels quals estan en la forquilla del -5 al +5% de variació.

Tot i això, aquesta regió és la zona per a la qual es projecta un major canvi en el rang de variabilitat anual i interanual de les quatre variables analitzades, sobretot per a la precipitació i la humitat relativa de l'aire en superfície.

## 4. IMPACTES I VULNERABILITATS DEL TERRITORI METROPOLITÀ ASSOCIATS AL CANVI CLIMÀTIC

Els impactes i vulnerabilitats futures associades directa i indirectament al canvi climàtic que es poden produir a l'àmbit de l'àrea metropolitana engloben diferents sectors i sistemes, i amb magnituds molt diverses.

A continuació s'analitzen les possibles incidències del canvi climàtic sobre l'àmbit metropolità en relació als aspectes que es preveuen més rellevants. Els temes tractats són:

- Riscos associats al clima i a la resiliència
- Cicle de l'aigua
- Ecosistemes terrestres
- El litoral i els ecosistemes marins
- Sistema urbà – illa de calor
- Agronomia del verd urbà
- Salut de la població
- Turisme

La informació que surt en aquests apartats està basada en el *Workshop* de 22/02/2013 organitzat per l'Àrea Metropolitana de Barcelona sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic a l'AMB, on hi van intervenir els experts del GECC.

### 4.1. Riscos associats al clima

El canvi climàtic, accelerat antròpicament per l'emissió de gasos amb efecte hivernacle, és una realitat que ha induït a augmentar el risc potencial d'alguns dels riscos naturals del nostre territori. Però no tots els riscos naturals són afectats pel canvi climàtic de la mateixa manera i en el mateix grau.

Per això és important identificar els riscos que poden afectar a l'Àrea Metropolitana, i determinar el possible impacte que pot tenir el canvi climàtic sobre ells, ja sigui per prevenir-los, modificar-los o reduir-los. L'objectiu final és posar els aspectes estratègics en matèria de riscos per poder anar cap a una AMB més resilient als possibles canvis globals.

Els riscos naturals més afectats pel canvi climàtic, és de preveure que siguin els que estan lligats de forma directa a la meteorologia, però també es poden veure afectats altres tipus de riscos, com són els riscos geològics, els riscos d'origen biològic i sobre la salut, i els riscos tecnològics.

A continuació es detallen els principals riscos associats al clima presents a l'àrea metropolitana:

- Inundacions
- Precipitacions intenses

- Incendis
- Tornados i mànegues
- Temperatures extremes i onades de calor
- Sequera

Les **inundacions** són un risc hidrometeorològic mixt que ha de considerar diferents factors involucrats. Pel que fa a la part climàtica, el seu règim es pot veure alterat si es produeix un augment o una disminució de les pluges torrencials tant en quantitat com en intensitat, sobretot a l'estiu (inundacions locals i sobtades) i a la tardor (inundacions més generalitzades).

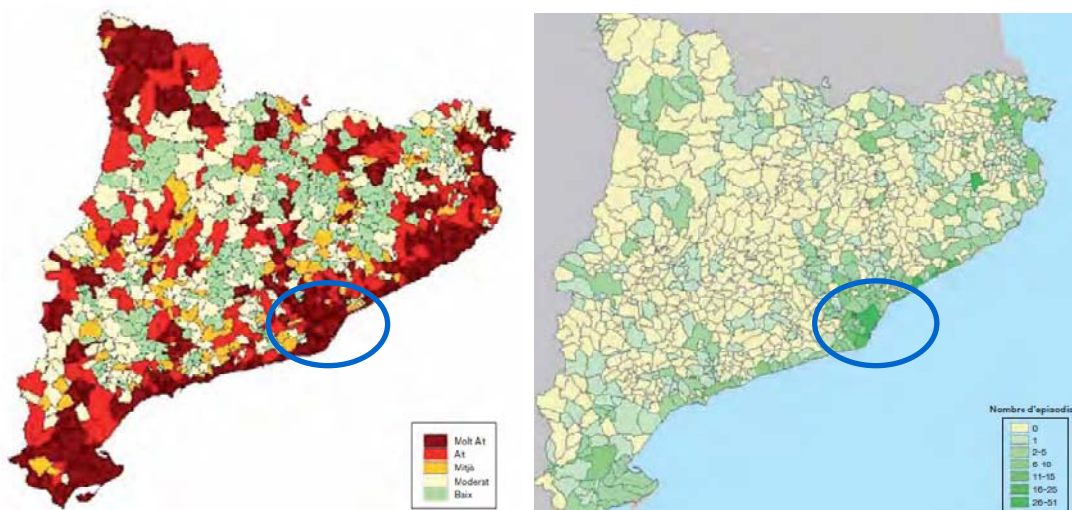
Segons els diferents estudis climàtics, es preveu que la freqüència dels episodis extrems de precipitació augmentarà com a conseqüència del canvi climàtic.

L'anàlisi de la precipitació anual de Barcelona en el període 1786-2005 realitzat en el Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya (2010), indica que no hi ha cap tendència estadísticament significativa, però que en canvi, sí que es detecta un augment lleuger (de l'ordre de 0,1mm/any) de la precipitació a l'estiu. En el cas de la primavera, si bé es cert que apareix una certa tendència negativa, aquesta no és encara significativa, com tampoc són significatives les tendències positives observades a la tardor i a l'hivern (Barrera-Escoda, 2008).

Si ens centrem en valors extrems, la sèrie de precipitacions diàries màximes anuals de la ciutat de Barcelona del període 1851-2000, mostra una certa tendència positiva, si bé es pot considerar menyspreable (Barrera-Escoda et al., 2006).

Tal i com revela el mapa de risc d'inundacions a Catalunya (INUNCAT) i les dades històriques del nombre d'inundacions a l'AMB durant el període 1981-2010, l'àmbit de l'Àrea metropolitana de Barcelona, per ubicació i característiques, és una de les zones de Catalunya on el risc d'inundació és elevat. Les dades històriques destaquen el municipi de Barcelona especialment, i també els municipis litorals (final de conca) i els municipis limítrofs al riu Llobregat i puntualment algun limítrof al riu Besòs.

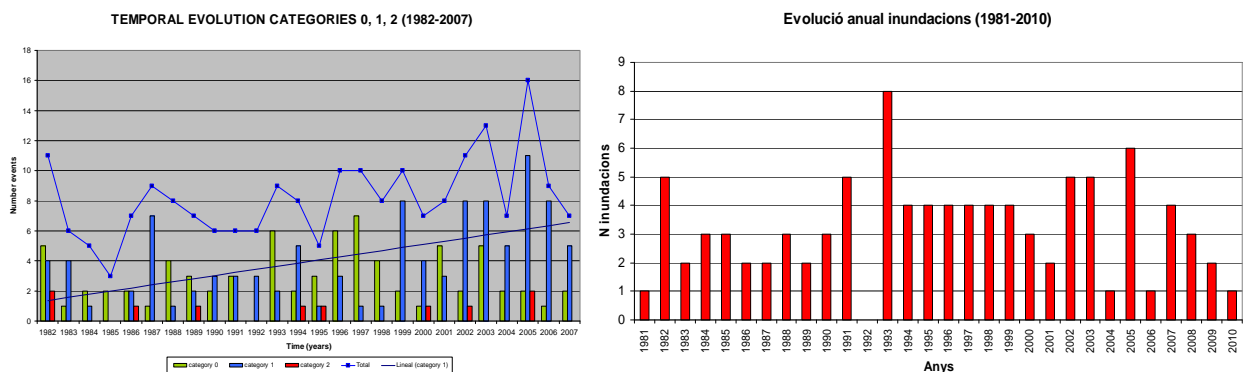
**Imatge 6: Mapa de risc d'inundacions a Catalunya per municipis (esquerra), i distribució per municipis del nombre d'episodis d'inundació enregistrat a Catalunya entre 1901-2000**



Font: Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2010, extret de l'INUNCAT (esquerra) i Barnolas i Llasat, 2007 (dreta)

L'evolució dels episodis d'inundació marca una tendència a l'alça tal i com es veu a les gràfiques següents. Pel futur, amb l'acció del canvi climàtic es preveu un augment de les inundacions extraordinàries produïdes per pluges intenses de curta durada, sobretot a la costa. Aquesta tendència positiva està lligada a un augment de la percepció, un augment dels impactes i un canvi en els usos del sòl.

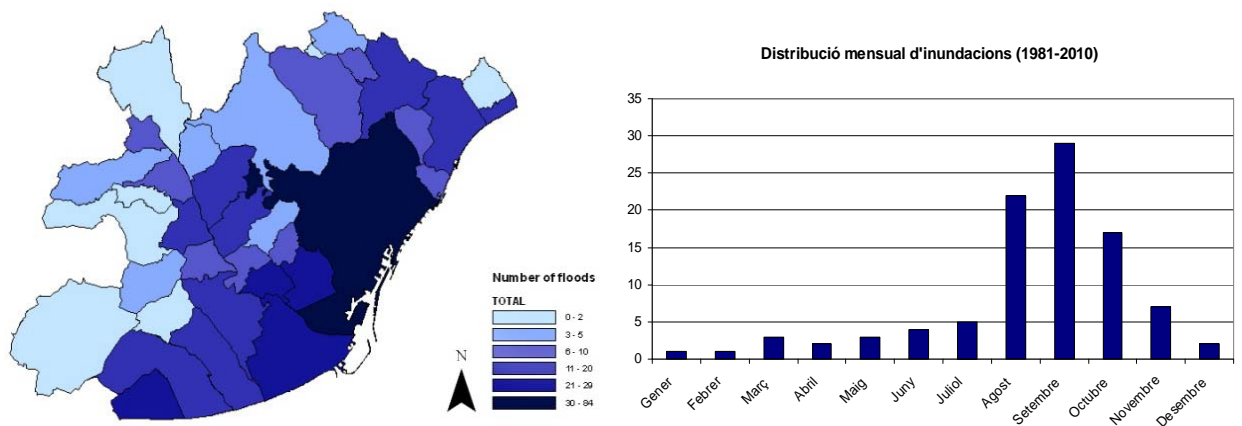
**Imatge 7: Evolució per categories (1982-2007) i evolució anual de les inundacions a l'AMB (1981-2010)**



Font: Maria del Carme Llasat. Riscos naturals i resiliència a l'Àrea Metropolitana de Barcelona en el segle XXI: Augment o disminució? Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

També es veu una predominança d'aquests episodis en els mesos d'agost, setembre i octubre.

**Imatge 8: Nombre d'inundacions a l'AMB 1981-2010 i la seva distribució mensual**



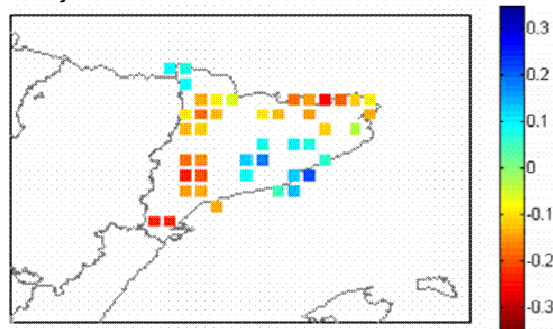
Font: Maria del Carme Llasat. Riscos naturals i resiliència a l'Àrea Metropolitana de Barcelona en el segle XXI: Augment o disminució? Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

La previsió d'increment d'inundacions podrà comportar danys a les infraestructures presents a l'AMB, als continents i als continguts, a la mobilitat del territori, a la producció i a la pèrdua de vides humanes.

Pel que fa les **precipitacions intenses** (molt relacionades amb les inundacions) no hi ha una tendència clara en les sèries de precipitació, però sí que es detecta una certa disminució de la precipitació a principis de la primavera, i una tendència positiva de la precipitació de tardor en punts de la costa central.

L'Índex Simple d'Intensitat Diària (SDII, Pluja/Nombre dies de pluja), presenta una tendència positiva per la sèrie de Barcelona-Fabra, tendència que també s'observa a escala regional a l'estiu i amb un comportament dipolar. Tanmateix el SDII mitjà per Catalunya no presenta cap tendència significativa.

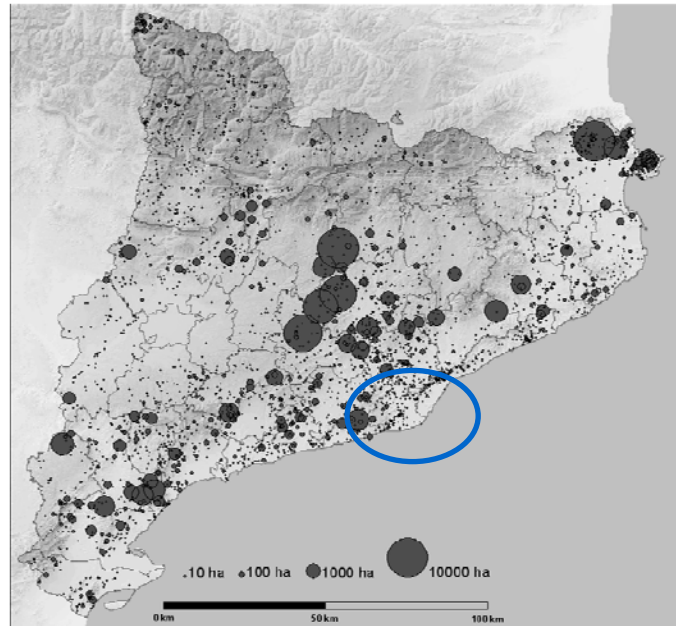
**Imatge 9: Evolució de l'índex SDII 1973-2003, on es presenten els píxels amb tendències significatives amb una confiança del 99%.**



Font: Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, Generalitat de Catalunya (2010)

Pel que respecte al nombre **d'incendis** en el període 1970-2010 a l'àrea metropolitana s'han produït 1.052 incendis forestals, cremant una superfície total de 18.126,7 ha.

La següent imatge mostra la distribució del foc des de 1970 (Aguadé et al, en rev.), on es veu que hi ha una major concentració d'incendis en les regions Litoral i Prelitoral, que estaria vinculada a la distribució de la població atès el fort component antropogènic en l'inici dels incendis forestals (el 90% dels casos). Tanmateix, els incendis de major extensió registrats a Catalunya en aquest període han ocorregut fora de l'àmbit metropolità, a les comarques centrals a més de les comarques gironines de l'Empordà.

**Imatge 10: Incendis forestals a Catalunya en el període 1970-2010**

Font: Maria del Carme Llasat. Riscos naturals i resiliència a l'Àrea Metropolitana de Barcelona en el segle XXI: Augment o disminució? Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

Analitzant l'evolució històrica cal dir que no existeix una tendència positiva en el nombre d'hectàrees cremades per incendis forestals a Catalunya, des de 1970. Es detecta un augment del nombre d'incendis des de l'inici de la sèrie fins a 1994, però que a la darrera dècada ja no s'observa.

Per explicar aquesta manca de tendència malgrat l'augment de temperatura és necessari tenir present la millora en la prevenció i extinció que ha tingut aquest territori en els darrers anys.

En un escenari de temperatures més elevades, l'augment de la ratxa de dies secs, i la disminució de la precipitació a la primavera, és d'esperar un agreujament del problema de forma generalitzada.

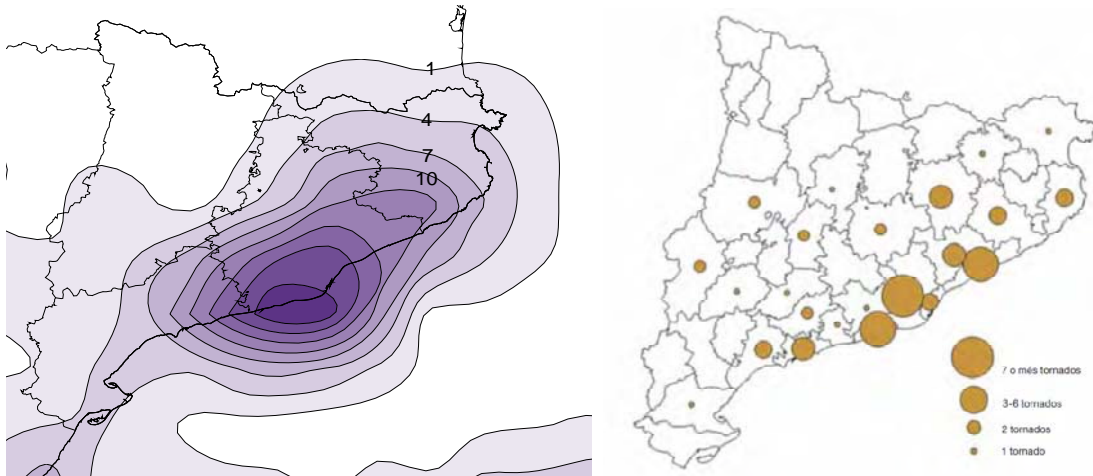
Respecte als **tornados i a les mànegues** es destaca que la seva evolució a Catalunya en els darrers 50 anys presenta un augment remarcable, molt influenciat per l'augment d'informació.

Els tornados (i les trombes marines) causen importants destrosses materials, malgrat que a Espanya usualment no superen la força 2<sup>4</sup>. En ocasions acompanyen situacions de fortes pluges o de pedra<sup>5</sup>. L'anàlisi de l'impacte del canvi climàtic sobre aquests fenòmens és molt complex i s'ha de considerar directament.

<sup>4</sup> Roebber et al., 2002; Homar et al., 2003; Gayà et al., 2007; Bech et al., 2007

<sup>5</sup> Ramis et al., 1997, 1999

**Imatge 11: Nombre de tornados i mànegues, en el període 1980-2009 (esq.) i Distribució de les zones afectades per tornados des de 1994 (dreta)**



Font: Gayà et al, 2011

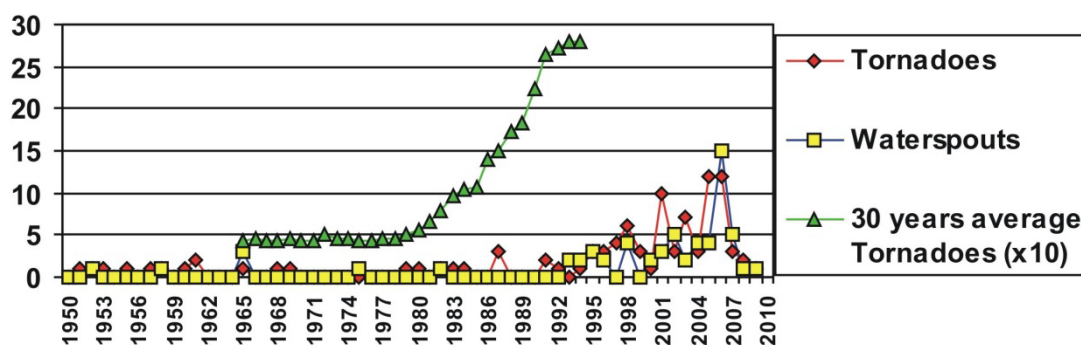
Font: Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2010

L'àmbit metropolità és un dels territoris més afectats per tornados en el període 1994-2008 a Catalunya (Morales et al., 2009), ja que es concentren a la costa i particularment a les zones més poblades.

No hi ha prou informació per concloure que els temporals de vent hagin augmentat o siguin més intensos que abans. Tanmateix, els models apunten a un potencial augment dels ciclons vinculats a aquests temporals que arribarien o es desenvoluparien a prop de Catalunya.

L'evolució dels tornados a Catalunya en els darrers 60 anys (Gayà et al., en prep.) mostra com es passa del promig d'1 tornado/any fins al 1980, a 1,4 tornados/any entre 1980 i 2009, amb un increment que referit al període 1995-2009 passa a ser de 5 casos/any.

**Imatge 12. Distribució anual dels tornados i trombes marines en el període 1950-2010**



Font: Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya (Gayà et al., en preparació)

Cal dir que en l'any 2005 es van enregistrar 5 casos en l'àrea de Barcelona en un dia, i l'any 2006, es van produir en el mes de setembre simultàniament a un episodi d'inundacions. El fort creixement de l'interès de la població i l'augment d'informació constitueixen un factor de gran pes a l'hora de considerar si aquesta tendència positiva es deu al canvi climàtic. La distribució estacional mostraria una tendència positiva en els mesos compresos entre l'agost i el novembre. Això provocaria danys materials, danys a la línia de costa, a la massa forestal i també a la seguretat humana.

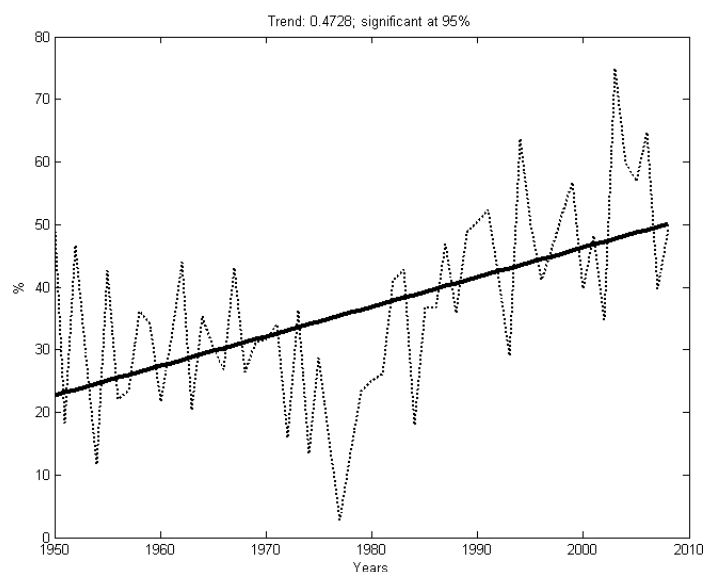
En el cas dels episodis de **temperatures extremes i onades de calor** es tracta d'un risc d'origen exclusivament meteorològic, i en aquest cas hi ha un concens més gran respecte el seu augment a conseqüència del canvi climàtic.

L'evolució històrica de la sèrie de Barcelona, indica que la temperatura mitjana ha anat augmentant. En el període 1780-2012, l'increment ha estat de +0,07 °C/dècada, però si s'analitza un període més proper (1914-2012), l'increment de temperatura mitjana anual encara és superior, amb +0,12 °C/dècada.

També es constata una tendència a l'augment de tots els índexs de temperatures extremes elevades a la sèrie de Barcelona:

- Tendència positiva superior al 3%/dècada en el percentatge de nits molt càlides.
- El percentatge de dies molt càlids, mostra un augment del 4%/dècada,
- El nombre de nits tropicals creix acceleradament des dels anys 80, amb una tendència que la costa pot arribar a 5 dies/dècada.
- L'evolució del nombre de dies consecutius per any amb temperatures màximes superiors a 25°C mostra una tendència mitja de 1,9 dies/dècada, mentre que el nombre de dies que superen aquest llindar de temperatura presenta una tendència de 2,7 dies/dècada.

**Imatge 13. Evolució de l'índex TN90p (% de dies per any en què la temperatura mínima nocturna ha estat sobre del percentil 90)**



Font: Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, Generalitat de Catalunya (2010)

Tal i com es destaca en el Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, a aquest augment s'ha afegit un augment de la vulnerabilitat. En efecte, la comunitat més afectada per les onades de calor està constituïda per la gent gran. A l'àrea metropolitana de Barcelona, tal i com passa a Catalunya, i de fet a tot Europa, es preveu un augment de l'edat mitjana de la població i, particularment un augment de la població per sobre dels 65 anys, que són els més vulnerables.

Aquest augment, unit a la distribució geogràfica d'aquesta població i als mitjans als quals puguin tenir accés per afrontar situacions com aquesta, o d'una forma més general, la resiliència, serà definitiu en la distribució del risc futur.

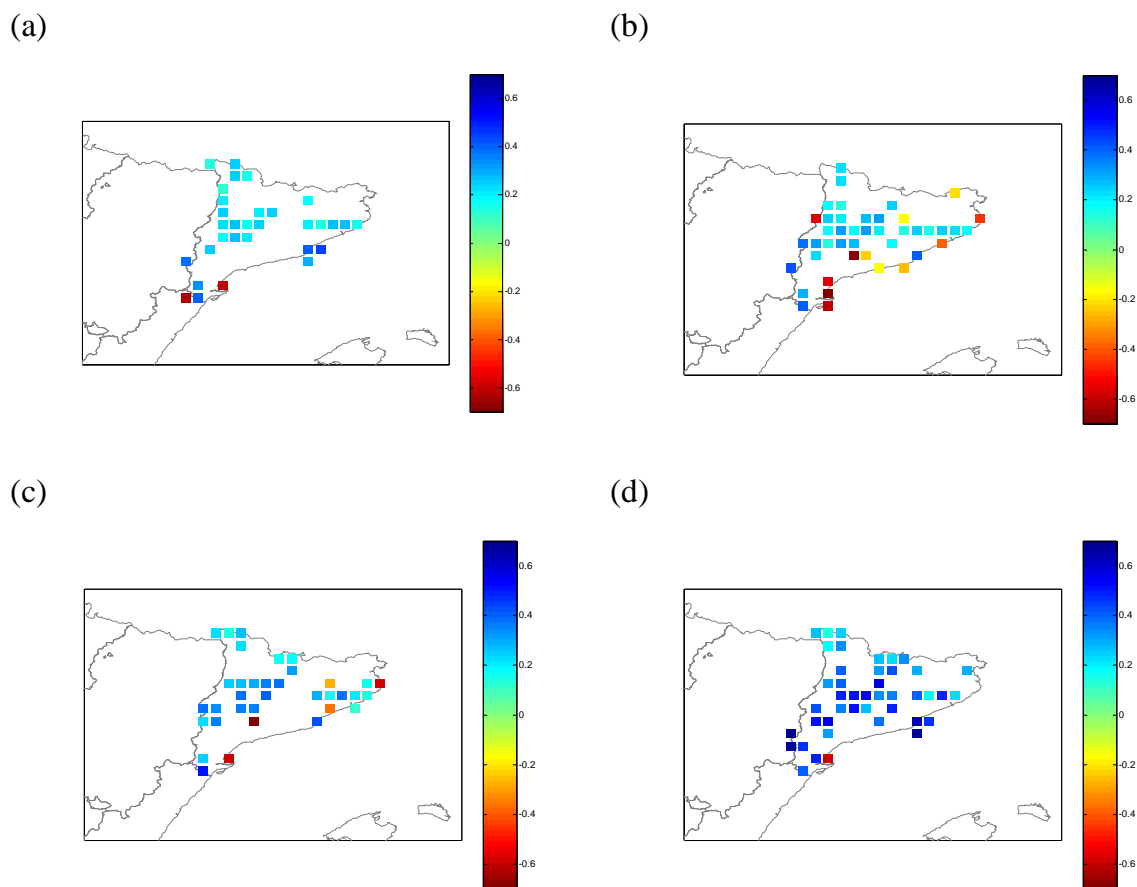
Resumint, l'impacte de les temperatures extremes i onades de calor, actuarà directament sobre la salut de la població, sobre les connotacions de demanda energètica que comporta, sobre les infraestructures, els ecosistemes i sobre el grau de confort de la població. Tots els escenaris apunten a un increment d'aquest risc, tant pel que respecta a la vulnerabilitat (l'augment de la població més vulnerable) com a la seva perillositat (l'augment de la seva freqüència).

Pel que fa a la **sequera** els factors climàtics que més hi influeixen són la precipitació i la temperatura, però la humitat i el vent també són importants quan es tenen presents l'evapotranspiració i l'evaporació. Les estacions de primavera i tardor són les més importants a considerar pel que fa a la precipitació a Catalunya.

La gestió dels recursos hídrics a través dels embassaments ha modificat l'impacte de la manca de pluja tant temporalment com en els diversos sectors. Per aquest motiu, més que parlar de zones d'afectació, s'hauria de parlar de sectors d'afectació. Els conreus de secà, els boscos i, en general, la vegetació no irrigada artificialment, en són una excepció, ja que la manca de pluja els afecta directament, com es va veure en el darrer període de sequera (2004-2008).

Un fet innegable és que la intensitat i durada de la sequera en el període 2004-2008, està molt per sobre de la d'episodis previs en el segle XX.

**Imatge 14. Mapes de tendència de la longitud de la màxima de la ratxa seca (LMRS ó "CDD index") per diferents finestres temporals: a) 1951-2003, 53 anys, b) 1957-2003, 47 anys, c) 1963-2003, 41 anys, d) 1969-2003, 35 anys. Les unitats són dies/any, i es requereix que tinguin una significància del 99%.**



Font: Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Generalitat de Catalunya (2010)

L'índex climàtic corresponent a la longitud màxima de la ratxa seca (CDD) és l'únic índex d'extremes que presenta una tendència positiva en algunes regions de Catalunya, des de 1951 i per tots els intervals temporals. Un 30% de l'àrea de Catalunya ha experimentat un augment de la ratxa seca de l'ordre de 2 dies/dècada (totes les finestres) L'augment de la duració de les ratxes seques és el més marcat a la primavera.

## 4.2. Cicle de l'aigua

El canvi climàtic pot ocasionar destacades incidències sobre el conjunt del cicle hidrològic, tant pel que fa a la disminució de precipitacions, als cabals dels rius, a la demanda d'aigua i a la disponibilitat de recursos.

Segons el Segon Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya (2010) s'apunta cap a una progressiva reducció de la precipitació amb estius més secs i llargs, més tempestuositat, unit a un augment de la temperatura. Això produirà en el cicle de l'aigua una disminució de la disponibilitat de l'aigua, circumstància que tindrà com a conseqüències una reducció i modificació del règim dels cabals del riu, una disminució de la recàrrega dels aquífers, una modificació dels hidroperíodes a les zones humides i una pèrdua en la qualitat de l'aigua per alteració de processos lligats a cicles biogeoquímics.

La disminució de la disponibilitat de recursos hídrics tindrà una incidència directa sobre l'abastament de l'àrea metropolitana, que és on es concentra la major part de la població catalana, i on per cobrir les necessitats d'aigua d'aquest territori actualment ja hi ha un sistema complex que s'abasteix de conques de fora els límits de l'ÀMB.

Actualment l'ÀMB s'abasteix, en gran part, pels recursos hídrics de les conques del Ter i el Llobregat (40% i 58.5% respectivament), que es gestionen de forma conjunta. A més a més, l'abastament també es complementa amb la dessaladora del Prat de Llobregat (1%) i puntualment de pous del Llobregat i del Besòs (0,5%)<sup>6</sup>.

**Imatge 15: Esquema del sistema d'abastament de l'ÀMB**

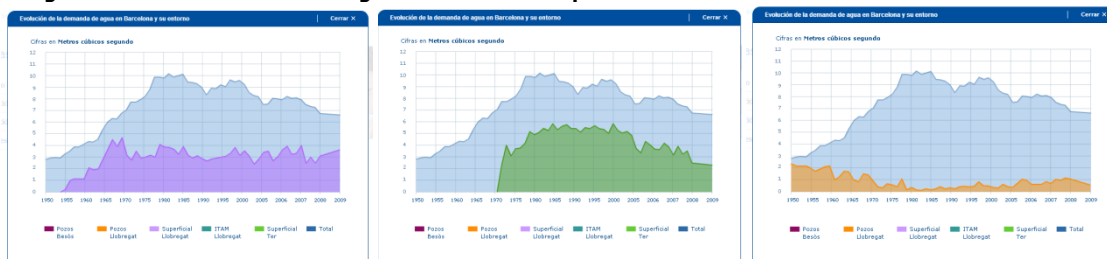


Font: Aigües de Barcelona

El consum d'aigua a l'àrea metropolitana és de 212,54 hm<sup>3</sup>/any. L'evolució de la demanda total de l'ÀMB ha disminuït respecte a inicis dels anys 80 (on es va produir la màxima demanda), fins arribar actualment a un consum per càpita relativament baix de 105,8 litres\*hab/dia (2012), bastant per sota de la mitja estatal.

<sup>6</sup> Font: Aigües de Barcelona, dades de l'any 2009.

Imatge 16: Evolució del consum d'aigua a l'AMB i la seva procedència



Font: Aigües de Barcelona

El canvi climàtic pot portar canvis a aquesta situació actual, impulsant un canvi global en la totalitat del cicle de l'aigua, ja sigui en la reducció de la disponibilitat dels recursos, en el possible augment de demanda, en l'increment de la demanda de les activitats productives, o bé en el canvi de les activitats existents. A més a més, això comportarà paral·lelament un augment en els costos econòmics i energètics per obtenir l'aigua d'abastament.

En el document "Aigua i canvi climàtic" elaborat per l'Agència Catalana de l'Aigua l'any 2009, es mostren les estimacions resultants dels estudis hidrològics d'impacte local del canvi climàtic sobre les aportacions hídriques fetes per l'ACA, en els àmbits que s'han considerat estratègics.

Dins del sistema Ter - Llobregat, que és el que subministra aigua a l'AMB, s'han realitzat dos estudis, situats a les zones de capçalera de la conca del Llobregat:

- El Cardener fins a La Llosa del Cavall
- El Llobregat fins a La Baells.

De manera resumida aquests estudis destaquen la reducció de la precipitació, l'augment de la temperatura i l'increment de l'Evapotranspiració, que portarà una reducció del cabal del riu Llobregat en aquests trams pel 2070 del -34% (Cardener dins a la Llosa del Cavall) i del -37,7% (Llobregat fins a Baells) pels escenari més desfavorables. Aquests resultats s'han d'interpretar amb prudència, com a indicadors de tendències, i tenint present les incerteses importants dels models, i la difícil representativitat o uniformitat dels resultats a la resta de la conca.

Taula 1: Resultats estudis hidrològics de l'impacte local del canvi climàtic sobre les aportacions a algunes zones de la conca del Llobregat.

Taula 2. Escenaris de canvi climàtic per a les aportacions del riu Cardener fins a l'embassament de la Llosa del Cavall (2002) mitjançant el model Sacramento i a partir d'escenaris TAR.						
Escenari	Horitzó	Emissions de CO2	Variació de precipitació	Variació de temperatura	Variació d'ET	Variació d'aportació superficial
1	Cap al 2030	Estables	—	+1 °C	+5%	-3%
2	Cap al 2050	Increment fort	-5%	+1 °C	+5%	-11%
3	Cap al 2070	Increment lleuger	-15 %	+4 °C	+22%	-34%

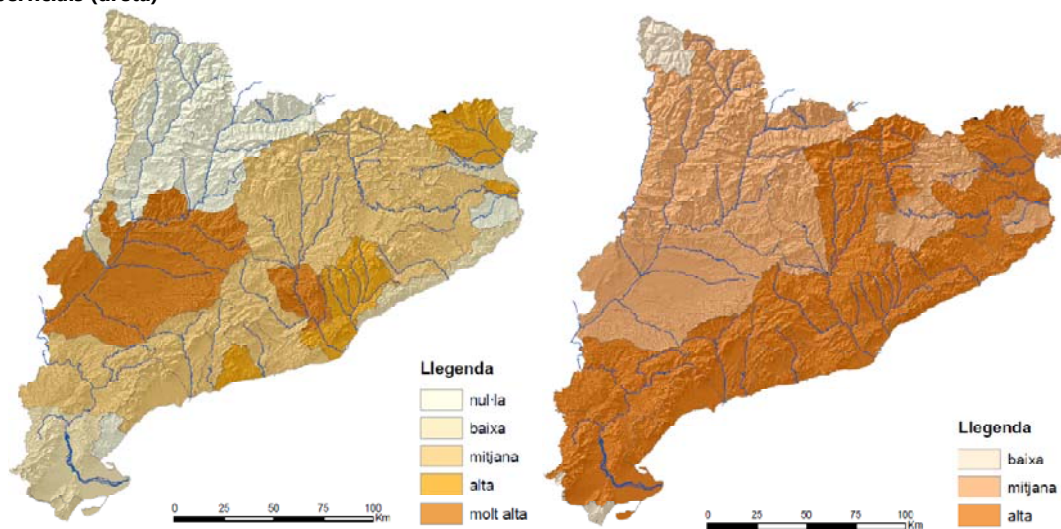
Taula 6. Escenaris de canvi climàtic per a les aportacions de capçalera del riu Llobregat a la Baells (2008) mitjançant el model Göttilva+ i a partir d'escenaris del projecte Provedora.									
	Model climàtic	P (mm)	T (°C)	ETP (mm)	Aportació (hm³)	Variació de P (%) <sup>(*)</sup>	Variació de T (°C) <sup>(*)</sup>	Variació d'ET (%) <sup>(*)</sup>	Variació d'aportació (%) <sup>(*)</sup>
<b>El Llobregat a la Baells</b>									
Control Dades (1961-1996)									
	mesurades	789	9,5		196,6				
	ICTP	735	9,6		188,6				
	UCM	1.036	4,4		402,3				
	HwCM3	1.082	6,9		316,5				
<b>Escenari B2 (2070-2100)</b>									
	UCM	696	12,0		185,2	-9,2%	2,4	-5,0%	-1,9%
	ICTP	939	7,5		189,0	-9,4%	3,1	-16,9%	-3,3%
<b>Escenari A2 (2070-2100)</b>									
	ICTP	688	13,3		187,9	-6,6%	3,7	-4,6%	-0,4%
	UCM	898	8,6		258,4	-13,3%	4,2	-8,9%	-10,9%
	HwCM3	626	12,1		199,1	-23,7%	3,2	11,0%	-37,7%

(\*) Les variacions s'impressen respecte a les referències de cada model en el període de control, no respecte a la referència de control de les dades mesurades de precipitacions, temperatura o aportacions que figuren a la taula.

Font: Aigua i canvi climàtic. (ACA, 2009)

Si a més de la previsió de disminució dels recursos, es té en consideració que l'estat actual de les masses d'aigua que abasteixen l'AMB tenen una pressió entre molt alta, alta i mitjana (veure Imatge 17 –esquerra-), i que es preveu que la seva vulnerabilitat davant el canvi climàtic sigui alta (veure Imatge 17 -dreta), es conclou que per garantir el futur abastament de l'àrea metropolitana caldrà assegurar-se de nous recursos, ja sigui amb transferència de cabals d'atles conques, o amb la producció d'aigua dessalinitzada, o amb la interconnexió de conques (Xarxa del Consorci d'Aigües de Tarragona, amb els sistema Segre a través del Segarra-Garrigues, amb el Roine,...) o amb una barreja de totes aquestes opcions.

**Imatge 17: Pressions de les masses d'aigua superficials(esquerra) i vulnerabilitat de les masses d'aigua superficials (dreta)**



Font: Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya

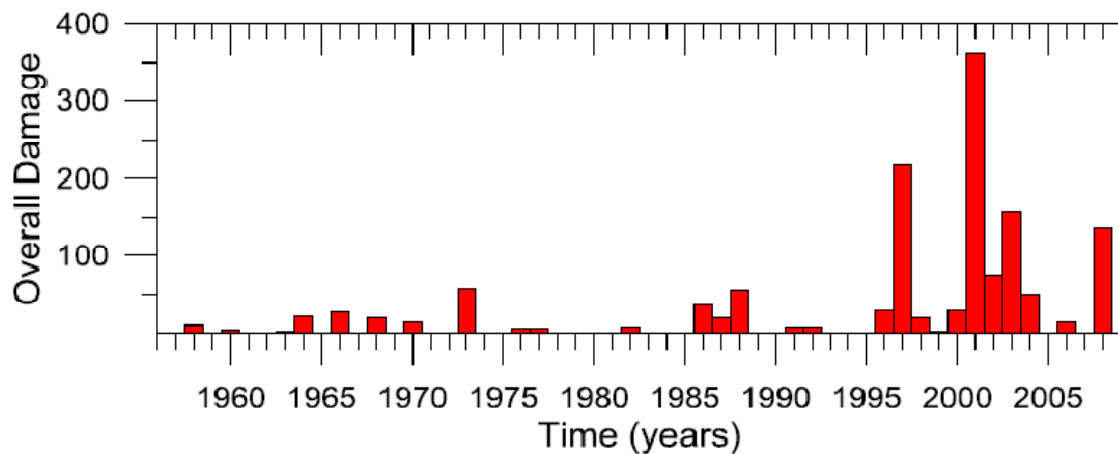
Barcelona i la seva àrea metropolitana actualment ja condicionen la política d'aigües de Catalunya, i amb les previsions futures de disminució de recursos associades al canvi climàtic, és de suposar que encara la condicionaran més en el futur. Així doncs, l'abastament futur i estratègic de l'àrea metropolitana de Barcelona no pot anar deslligat de la planificació hidrològica del conjunt del país.

És important avançar-se i preveure els possibles canvis per així establir les estratègies d'adaptació al canvi climàtic més eficients des del punt de vista hidrològic a un cost raonable.

### 4.3. Sensibilitat del litoral de Barcelona platges i obres

Les principals problemàtiques del litoral metropolità són l'afecció sobre els sediments, la pèrdua de sorres que implica normalment pèrdua de superfície de platja, la reorientació de la línia de costa, el que es coneix com basculament, acumulació de sorres que es pot produir en les estructures com ara bocanes de ports o bé danys a les infraestructures que trobem al litoral, les obres de defensa, les obres portuàries emissaris, els sobreeixidors, entre d'altres.

En les últimes dècades han augmentat la quantitat de danys sobre el litoral català en passejos marítims, platges i danys a infraestructures, aquest fet es produeix per diferents motius per uns millors registres, és a dir quantitat d'informació, també s'ha augmentat el grau d'artificialització de la costa molt en els darrers 20 anys i per la freqüència de temporals a les costes catalanes. El canvi climàtic pot agreujar alguns dels fenòmens i per tant fer més habituals aquestes problemàtiques.

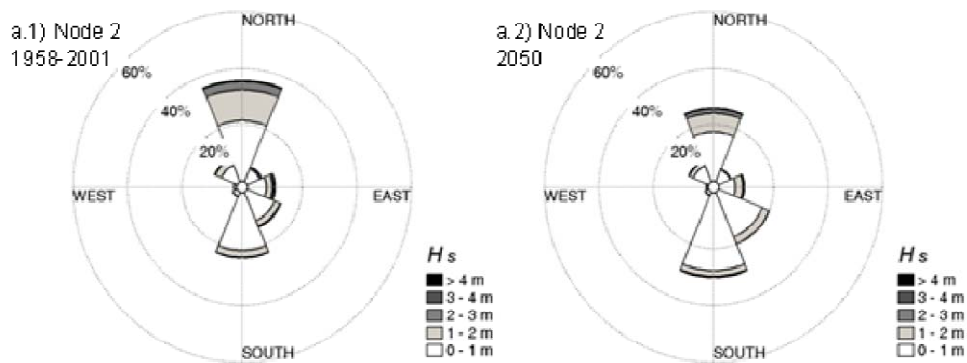


Font: Agustín Sánchez Arcilla. Sensibilitat del litoral metropolità de Barcelona (platges i obres) front l'augment del nivell mig del mar i les tormentes Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

Actualment, ja hi ha infraestructures que han estat rebassades per temporals recents (temporal desembre 2008 que va superar el dic del Port Olímpic causant nombrosos danys materials i fins i tot un mort). Aquest fet es pot veure agreujat per diversos motius com ara canvis estacionals al nivell mig del mar, assentaments de les obres de defensa i acumulació de danys no reparats que debilitin les infraestructures i les seves defenses. Les infraestructures estan calculades en base a unes determinades condicions de clima marítim, uns valor mitjos del nivell del mar. Si el canvi climàtic fa que aquestes condicions variïn, es poden produir majors riscos en les infraestructures costaneres ja que no varen ser dissenyades considerant aquests aspectes.

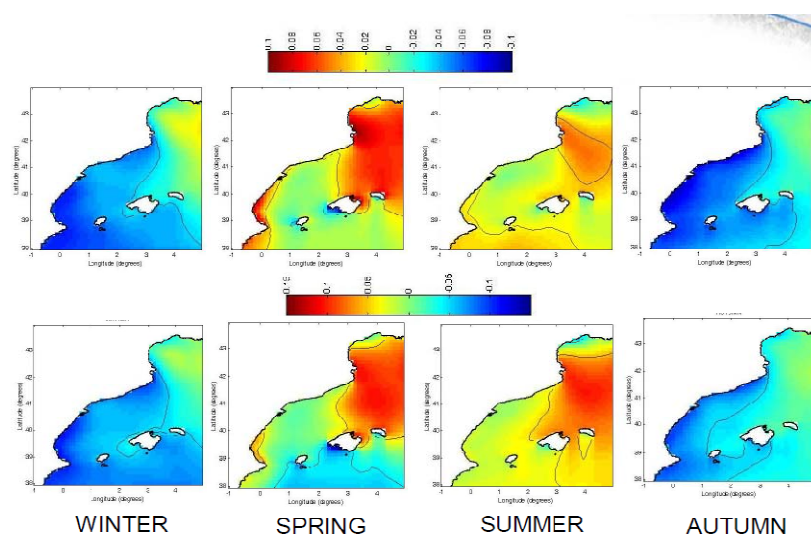
Les prediccions d'augment de nivell del mar estan fonamentades en models de predicció, trobem diversos escenaris. Els models parteixen de dades globals i cal fer un *downscaling* per poder establir valors de predicció a escala regional. L'escenari B1 preveu un augment del nivell mig del mar de 0,18 – 0,38 m i l'escenari més extrem A1F1 0,26 – 0,59 m (el 2090 -2099 relatiu als valors de nmm de 1980-1999). Per poder

calibrar els model i reduir la seva incertesa cal poder disposar de dades de clima marítim onatge, alçades d'ona, calen series temporals llargues per tal de poder analitzar estadísticament el clima marítim.



Font: Agustín Sánchez Arcilla. Sensibilitat del litoral metropolità de Barcelona (platges i obres) front l'augment del nivell mig del mar i les tormentes Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

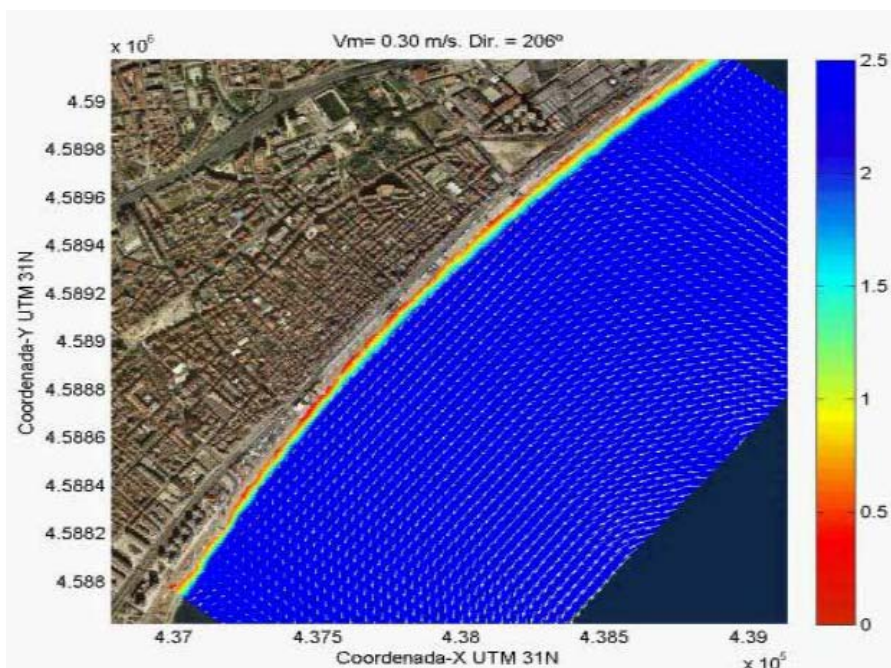
Per exemple es preveuen canvis en l'onatge per l'any 2050, canvis tant en la intensitat com en la freqüència dels onatges. Es preveu un augment dels onatges de sud i del sud-est i una disminució dels onatges de nord, en la imatge també es poden veure canvis en l'alçada d'ona significant. Per tant, el que esmentàvem amb anterioritat les infraestructures existents, no han estat calculades considerant aquestes condicions de clima marítim i caldrà veure com es comporten. Per aquest motiu, és fonamental disposar d'una xarxa de boies i sensors que permetin caracteritzar el clima marítim i analitzar els canvis que es van produir. En l'actualitat algunes d'aquestes dades s'estan perdent degut a la manca de recursos per mantenir la xarxa de boies en actiu.



Font: Agustín Sánchez Arcilla. Sensibilitat del litoral metropolità de Barcelona (platges i obres) front l'augment del nivell mig del mar i les tormentes Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

Els models presenten incertesa i entre diferents models trobem resultats diferents, tenir una bona base de dades i sèries històriques llargues ajuda enormement a afinar els resultats que poden donar les modelitzacions. Cal tenir present que els models serveixen per establir tendències, probabilitats i que són una eina per aproximar-se a les possibles realitats futures però amb diversos nivells d'incertesa. Les imatges de la pàgina anterior tot i tenir divergències en intensitat (colors) mostren components de comportaments similars per la primavera i l'estiu, per tant estan establint un possible patró.

En l'actualitat ja estem patint un retrocés de la línia de costa en el litoral metropolità, el possible augment del nivell mig del mar farà que aquest retrocés es vegi incrementat. Les prediccions dels escenaris climàtics com hem vist donen diferents augments del nivell del mar, aquest increment és exponencial i per tant els darrers anys augmenta considerablement. Els majors increments es preveuen a mesura que ens apropem al 2100 que és l'any pel que s'han establert escenaris. Per altra banda, caldrà tenir en compte el retrocés que ja s'està produint en l'actualitat.



Font: Agustín Sánchez Arcilla. Sensibilitat del litoral metropolità de Barcelona (platges i obres) front l'augment del nivell mig del mar i les tempestes Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

A la costa metropolitana, concretament a Badalona s'ha equipat el pont del petroli amb sensors. Els resultats seran utilitzats per a validar i calibrar el sistema *MOS, Morphodynamic Operational System*, un sistema de predicció de l'estat morfo-dinàmic de les platges desenvolupat per el CIIRC i el LIM/UPC actualment en fase pre-operacional. MOS està pensat com una eina d'ajuda a la gestió de platges com les del pont del Petroli així com un sistema d'alarma de situacions de riscos d'origen marí. MOS haurà de ser capaç de predir amb suficient antelació episodis com els del desembre de 2008 (amb un balanç de 3 persones mortes i grans destrosses en part de

les infraestructures del litoral de Catalunya) per tal de poder prendre les mesures preventives suficients per minimitzar el seus impactes.<sup>7</sup>

Aquests tipus de sistemes poden ser útils per predir temporals en l'actualitat, però a la vegada el coneixement permet anticipar-nos al futur gràcies a les prediccions dels models climàtics, això hauria de permetre planificar les infraestructures litorals amb una major resiliència front el canvi climàtic.

#### 4.4. Ecosistemes terrestres

##### Principals impactes sobre els ecosistemes terrestres

El canvi climàtic pot tenir múltiples i complexes impactes sobre els ecosistemes terrestres de l'AMB. A mesura que cada espècie d'un ecosistema terrestre determinat respon al canvi climàtic, canvien també les seves interaccions amb els altres organismes i amb el món fisicoquímic.

Els canvis de temperatures i precipitacions previstos poden generar canvis en la fenologia d'algunes espècies (avançament de la floració o l'emergència dels pol·linitzadors) que poden canviar les relacions tròfiques, reproductives o de competència entre espècies. A Catalunya, per exemple, l'avançament de la primavera i el retard de l'hivern, fet que genera un perllongament del període vegetatiu, ja és una evidència.

Tot plegat, pot generar una cascada d'impactes a través de tot l'ecosistema que pot incloure l'expansió d'algunes espècies, la desaparició d'altres, canvis en la distribució geogràfica i migracions altitudinals o latitudinals que poden derivar en canvis en l'estructura i composició de les comunitats, entrada d'espècies invasores o major incidència de les plagues forestals.

Tot i que alguns estudis demostren que l'augment de CO<sub>2</sub> atmosfèric pot incrementar el creixement d'arbres i matolls, així com la fullaraca i les arrels i, per tant, la producció primària neta; en el cas dels ecosistemes de l'AMB, majoritàriament mediterranis, però, el principal limitant productiu és l'aigua. En aquest sentit, el canvi climàtic en aquest entorn fàcilment farà disminuir la humitat del sòl, provocant una disminució de la productivitat dels ecosistemes.

Així doncs, una aridificació com la prevista per a les properes dècades (escalfament i, a més, disminució de les precipitacions), fa preveure conseqüències importants per a la fisiologia, la fenologia, el creixement, la reproducció, l'establiment i, finalment, la distribució dels essers vius i, per tant, sobre l'estructura i el funcionament dels ecosistemes de l'AMB.

D'altra banda, en zones tant dinàmiques com l'AMB, els canvis dels usos del sòl i la fragmentació del territori poden generar situacions extremes per a determinats ecosistemes, dificultant les migracions d'espècies provocades pel canvi climàtic o

<sup>7</sup> <http://www20.gencat.cat/portal/site/territori/>

posant en perill determinades poblacions per les sinèrgies existents entre els efectes del canvi climàtic i els canvis territorials de l'àmbit.

Finalment, cal tenir en compte que les respostes al canvi climàtic i altres factors del canvi global alteraran l'emmagatzematge de carboni als boscos de l'AMB on, com s'ha dit anteriorment, la productivitat podria decreïxer i, per tant, també l'absorció de CO<sub>2</sub>. Així doncs, el paper de molts dels ecosistemes terrestres de l'AMB com a embornals de carboni pot veure's seriosament compromès durant les properes dècades.

### Principals impactes sobre els serveis dels ecosistemes

Els ecosistemes terrestres de l'AMB proporcionen múltiples serveis ambientals a la seva població: productius (aliments, productes de fusta, caça, bolets, etc), ambientals (manteniment de la biodiversitat, regulació atmosfèrica i climàtica, regulació dels cicles biogeoquímics, protecció de l'erosió del sòl, regulació hidrològica, o l'emmagatzematge de carboni) i socials (usos recreatius, educatius i de lleure, oportunitats per la recerca, valors tradicionals, culturals i emocionals, valors paisatgístics, etc).

És evident que el canvi climàtic afectarà a molts d'aquests béns i serveis que els ecosistemes proporcionen i, per tant, afectaran els sistemes socioeconòmics o el també anomenat capital natural. No obstant, tal i com especifica el "Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya (2010)" calen més estudis per tal de conèixer i gestionar millor en quin grau aniran produint-se aquests i nous canvis.

Existeixen ja alguns estudis com els de Carles Gracia sobre el pi blanc (*Pinus halepensis*) a Collserola que demostren que el valor econòmic dels boscos de pi blanc en diferents profunditats de sòl pot decreïxer en el context del canvi climàtic, i que tant les variables ambientals com les econòmiques són susceptibles de ser optimitzades, estimant el valor o cost de diferents escenaris ambientals en termes econòmics o de l'ús de l'aigua, i estudiant la resposta fisiològica de les espècies vegetals a les condicions ambientals, per dissenyar estratègies de gestió adequades.

**Imatge 18: Cost del canvi climàtic en els boscos de pi blanc de Collserola en l'escenari BAU (CO<sub>2</sub> estabilitzat als valors actuals) i CC (CO<sub>2</sub> : 700 ppm el 2100)**

Suelo de 50 cm			
	BAU	CC	
VES €/ha	2289	1286	<b>1003</b>
PNP m <sup>3</sup> /ha·y	4.97	4.71	<b>0.26</b>
EUAT m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	630	517	<b>-113</b>
Suelo de 150 cm			
	BAU	CC	
VES €/ha	3915	1412	<b>2503</b>
PNP m <sup>3</sup> /ha·y	6.46	4.81	<b>1.65</b>
EUAT m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	627	567	<b>-60</b>

Font: Carles Gràcia. *Models de gestió i tria d'espècies vegetals als boscos urbans, parcs i jardins en un context d'escassetat hídrica progressiva*. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

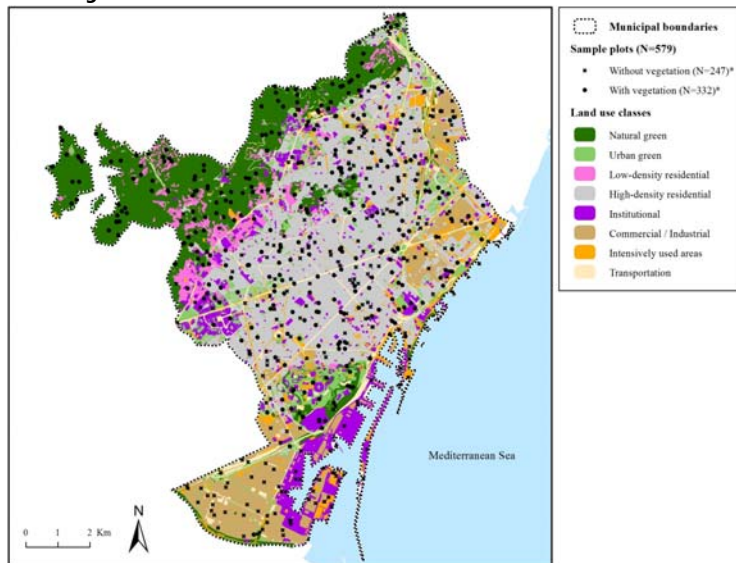
A l'AMB existeixen dos espais que concentren gran part de serveis ambientals proporcionats per ecosistemes terrestres: Collserola i el Parc Agrari.

Collserola esdevé la principal massa forestal de l'AMB i, per tant, el principal embornal de Carboni, però també l'espai que aglutina la major part d'usos socials al medi forestal de l'Àrea metropolitana. En el context del canvi climàtic, com s'ha explicat anteriorment, els seus boscos poden perdre capacitat de fixació de carboni degut a un major estrès hídric.

Pel que fa al Parc Agrari, aquest és l'espai que proporciona major nombre de serveis de producció d'aliments a l'AMB, principalment horta i fruiters de regadiu, així com serveis d'abastament d'aigua a partir de les aigües del seu aquífer profund protegit per llei. Els efectes del canvi climàtic sobre el Parc Agrari poden ser moderats o lleus, a la seva part baixa, on apareixen cultius d'horta amb una major capacitat de resposta enfront dels canvis climàtics degut a la seva gran diversitat de cultius i de sistemes productius. D'altra banda, l'augment tèrmic pot permetre produccions més primerenques amb un valor de mercat més elevat, tot això subjecte a la disponibilitat hídrica, sobre la qual el canvi climàtic podria tenir un impacte molt negatiu. A la part alta del Parc Agrari, en canvi, la predominança de fruiters no cítrics de regadiu pot fer més susceptible la zona als impactes del canvi climàtic, ja que cultius com la pomera, la perera, el cirerer i el presseguer, necessiten un nombre determinat d'hores de fred que podria disminuir amb el canvi climàtic.

### Principals impactes sobre els serveis ambientals del verd urbà

Més enllà dels ecosistemes terrestres situats als grans espais oberts de l'AMB, part dels serveis ambientals dels ecosistemes el proporcionen els espais verds urbans i periurbans, l'anomenada infraestructura verda urbana.

**Imatge 19: Presència de vegetació en els diferents teixits urbans de la ciutat de Barcelona**

Font: CREAM i Ajuntament de Barcelona

Els espais verds urbans tenen efecte en la qualitat de l'aire, les emissions biogèniques, els gasos d'efecte hivernacle, en el consum energètic, en la reducció sonora, en el cicle hidrològic o en els usos recreatius, el benestar i la salut (Terrades, 2013).

No obstant, el segrest net directe de Carboni del verd urbà representa només un 0,13% de les emissions de GEH totals en el cas de Barcelona per exemple.

Els problemes més rellevants que el canvi climàtic pot tenir sobre la infraestructura verda urbana afecten a la capacitat de segrest i emmagatzematge de carboni que podria disminuir amb la disminució de les precipitacions i l'augment de l'evapotranspiració de la vegetació. Les espècies més vulnerables a l'empitjorament del règim hídric serien l'alzina, el plàtan i, en menor mesura el pi blanc. Una altra problemàtica important podria ser l'augment de patologies (fongs i insectes). A nivell d'ús social, el canvi climàtic podria provocar l'expansió d'espècies problemàtiques com el mosquit tigre, o l'excés de calor i la minva de les platges que podria tenir un efecte sobre el turisme. (Terrades, 2013).

#### 4.5. El litoral i els ecosistemes marins

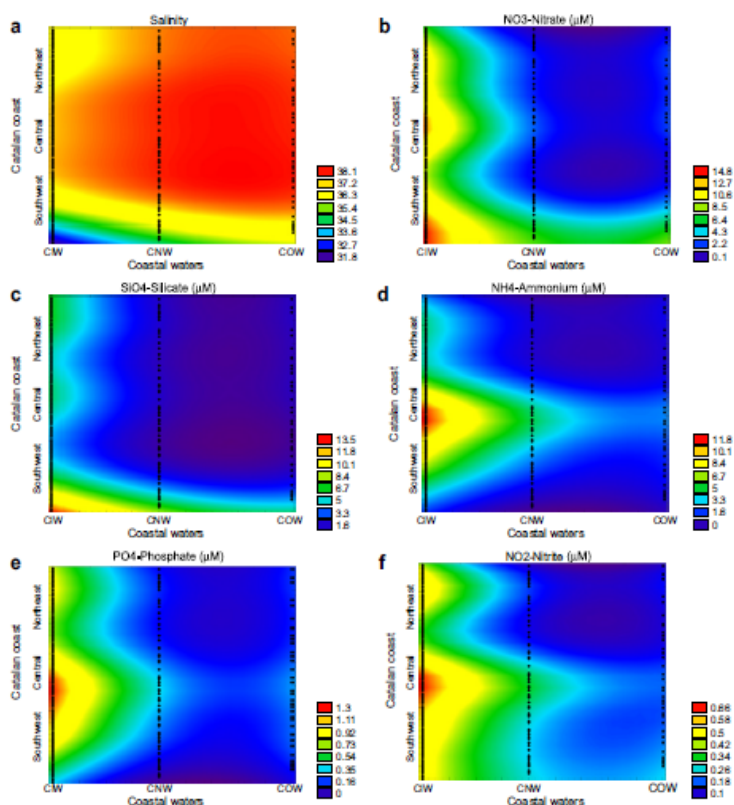
El litoral és el medi receptor dels materials i les aigües que a través dels cursos fluvials drenen les conques hidrogràfiques. El Llobregat i el Besòs són les conques més industrialitzades i poblades de Catalunya i el seu drenatge acaba arribant a mar després de passar pels sistemes de sanejament, que han millorat significativament en les darreres dècades.

Les aigües litorals són doncs el medi on s'aboquen els efluent dels sistemes de sanejament metropolitans. Són receptors de les aigües depurades i també dels abocaments accidentals, fuites o trencaments dels emissaris, avaries o aturades del sistema de sanejament, i abocaments industrials amb superació dels límits d'emissió de certes substàncies. Un cas especialment rellevant d'aportació d'aigües amb càrrega

contaminant al litoral són els episodis de descàrregues dels sistemes de sanejament urbans (majoritàriament unitaris) en temps de pluges, que produeixen sobreiximents, i impliquen el rentat de la superfície urbana.

Les aigües litorals de Sant Adrià del Besòs i del Llobregat tenen una qualitat ecològica alterada per les **aportacions** dels rius i els sistemes de sanejament. Les aigües litorals situades al sud del Llobregat han millorat la seva qualitat amb les millores de sanejament (desviació de les aigües de la riera de Rubí i el riu Anoia, nova EDAR del Llobregat, etc).

**Imatge 20: Concentracions de nutrients a les aigües litorals de la costa catalana:**



Font: Rafel Simó i Marta Estrada. *Efectes sobre les comunitats biològiques costaneres de l'àmbit metropolità Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013*

Els indicadors climàtics més directes i robustos per a l'estat de les zones costaneres són el nivell mitjà del mar i les tempestes d'onatge per a l'erosió, d'una banda, i les inundacions i la temperatura de l'aigua per a la qualitat de l'aigua, de l'altra.

L'estudi de la variabilitat climàtica a la costa catalana mostra un augment de les temperatures i de la freqüència d'ocurrència de mareas meteorològiques. Es mostra un augment de la tendència erosiva, ja present a les nostres costes, i un risc de degradació progressiva de la qualitat de les aigües costaneres<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> El canvi climàtic a Catalunya. *La variabilitat climàtica i la costa catalana*. Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2010

A nivell de **fons marins**, hi ha diferents pressions que alteren la qualitat físico-química i biològica, entre les que es poden destacar l'ús urbanístic costaner, el trànsit d'embarcacions, les activitats d'extracció d'àrids de dragatge de manteniment de ports i transvasament de sorres per regeneracions de platges, i les activitats associades al turisme i al lleure, a banda de l'aportació dels fluxos d'aigües continentals ja comentat.

Les infraestructures sobre els fons marins com els ports, espigons, emissaris, infraestructures de comunicació, gasoductes, etc. artificialitzen de forma significativa el paisatge submarí i representen nous substrats.

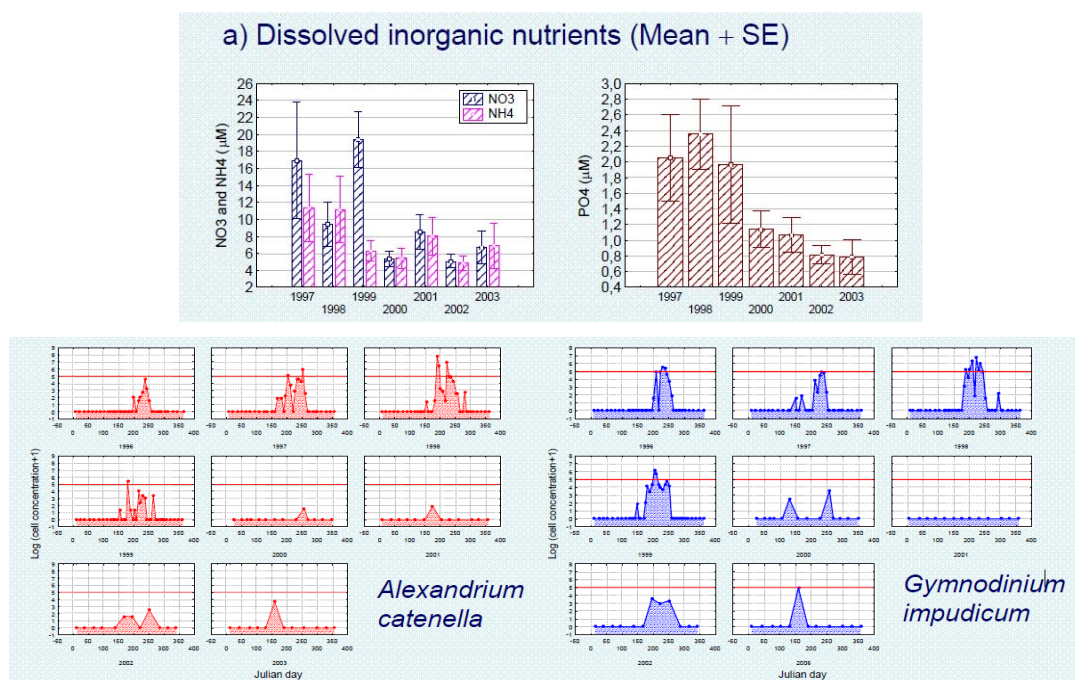
La tendència lleugerament creixent dels darrers anys del nombre de tempestes d'onatge més sever representa un augment de l'erosió i les inundacions, i per la costa catalana subjecte a tempestes de més d'una direcció d'onatge podria representar una modificació de la planta de les platges catalanes pels canvis en la dinàmica litoral.

El canvi del nivell del mar i els canvis comentats poden representar un canvi en la configuració costanera d'equilibri, amb conseqüències especialment sobre les zones amb estructures més rígides. En trams més antropitzats a més, es mostrarà l'afectació dels canvis a través de la regulació fluvial.

La modificació dels règims hidrodinàmics (aportacions de nutrients, estabilitat de l'aigua, temps de residència de l'aigua) són favorables a les **proliferacions de blooms algals**.

L'ACA, a través del Programa de vigilància de fitoplàncton nociu i tòxic fa un seguiment dels episodis de proliferació d'algues nocives. Les proliferacions de fitoplàncton són un fenomen natural i freqüent en algunes platges a l'estiu i en la majoria de casos no suposen cap risc per als banyistes. Al litoral de la demarcació de Barcelona, les proliferacions naturals de fitoplàncton van representar al 2011 un 9% del total d'afeccions observades sobre l'aspecte visual en aquest àmbit.

Al Port de Barcelona s'ha vist com pràcticament eliminen les proliferacions massives de dinoflagelades nocives gràcies a les actuacions realitzades en els darrers anys per reduir la càrrega de nutrients aportada (al 2000 s'atura la sortida de clavegueram i des del 2003 es redueix l'escorrentia de pluja i s'obre una nova boca).

Imatge 21: Evolució d'*Alexandrium catenella* i *Gymnodinium impudicum* en relació a l'aportació de nutrients:

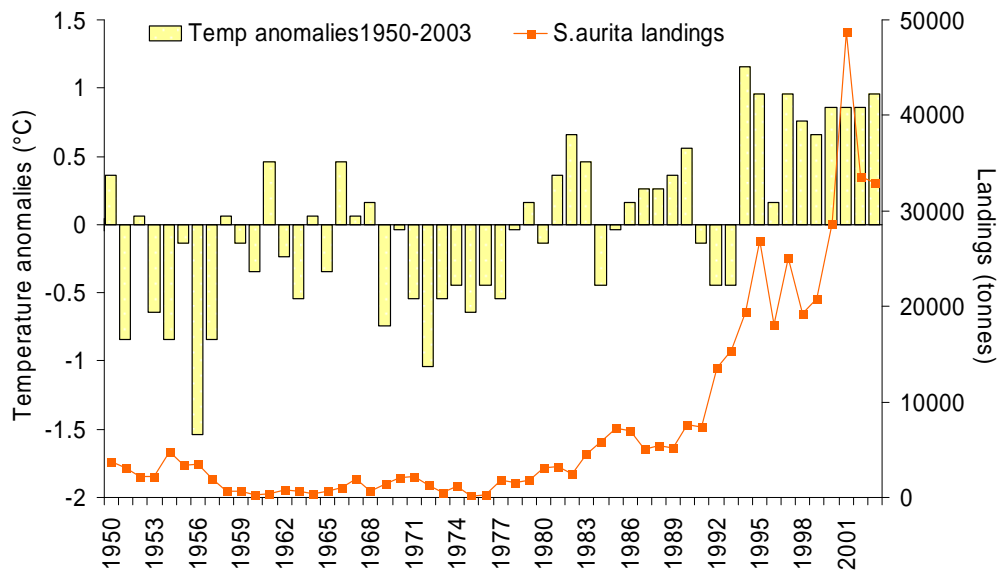
Font: Rafel Simó i Marta Estrada. *Efectes sobre les comunitats biològiques costaneres de l'àmbit metropolità Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013*

Els principals efectes que el canvi climàtic pot tenir sobre la biota i les comunitats són els canvis en les pautes de distribució geogràfica i batimètrica, els canvis en la fenologia, l'estrès fisiològic, malalties i episodis de mortalitats en massa i a gran escala<sup>9</sup>.

A l'hora de plantejar el futur dels poblaments en un mar més càlid és que algunes espècies es podran adaptar més o menys bé als canvis i mantindran o expandiran la seva distribució actual, mentre que d'altres reduiran la seva distribució o desapareixeran.

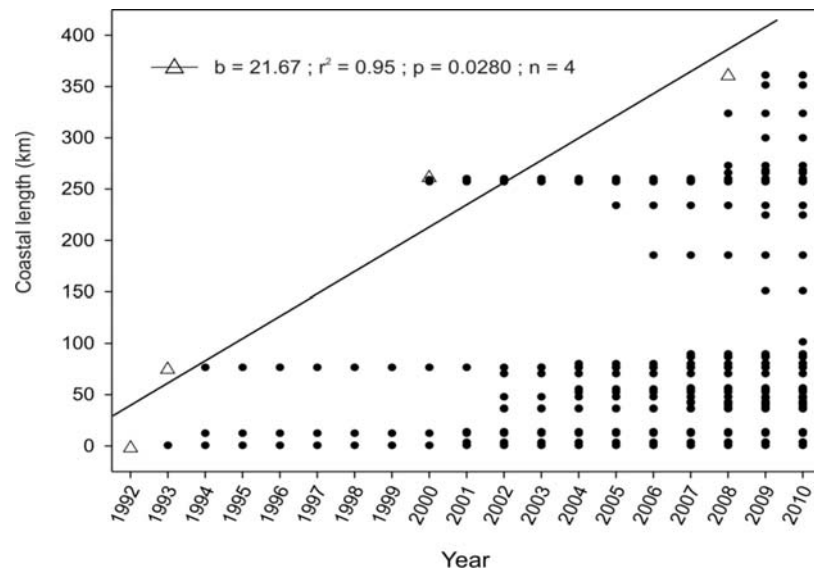
Un dels estudis que demostren clarament el **canvi en la distribució** d'una espècie és el de Sabatés et al. (2006) sobre l'alatxa (*Sardinella aurita*), on a través de l'anàlisi dels canvis en l'abundància i la distribució d'aquesta espècie termòfila al llarg de les darreres dècades, es troba una correlació positiva entre les anomalies tèrmiques i les captures: les abundàncies d'un any depenen de les temperatures enregistrades en l'època de maduració de l'any anterior. Al mateix temps, el límit septentrional dels ous i les larves de l'alatxa ha passat de la latitud aproximada del delta de l'Ebre de fa vint anys a la latitud de Blanes d'avui dia: l'escalfament progressiu de les aigües superficials ha permès l'extensió cap al nord de l'espècie.

<sup>9</sup> Aigua i canvi climàtic. Diagnosi dels impactes previstos a Catalunya. Impactes sobre els ecosistemes aquàtics. *El mar i les costes catalanes ja noten l'efecte del canvi climàtic*. Generalitat de Catalunya, 2009.

Imatge 22: Abundància de l'alatxa (*Sardinella aurita*) en funció de les anomalies tèrmiques al llarg dels anys:

Font: Rafel Simó i Marta Estrada. *Efectes sobre les comunitats biològiques costaneres de l'àmbit metropolità Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013*

Un altre exemple és el cas que mostra el canvi en la distribució d'una espècie és el de l'*Oculina patagonica*. Les àrees litorals tancades amb aigües més càlides són reservoris d'espècies exòtiques entre les quals hi ha les d'afinitats tropicals, aportades en el passat o actualment per mitjà del transport en l'aigua de llast dels vaixells o en el *fouling* de les seves carenes. L'augment de la temperatura de les aigües del Mediterrani pot comportar l'extensió de l'àrea de distribució d'algunes d'aquestes espècies. El corall hermatípic tropical *Oculina patagonica* fins fa poc estava restringit al port d'Alacant i ara s'ha estès en els fons superficials de moltes localitats del mediterrani occidental. Des de 1992 al 2011 l'espècie ha expandit el seu rang de distribució cap al nord (22 km/any).

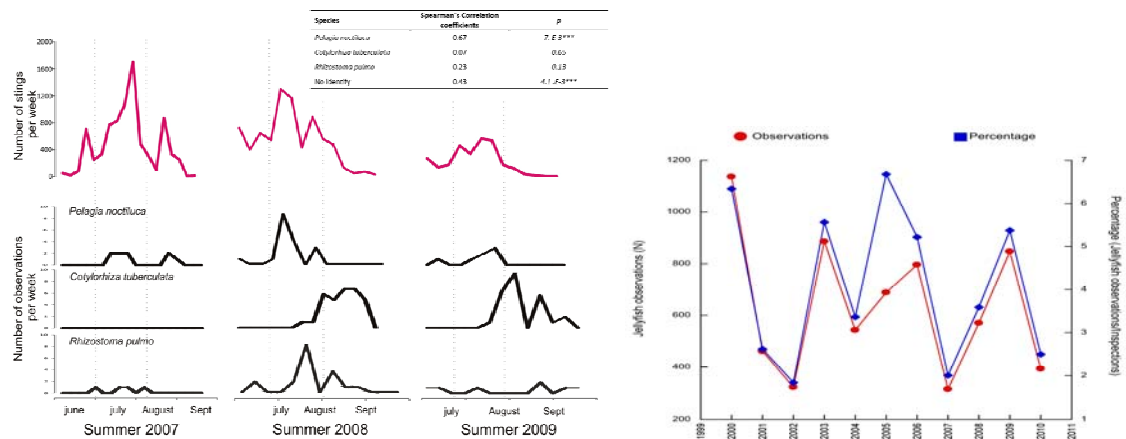
**Imatge 23: Evolució del rang d'expansió de *Oculina patagonica***

Font: Rafel Simó i Marta Estrada. *Efectes sobre les comunitats biològiques costaneres de l'àmbit metropolità* Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

Aquest fet pot substituir la dominància de les macroalgues en l'infralitoral rocós. En contrast, diverses espècies de corall endèmiques s'estan veient negativament afectades per l'augment de la temperatura (Goffredo et al. 2009, Kersting & Linares 2011). Els factors principals que afavoreixen el desenvolupament de l'espècie són l'augment de temperatura (sembla ser que sobretot la temperatura d'hivern) i la disponibilitat d'espai que representen els seus hàbitats artificials.

Les **meduses** són organismes planctònics gelatinosos que formen eixams d'elevades densitats quan les condicions són favorables, causant problemes en algunes activitats econòmiques i en la gestió dels recursos naturals, al marge del seu interès des del punt de vista ecològic.

Les observacions d'eixams a les platges i el nombre creixent de banyistes picats per aquests organismes han creat un senyal d'alarma i han comportat en els darrers anys la realització de campanyes de salut pública especialitzades i a l'establiment de programes de seguiment ambiental (Gili et al, 2009).

**Imatge 24: Espècies i picades / Sèrie de dades.**

Font: Projecte Medusa

L'aparició de meduses a les platges depèn principalment de les condicions per al creixement i la reproducció en zones allunyades de la costa i del transport dels eixams des de mar obert i acumulació prop de la costa.

Les meduses són particularment sensibles a la temperatura i les oscil·lacions climàtiques. Així, l'augment de la temperatura i estratificació de l'aigua superficial a mar obert afavoreix les meduses respecte altres depredadors. Per altra banda, cal dir que la disminució de les sortides d'aigua dolça afavoreixen l'acostament d'aigües de mar obert a les platges.

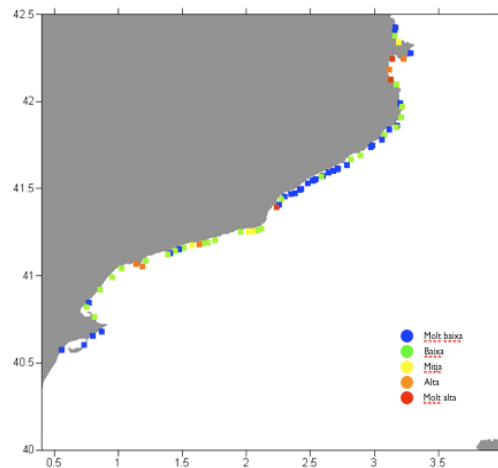
En un context de franja litoral urbanitzada, les estructures sòlides poc colonitzades afavoreixen la instal·lació de fases de pòlip de les espècies més costaneres, que proliferen a l'estiu.

Amb l'augment de la temperatura de l'aigua augmenta el risc d'arribada d'espècies tropicals, algunes d'elevada toxicitat.

També cal dir que un estudi de Molinero et al (2008) mostra com els períodes de fase positiva de l'oscil·lació de l'Atlàntic Nord (NAO) afavoreixen les proliferacions de meduses a la Mediterrània nord-occidental, i que sembla que hi hagi una tendència climàtica a mantenir aquesta fase positiva. Això, juntament amb la sobrepesca de peixos d'interès comercial que facilita l'alimentació de les meduses, l'increment de nutrients per les meduses que representen les aigües eutrofitzades i l'impacte sobre els depredadors apunten a un increment progressiu de la presència d'eixams de meduses a les nostres platges en els propers anys<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> El canvi climàtic a Catalunya. *Ecosistemes marins*. Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2010

Imatge 25: Probabilitat d'eixams a la platja.

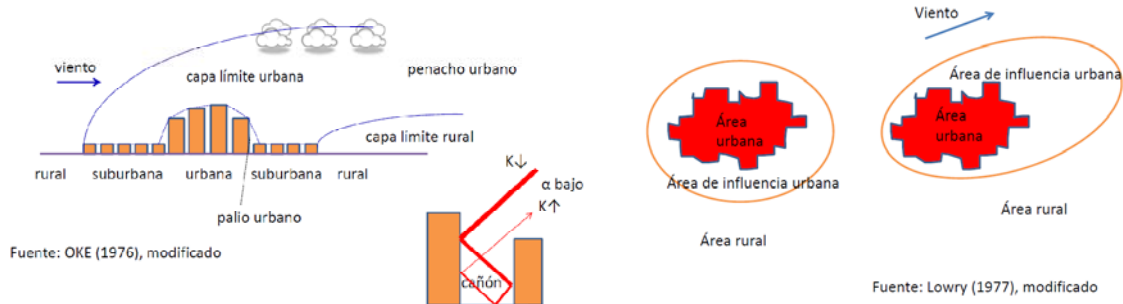


Font: Projecte Medusa

#### 4.6. Sistema urbà

L'asfalt, els edificis i el traçat de la xarxa viària modifiquen els balanços de radiació entre el sòl i l'aire, reduint l'evapotranspiració, augmentant l'escorrentia superficial i disminuint la velocitat del vent a la vegada que augmenta la seva turbulència. Tot això produeix el fenomen de la **illa de calor**, que es caracteritza per l'augment de temperatures a les ciutats en relació amb les àrees veïnes més fredes.

Imatge 26: Esquema bàsic dels sectors amb modificació climàtica urbana i la seva àrea d'influència en la horitzontal



Javier Martín-Vide. *El reforzamiento de la 'isla de calor' urbana con el cambio climático en el área metropolitana.* Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

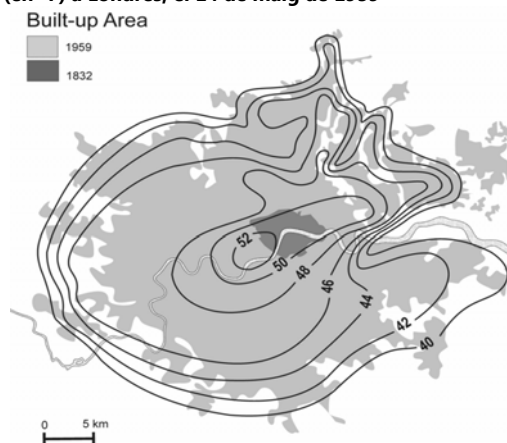
Les **principals alteracions** que fa la ciutat sobre el medi són:

- La modificació de la topografia prèvia o sobreimposició d'una "topografia urbana", on predominen molt les formes geomètriques, amb molta linealitat i compacitat. Això provoca l'alteració dels fluxos aeris, amb una notable disminució de la velocitat del vent i un augment de la turbulència.
- La substitució del sòl natural per materials de construcció (amb major capacitat calorífica), paviments i sistemes de drenatge (impermeabilitat). Aquesta alternació produeix la modificació del balanç d'energia (augmentant la temperatura) i del balanç hídric (disminuint l'evaporació i la humitat).

- La generació o alliberament de calor antropogènica degut a activitats diverses com poden ser les combustions, la il·luminació, la calefacció, o el trànsit, entre altres, produeix una modificació del balanç d'energia (augmentant la temperatura) i reforçant la convecció (augmentant la nuvolositat).
- L'emissió de partícules i de gasos contaminants produeix una alteració de la qualitat i característiques de l'aire, provocant una reducció de la visibilitat, l'augment de la nuvolositat i un augment de les malalties respiratòries.

Aquestes alteracions provoquen com s'ha dit una anomalia tèrmica positiva a la part central de les ciutats per contrast amb les zones de la perifèria. Sovint l'illa de calor es presenta de forma concèntrica, amb les isoterms abraçant el centre de l'àrea urbana. A continuació s'adjunta una imatge de la temperatura mínima a Londres, del 14 de maig de 1959, on es veu molt clarament aquesta distribució territorial.

Imatge 27: Temperatura mínima (en °F) a Londres, el 14 de maig de 1959



Font: Chandler, 1965

L'illa de calor és un balanç d'energia d'un balanç edificat amb aire, i les seves **principals causes** són:

- Major capacitat d'emmagatzament de calor durant el dia per l'alta capacitat calorífica dels materials de construcció que formen les ciutats.
- Producció de calor antropogènica per la pròpia activitat de la ciutat: mobilitat, climatització de les vivendes, combustió, il·luminació,...
- Disminució de l'evaporació per pavimentació i per l'eficàcia dels sistemes de drenatge urbans.
- Menor pèrdua de calor sensible per la reducció de la velocitat del vent.
- Augment de l'absorció de la radiació solar per "captura" a causa de la geometria urbana.
- Disminució de la irradiació nocturna degut a un baix SVF (Sky View Factor).
- Reemissió cap a la superfície de la radiació d'ona llarga degut a la contaminació atmosfèrica.

L'illa de calor és un fenomen nocturn, on les condicions meteorològiques més favorables són el vent en calma o molt suau i un cel clar o poc ennuvolat. Aquest fenomen es produirà més intensament com més gran sigui la mida poblacional de la ciutat. Els **factors** que típicament han intervingut en el fenomen de l'illa de calor són:

- Factors temporals: hora del dia i estació de l'any
- Factors meteorològics: vent i nuvolositat
- Factors geogràfics: altitud i distància al mar
- Factors urbans: densitat, estructura urbana, tipologia de les edificacions, etc.

El paper del canvi climàtic reforçarà el fenomen de l'illa de calor, incorporant-lo a la llista anterior com a un nou factor.

Les **conseqüències** de l'illa de calor són àmplies i diverses:

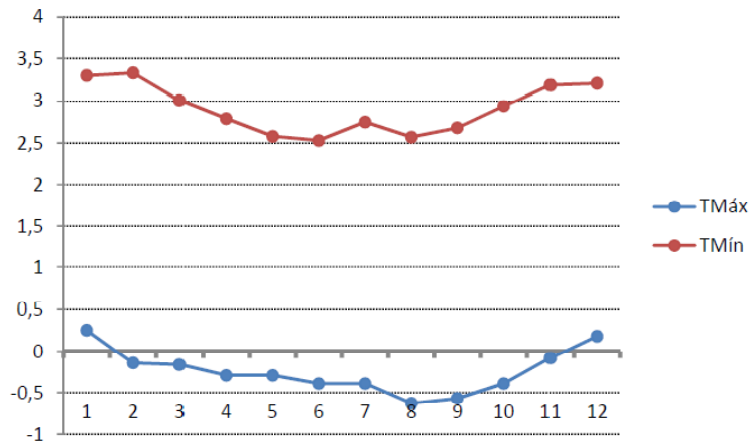
- Convecció urbana, brisa urbana, disminució de nevades,...
- Adaptació d'espècies exòtiques de climes més càlids, modificació del calendari fenològic.
- Augment del consum energètic a l'estiu, que sembla ser que no és compensat per l'estalvi en calefacció a l'hivern.
- Afecció en el patrimoni monumental per l'afecció als materials
- Disminució del confort climàtic nocturn estival, sobre tot en climes humits.
- Agreujament de les condicions d'estrès tèrmic durant les onades de calor.

Hi ha 3 **mètodes** o elements **d'aproximació** a aquest fenomen: diferències entre zones urbanes i rurals, mitjançant transsectes i mitjançant teledetecció i imatges aèries. A continuació s'expliquen les principals característiques de cadascun d'aquests 3 mètodes.

1. Diferències entre les zones urbanes i les rurals: mitjançant els registres en dos punts comparables, un urbà i un altre rural, i seguint l'esquema de Lowry.

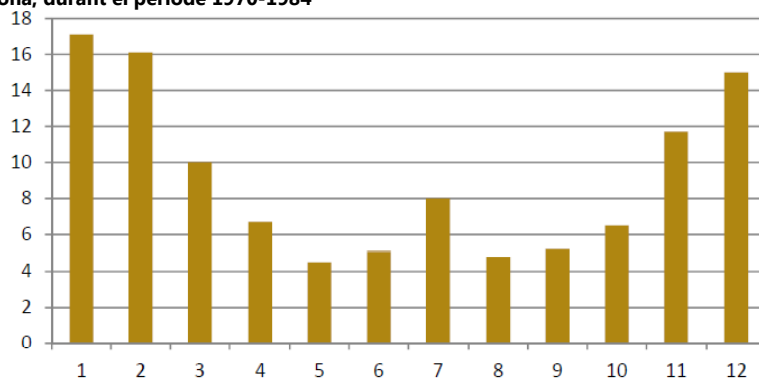
En el cas de Barcelona, la temperatura mitjana anual en el centre de la ciutat és 1,4°C superior a la de l'aeroport. A continuació es mostra la correlació existent en la temperatura d'aquests dos punts comparables de medició.

**Imatge 28: Promig mensual (en °C) de les diferències entre les temperatures màximes i mínimes diàries de Drassanes i Aeroport de Barcelona al llarg dels anys 1970-1984**



Font: Moreno (1992)

**Imatge 29: % de dies de cada mes amb una diferència tèrmica entre temperatures mínimes  $\geq 5^{\circ}\text{C}$ , entre Drassanes i Aeroport de Barcelona, durant el període 1970-1984**



Font: Moreno (1992)

2. Mitjançant transectes urbans, generalment a través de la utilització de vehicles equipats amb termohigròmetres digitals.

A Barcelona, mitjançant un termohigròmetre instal·lat en un vehicle i unes rutes establertes amb 117 punts d'observació al llarg de 108 Km de llarg es configuren plànols de l'illa de calor.

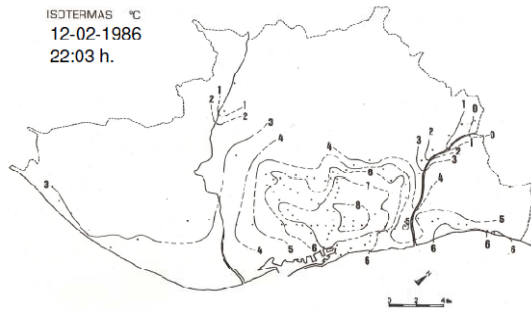
**Imatge 30: Termohigròmetre i ruta dels 5 transectes que es fan a Barcelona per a realitzar els mapes de les illes de calor.**



Font: Martin Vide et al. (1987)

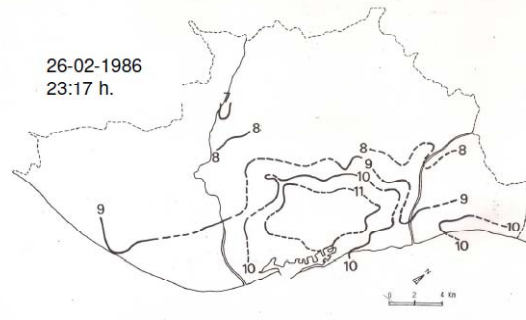
Aquestes dades permeten grafiar les illes de calor, que poden reflectir les característiques específiques de cada manifestació d'aquest fenomen. Per exemple a continuació s'adjunten la imatge d'una illa de calor intensa, una illa de calor dèbil amb altiplà (situació que representa les ¾ nits amb illes de calor a Barcelona), i una illa de calor dèbil desplaçada.

**Imatge 31: Illa de calor: de calor intensa**



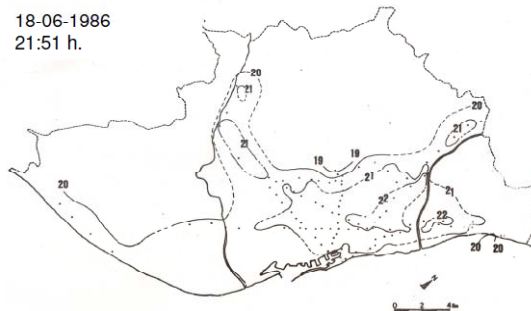
Font: Moreno (1993)

**Imatge 32: Illa de calor: de calor dèbil en altiplà**



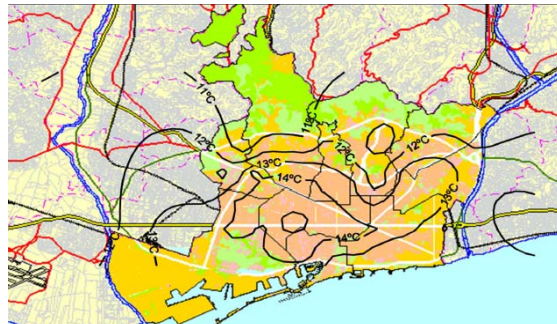
Font: Moreno (1993)

**Imatge 33: Illa de calor: dèbil desviada**



Font: Moreno (1993)

**Imatge 34: Illa de calor: de calor moderada**



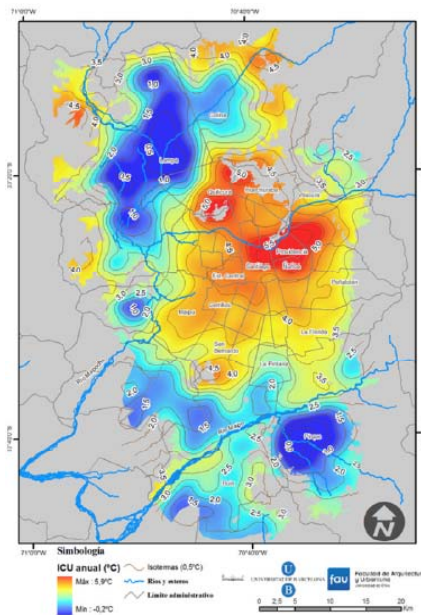
Font: Martin-Vide et al. (2003)

### 3. Mitjançant teledetecció i imatges aèries

Un bon exemple poden ser les imatges Terra MODIS, que obtenen imatges tèrmiques nocturnes (MOD11A1 V.5) del satèl·lit d'òrbita polar de la NASA, llançat el 1999.

Mitjançant un sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) amb 36 bandes espectrals i una resolució espacial de 250 m a 1 Km, i amb una correcció posterior s'obtenen imatges descarregables des de Internet<sup>11</sup> d'alta precisió.

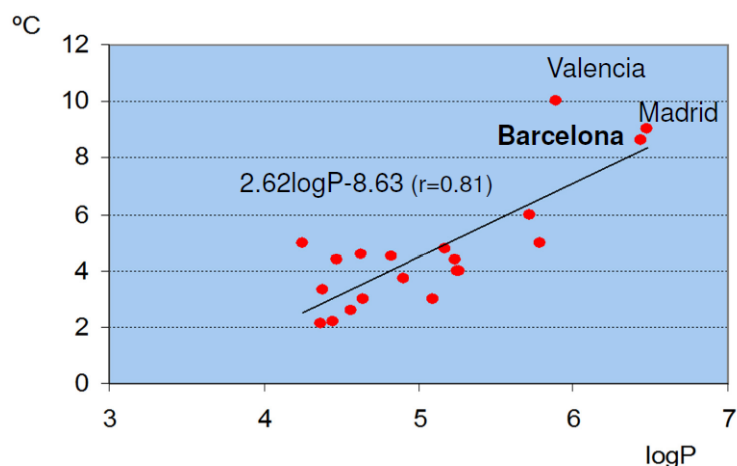
<sup>11</sup> <http://glovis.usgs.gov/>

**Imatge 35: Imatge Terra MODIS**

Font: Universitat de Barcelona i FAU

Aquest tipus de metodologia també permet l'estudi de l'illa de calor superficial, que és el que indica la diferència entre la temperatura registrada en els materials urbans (paviment, voreres, terrats dels edificis, etc.) i l'aire situat per sobre d'ells.

Alguns dels resultats de l'estudi del fenomen de l'illa de calor permeten determinar que la intensitat de les illes de calor en graus, està relacionada amb la població. Com a exemple, s'adjunta a continuació un gràfic de 20 ciutats espanyoles, on es mostra que a major població, major intensitat de manifestació del fenomen de l'illa de calor.

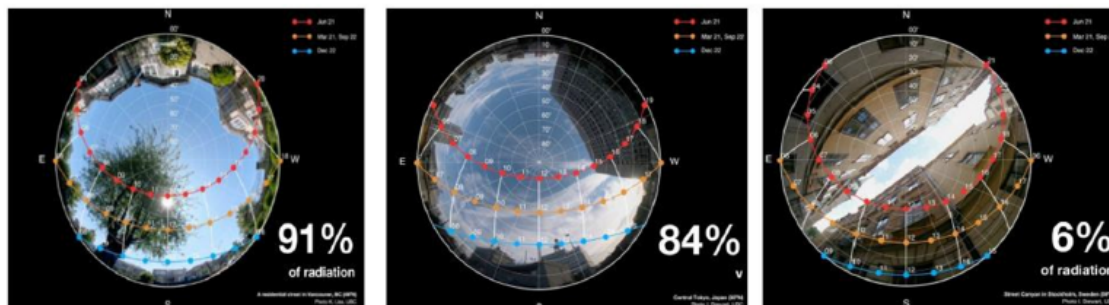
**Imatge 36: Relació de la població amb la intensitat de l'illa de calor (en °C)**

Font: Martin-Vide et al. (2002)

També es conclou que les temperatures més altes a la ciutat en comparació a les zones rurals es deuen a una complexa interacció entre les propietats geomètriques i tèrmiques, i a més estan relacionades amb la radiació de la ciutat. La geometria s'expressa sovint sobre la base de l'índex SVF (Sky Vision Factor) o la relació de l'alçada (H) dels edificis i l'amplada (W) dels blocs intermedis. El SVF pretén mesurar la fracció

del cel que és visible en cert lloc quan s'està estirat a terra. La forma de mesurar aquest índex és mitjançant "imatges d'ull de peix".

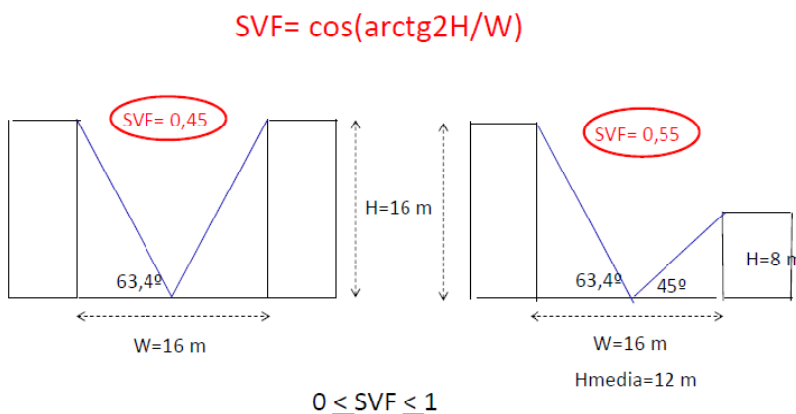
Imatge 37: Índex SVF mitjançant imatges d'ull de peix



Font: <http://www.stedenbouwen.nl/melbourne-hitte-in-de-stad-door-stedelijk-warmte-eiland/>

Per exemple, un lloc de la ciutat amb un valor baix de SVF (gran alçada dels edificis respecte a l'amplada del carrer), produeix una absorció més forta de la radiació entrant respecte a un altre lloc amb un alt valor de SVF; i a més a la sortida d'aquesta radiació no pot emetre la radiació infraroja. Aquest seria el cas típic que es produeix en els centres de grans metròpolis com New York i Tòquio, que es caracteritzen per grans gratacels amb una gran proporció d'alçada respecte amplada (valor baix de SVF), que causa que gran part de l'energia tèrmica s'alliberi a la nit. També pot conduir a una reducció en la ventilació pel bloqueig del vent predominant a l'àrea, reduint el refredament d'aquesta.

Imatge 38: Esquema conceptual de l'Índex SVF

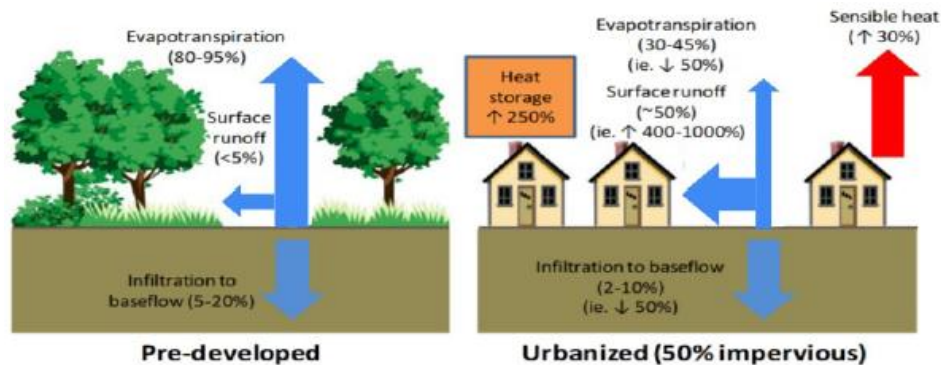


Javier Martín-Vide. *El reforzamiento de la 'isla de calor' urbana con el cambio climático en el área metropolitana.* Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

Els materials de construcció tenen tendència a absorbir més radiació (ja que sovint són més foscos que les pastures, o al bosc camp), de manera que això condueix a un augment de la temperatura de la superfície. Un altre aspecte rellevant és la impermeabilitat de la zona urbana, que dóna lloc a una evaporació limitada i consegüentment una menor alliberació de la calor dels materials.

A les ciutats hi ha un alt percentatge de superfícies pavimentades, amb l'objectiu de drenar ràpidament l'aigua de pluja. Aquest fet redueix l'energia solar que entra a la ciutat durant el dia "es gasta" en el procés d'evaporació, com és el cas en les zones rurals. Aleshores, l'excés d'energia s'emmagatzema en els materials i les estructures, i s'alenteix el seu alliberament a la nit.

Imatge 39: Balanç d'aigua i energia en un entorn natural (esquerra) i urbanes (dreta).



Font: <http://www.stedenbouwen.nl/melbourne-hitte-in-de-stad-door-stedelijk-warmte-eiland/>

#### 4.7. Agronomia del verd urbà

Les ciutats són sistemes complexes, el cas de l'Àrea Metropolitana de Barcelona aglutina 36 municipis alguns d'ells generant un continu urbà d'elevada densitat. El funcionament diari de l'activitat que es produeix en l'entorn metropolità requereix d'energia, matèria, informació per poder funcionar, a la vegada que es genera calor, residus, emissions GEH, contaminants, i informació i riquesa entre d'altres. Aquest concepte és el que entenem com a metabolisme urbà.

Els teixits urbans i la seva morfologia generen superfícies absorbents, grans zones no permeables, fins i tot generació de calor pel seu funcionament i estructures que generen microclimes específics. De fet l'home ha generat un ecosistema artificial on duu a terme la seva activitat diària, el verd urbà forma part d'aquest sistema amb la dificultat de disposar una vegetació en un entorn que no li és el més propici per a que pugui desenvolupar el seu cicle vital. Per altra banda, tot i no estar en un ambient adient, al verd urbà se li demana un seguit de serveis.

Val a dir que en el cas de l'Àrea metropolitana comptem amb els espais oberts que la configuren com són els espais naturals protegits del Garraf, Collserola, la Serralada de Marina i les serres de l'Ordal i les zones humides del delta del Llobregat, així com els espais fluvials del Besòs i el Llobregat. Aquest espais aglutinen la major part d'hàbitats que configuren la biodiversitat metropolitana.

Cal afegir aquí els espais agrícoles, el Parc Agrari és sens dubte l'espai agrícola més gran de l'ÀMB on a banda del seu valor com espai productiu cal reconèixer-li la munió de serveis ambientals que proveeix, com ara el seu paper en el cicle de l'aigua com a sòl permeable, bona part de l'aqüífer estratègic del Llobregat està íntimament relacionat amb el Parc Agrari, té un paper també com a embornal de CO<sub>2</sub>. A banda dels valors paisatgístics, culturals, de lleure, i sobretot manté el sector primari en l'ÀMB com

a sector productiu fet que pot ser rellevant per a tenir una producció de fruites i hortalisses de proximitat.

Un dels altres elements són els parcs metropolitans, parcs d'una certa entitat sovint relacionats amb valors patrimonials o bé amb la generació d'espai públic de qualitat, però que a la vegada confereixen l'aportació al teixit urbà de presència de vegetació, d'espais de tranquil·litat o bé d'espais de lleure. Aquest parcs aproximen a la població a un entorn menys dur, menys antropitzats, per bé que no deixen de ser espais creats. Però aporten els serveis ambientals que genera la vegetació, regulació tèrmica, cicle de l'aigua, deposició seca de contaminants, paisatgístics, etc.

Cada cop li demanem més funcions a un verd que com hem dit està en un ambient més aviat hostil o sovint poc idoni per tal de que pugui desenvolupar-se de manera adient. Sens dubte la duresa per a la vegetació del medi urbà es veurà agreujada pels efectes del canvi climàtic per tant cal definir actuacions agronòmiques, en base ecofisiològica, que permetin utilitzar tecnologies adients, per la finalitat específica, sense menystenir aspectes mediambiental, ecològics globals. Cal dissenyar, per aplicar, polítiques d'adaptació i en els casos possibles, de mitigació.<sup>12</sup>

Per afrontar el repte que pot suposar per la vegetació en entorns urbans el canvi climàtic es presenten les següents estratègies:

- Adaptar el material vegetal
- Millorar la capacitat d'emmagatzematge d'aigua i la fertilitat dels sòls
- Incrementar l'eficiència en l'ús de l'aigua, valoritzant d'entre altres opcions l'agricultura de precisió i l'ús d'aigües regenerades

Adaptar el material vegetal a major escassetat hídrica a períodes més prolongats d'elevada temperatura; triar per als parcs espècies més resistents i incorporar els possibles escenaris de canvi climàtic, escollir aquella vegetació més resistent a malures, o que generi menys problemes al·lèrgics; molts d'aquests aspectes es consideren, hi ha manuals o guies de bones pràctiques o fins i tot està incorporat en els plecs de condicions, però cal estendre aquests criteris a nivell dels municipis metropolitans.

A la vegada que s'incorporen aquests criteris mencionats anteriorment cal promoure l'ús racional dels productes fitosanitaris en parcs i jardins, fer-ne un bon control i treballar per minimitzar-ne el seu ús sempre que sigui possible. Les plagues poden també patir patrons lleugerament diferents amb els impactes del canvi climàtic i caldrà tenir-ho en consideració.

Un altre punt d'interès de les àrees verdes urbanes, és i serà la seva gestió basat en criteris de sostenibilitat i utilitzar aquest tipus de gestió per a usos pedagògics. El canvi global podria promoure noves plagues i / o modificar el comportament fenològic de plagues noves i velles. Així, els criteris de producció integrada, control biològic i per

---

<sup>12</sup> Robert Sabé. *Agronomia del verd urbà: una de les aplicacions de l'ecofisiologia*. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013.

tant la reducció de l'ús de plaguicides és l'estàndard utilitzat en els parcs públics del primer món. La relació planta / plaga és la clau per desenvolupar aquest tipus de producció, de control.<sup>13</sup>

### Millorar la capacitat d'emmagatzematge d'aigua i la fertilitat dels sòls

Sovint en entorns urbans el subsòl ha estat un aspecte menystingut, tant pel que fa a la qualitat del sòl (textura, granulometria, nutrients, etc..) com pel que fa a la quantitat de sòl. És freqüent que el sòl sigui escàs, molt limitat i normalment compactat o molt alterat, s'ha menystingut el desenvolupament d'un bon aparell radicular en sòls urbans i això sovint comporta arbrat de pitjor qualitat amb creixements més limitats i menys resistents a episodis de sequera o a inclemències meteorològiques com les fortes ventades. Un repte és millorar la qualitat d'aquests sòls, tant qualitativa com quantitativament, incorporar tècniques de micorrizació que s'ha vist que atorguen una major resistència a la manca de recursos hídrics, o que poden facilitar l'obtenció de nutrients per part de la vegetació. A la vegada el sòl és un factor clau com a regulador de la quantitat d'aigua disponible per les plantes, és una component que pot ajudar a regular millor la irrigació i el consum d'aigua final de la planta.

### Ús d'imatges de satèl·lit digitals com indicadors de l'estat hídric

La fotografia digital amb càmeres estàndard pot ser un instrument barat, senzill i portàtil per obtenir una avaluació objectiva i ràpida del moment actual i els diferents estats de la vegetació, la qual cosa, pot ser important en el maneig dels cultius, jardins i restauració del paisatge<sup>14</sup>.

A través d'imatges de satèl·lit d'infraroig proper es pot detectar la biomassa i vitalitat de la vegetació utilitzant el càlcul de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

Malgrat els prometedors resultats, cal tractar d'avaluar els efectes de les diferents estressos que es produeixen a la vegada, la interacció entre les espècies, l'estrès / fenologia complementarietat (Casadesus et al 2005) i també la relació entre fotografia digital i espectroradiometria.

### Incrementar l'eficiència en l'ús de l'aigua

La vegetació requereix aigua per poder-se desenvolupar, en un entorn urbà com s'ha mencionat sovint els sòls són escassos, de baixa qualitat i aquest fet redueix la seva capacitat de regulació hídrica i dificulta el desenvolupament radicular. Sistemes de reg eficients que garanteixin un bon subministrament d'aigua a la vegetació i que a la

---

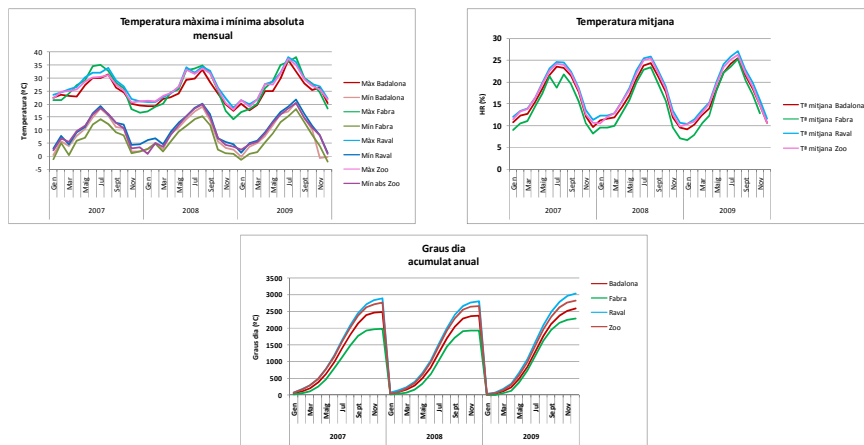
<sup>13</sup> Robert Sabé. *Agronomia del verd urbà: una de les aplicacions de l'ecofisiologia*. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013.

<sup>14</sup> Evaluacion de imágenes digitales como indicadores del estado hídrico (Casadesus et al 2005).

vegada facin un ús racional de l'aigua són imprescindibles per ser eficients en l'ús d'aquest recurs escàs.

Els manuals de reg editats per diferents ajuntaments tenen en compte totes les variables necessàries per a calcular una correcta dosi de reg. Cal però tenir en compte la variabilitat microclimàtica entre les diferents zones de Barcelona, per incrementar l'eficiència en l'ús de l'aigua<sup>15</sup>.

#### Imatge 40. Temperatura màxima i mínima absoluta mensual, Temperatura mitjana i Graus dia acumulat anual



Font: Savè, R., De Herralde, F., Aranda, X. & Biel, C. 2012. Mejora de la gestión del agua en los espacios públicos ajardinados, pp: 133 - 169. En Mejora en la sostenibilidad en el uso del agua en el espacio público municipal. Propuestas para un plan de actuación municipal. Publicaciones de la Diputación de Barcelona

L'Àrea Metropolitana de Barcelona en els seus parcs fa una gestió i un ús racional del cicle de l'aigua. El sistema de gestió i control de qualitat dels parcs metropolitans té un apartat específic on es valora el sistema de reg i l'eficiència de l'ús de l'aigua.

L'illa de calor tal i com hem vist pot ser un dels fenòmens que es vegi agreujat en l'entorn metropolità sobretot a les zones de major continu urbà. Un dels elements que poden ajudar a disminuir els possibles impactes de l'illa de calor poden ser les cobertes verdes.

A banda del seu paper termoregulator a escala urbana, els elements vegetals tenen altres aspectes que els fan interessants, com la de contribuir a l'aportació de verd en una trama urbana, aporten biodiversitat en entorns clarament molt artificials, poden contribuir a una certa regulació del cicle de l'aigua i sobretot tenen un paper com a aïllant que fa que les edificacions puguin millorar la seva eficiència energètica.

Els efectes positius d'aquesta vegetació són l'estalvi d'energia, un bon ús de l'aigua de pluja i la seva recuperació, reducció la contaminació per pols, millora del paisatge urbà,

<sup>15</sup> Savè, R., De Herralde, F., Aranda, X. & Biel, C. 2012. Mejora de la gestión del agua en los espacios públicos ajardinados, pp: 133 - 169. En Mejora en la sostenibilidad en el uso del agua en el espacio público municipal. Propuestas para un plan de actuación municipal. Publicaciones de la Diputación de Barcelona

mitigació de l'escalfament, augment de la biodiversitat, de la regulació de la temperatura dels edificis, etc.

Les cobertes verdes s'han utilitzat principalment en el nord i centre d'Europa, en comparació, amb els països de la Mediterrània. Lo qual pot atribuir-se a aspectes econòmics i a les condicions ambientals.

Les característiques que han de tenir les cobertes verdes són:

- Ambientament sostenibles, amb baixes necessitats de manteniment.
- Desenvolupar la cobertura en les diferents estacions de l'any
- Tenir valor estètic
- Baixa capacitat al·lèrgica
- Resistent a la sequera i amb baixes necessitats de reg

El repte de contribuir a la climatització dels edificis, està centrat en l'agronomia de l'horticultura intensiva, com:

- La selecció de substrats, amb poc pes, estables, amb una molt bona relació aire/aigua i amb alta qualitat química
- La gestió adequada del reg, per satisfer les necessitats hídriques dels vegetals, mantenint un apropiat equilibri aire/aigua

**Això ha de permetre estabilitat de coberta i facilitat de maneig**, important, almenys per al que paga, pel valor ornamental i pel tamponament tèrmic dels edificis (Vestrela, Biel & Savé. 2012)

Des de l'ÀMB s'ha promogut la utilització d'aigua regenerada per diversos usos, el reg de zones agrícoles, el reg de zones verdes, el subministrament d'aigua a les zones humides el Delta de Llobregat, la barrera contra la intrusió salina, l'ús industrial i l'ús com a cabal de manteniment. Des de l'EDAR del Llobregat hi ha una xarxa d'aigua regenerada que permet aquests usos, i fins i tot hi ha un sistema que es prolonga fins a Barcelona al Parc de Montjuïc per garantir el reg de les zones verdes que el conformen. Per tant, aquest és un recurs que s'ha promogut des de l'ÀMB i que permet estalviar aigua de major qualitat per a altres usos.

**L'ús d'aigua regenerada per al reg és una alternativa interessant, però,** amb la finalitat de gestionar correctament, **cal considerar una sèrie de factors:**

- Les característiques físiques i químiques del sòl
- La selecció d'espècies adequades: tolerants o resistents a la salinitat
- La seva qualitat química i microbiològica
- La variabilitat de la qualitat de l'aigua en el temps i la font de subministrament
- El clima
- El mètode de reg, el drenatge i la gestió de l'aigua

Cal considerar que l'aigua regenerada pot presentar certes problemàtiques, com poden ser la salinitat o bé la presència de contaminants emergents o patògens. Val a dir que si s'utilitzen mètodes de control i sistemes de desinfecció aquestes problemàtiques es poden controlar.

Un dels efectes del canvi climàtic sobre la vegetació són els canvis fenològics. Les condicions climàtiques poden fer variar les èpoques de floració, o bé fins i tot es poden produir canvis en els dies de fred que facin que determinades expressions fenològiques es retardin o no es produeixin de la mateixa manera. També s'han mencionat la reducció de recursos hídrics que pot produir impactes tant en la jardineria com en l'agricultura.

#### Imatge 41. Necessitats d'aigua

Fluvià basin			1984-2008	2009-2030	2076-2100
<b>Apple</b>					
A2	mm		54.6	55.8	89.6
A2	%		----	2	64
B1	mm		60.8	51.6	80.0
B1	%		----	-15	32
<b>Chestnut</b>					
A2	mm		91.0	98.5	192.4
A2	%		----	8	111
B1	mm		98.6	90.0	156.9
B1	%		----	-9	59

Font: Robert Sabé. *Agronomia del verd urbà: una de les aplicacions de l'ecofisiologia*. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

Els parcs del futur hauran de considerar els efectes del canvi climàtic, començar a planificar avui i treballar per millorar els sistemes de gestió tot considerant els impactes previsibles sobre el règim pluviomètric, les temperatures, i els fenòmens extrems que afectaran a la nostra regió. Sembla que això es fa imprescindible si volem tenir uns espais verds i agrícoles de qualitat, que avui per avui pel fet d'estar en un entorn fortament urbanitzat ja estan sotmesos a moltes pressions i els exigim molt. El verd urbà contribueix a augmentar la qualitat ambiental i proporciona qualitat de vida.

## 4.8. Salut de la població

Un dels impactes més preocupants del canvi climàtic és l'efecte que pugui produir sobre l'estat del benestar i la salut de la població.<sup>16</sup>

Els efectes que provocarà en la salut de la població variaran sensiblement d'uns territoris a uns altres, ja que hi ha relació entre les condicions meteorològiques i certes malalties no infeccioses, les malalties respiratòries i del sistema circulatori de pacients greus o crònics es poden veure afectades per les condicions atmosfèriques.

En diversos estudis i en informes de l'IPPC, a la conca mediterrani i en particular a Catalunya el fenomen climàtic més preocupant de cara a la salut de la població seran

<sup>16</sup> El canvi climàtic a Catalunya. *Salut*, Josep Miquel Raso. Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2010

les onades de calor, aquestes podran causar un significatiu augment de la mortalitat a tot el país, però en especial a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. El canvi climàtic pot suposar una intensificació de la freqüència i severitat de les onades de calor. L'augment de les temperatures també pot empitjorar la qualitat de l'aire, fet que pot propiciar una intensificació<sup>17</sup> de les afeccions cardíaques, respiratòries i al·lèrgiques.

L'onada de calor de l'any 2003 segons l'OMS va ocasionar a Europa un excés de mortalitat igual a 44.000 persones. A França, de 1 al 20 d'agost de 2003 varen morir 14.800 persones, a Itàlia 3.134 de 1 de juny al 15 d'agost, i a Espanya 3.166 persones del 1 de juny al 31 d'agost. A Barcelona ciutat s'estima que unes 665 persones van morir en aquest episodi.

#### Imatge 42. Ones de calor a Barcelona

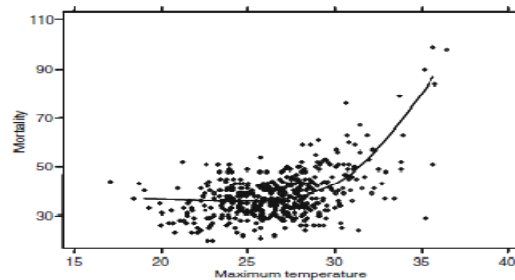
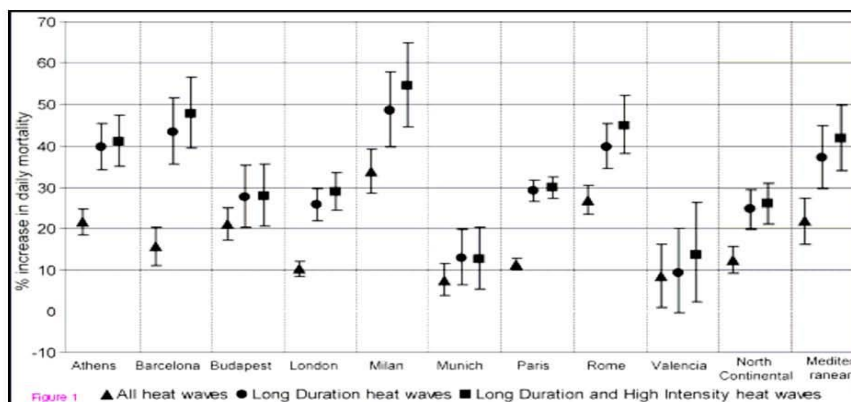


Fig. 1 Smoothed scatter plot for total daily mortality and maximum temperature for summer months (from June to September) in Barcelona between 2000 and 2003

Font: Marc Saez. Interacció entre els episodis d'ona de calor i la contaminació atmosfèrica sobre la salut en un context de canvi climàtic a l'àrea metropolitana. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

Si s'analiza el percentatge d'increment de la mortalitat diària per diferents ciutats i situacions d'onades de calor, onades de calor de llarga durada, o bé onades de calor d'elevada intensitat i llarga durada, s'observa que aquestes últimes tenen una tendència a incrementar el percentatge de mortalitat diària per sobre dels altres casos. En totes les ciutats analitzades les onades de calor intenses i de llarga durada presenten un major augment del percentatge diari de mortalitat.

#### Imatge 43. Ones de calor a diferents ciutats europees

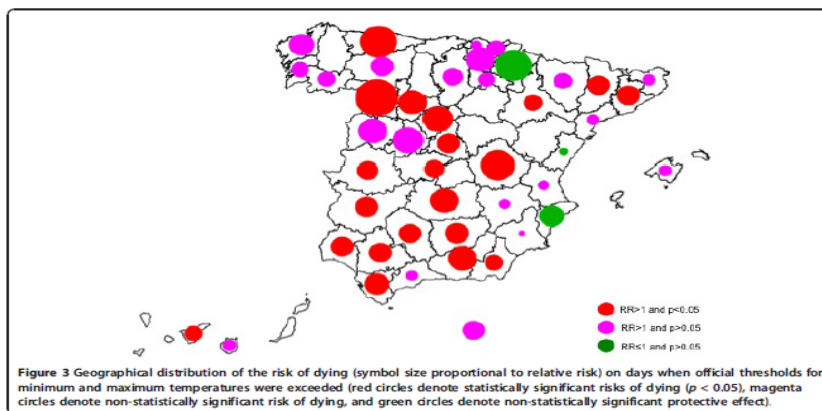


<sup>17</sup> Tobias A, García de Olaya P, Linares C, Bleda MJ, Caylà J, Díaz J. Short-term effects of extreme hot summer temperatures on total daily mortality in Barcelona, Spain. *International Journal of Biometeorology* 2010; 54:115-117.

Font: Marc Saez. Interacció entre els episodis d'ona de calor i la contaminació atmosfèrica sobre la salut en un context de canvi climàtic a l'àrea metropolitana. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

Des dels episodis d'onades de calor de l'estiu del 2003, molts països han establert sistemes de vigilància per tal de poder alertar i prendre mesures preventives dels efectes sobre la salut de les altes temperatures (temperatures extremes), l'any 2004 el Ministeri de Sanitat Espanyol va implementar el *Plan Nacional para Acciones Preventivas contra los Efectos de los Excesos de Temperatura en la Salud*, que va establir dintells per a dies extremadament calorosos per a cadascuna de les 52 capitals de província espanyoles per sobre del percentil 95 de la sèrie històrica de 20 anys de mitjanes diàries de les temperatures màxima i mínima de juny a setembre.

**Imatge 44. Distribució del risc de mort en dies on els llindars mínim i màxim de temperatura s'han assolit**



Font: Marc Saez. Interacció entre els episodis d'ona de calor i la contaminació atmosfèrica sobre la salut en un context de canvi climàtic a l'àrea metropolitana. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013. Extret de Tobias A, Armstrong B, Zuzi I, Gasparrini A, Linares C, Díaz J. Mortality on extreme heat days using official thresholds in Spain: a multi-city time series analysis. *BMC Public Health* 2012; 12:133.

Hi ha diversos estudis que estableixen relació entre l'augment de temperatures extremes amb el risc de mort prematura.

**Imatge 45. Temperatures extremes i causes de mortalitat**

Reference	Study population	Method	Exposure	Result: effect estimate (95% CI)
Baccini 2008 [12]	15 European cities, April-September 1990-2000 (5-11 years depending on data availability for city)	Time-series; % change	Maximum apparent temperature (threshold 29.4°C Mediterranean cities and 23.3°C north-continental cities)	1°C increase above threshold 3.12 (0.60-5.72) in Mediterranean and 1.84 (0.06-3.64) in north-continental region Lag: 3 days prior
Basu 2008 [6]	9 California counties, May to September 1999-2003	Time-series and case-crossover; % change	Daily apparent temperature (minimum, mean, maximum); daily mean $O_3$ , $PM_{2.5}$ , $PM_{10}$ , $NO_2$ , $CO$ , $SO_2$	Per 10°F increase mean temperature, 2.3 (1.0-3.6), similar results for minimum and maximum temperatures Lag: 0
Bell 2008 [15]	Sao Paulo, Brazil; Santiago, Chile and Mexico City, Mexico, 1990-2002	Case-crossover; % change	Same day apparent temperature compared with days at 75th percentile, $O_3$ , $PM_{10}$	2.69 (-2.06, 7.88) for Santiago, 6.51% (3.57, 9.52) for Sao Paulo and 3.23% (0.93, 5.57) for Mexico City Lag: 0
McMichael 2008 [45]	Delhi, Monterrey, Mexico City, Chiang Mai, Bangkok, Salvador, Sao Paulo, Santiago, Cape Town, Ljubljana, Bucharest, Sofia, 2 to 5-year series (1991-1999)	Time-series; % change	Daily maximum threshold (16°C-31°C) temperature, relative humidity, precipitation data, $PM_{10}$ , BS, or TSP	1°C increase above threshold increased death rates with increasing heat in all cities (ranging from 0.77-18.8) except Chiang Mai 2.39 (-0.49-5.35) and Cape Town 0.47 (-0.31-1.24) Lag: 2-day average
Vaneckova 2008a [46]	Sydney, Australia, October to March 1993-2001	Time-series; ratio of highest 10% mortality days within air mass and % frequency of air mass occurrence	Temporal Synoptic Index (TSI)	1.64 and 2.64 (both significant) for warmest TSI; no CI provided
Zanobetti and Schwartz 2008 [7]	9 U.S. counties, May to September 1999-2002	Time-series and case-crossover; % change	Daily apparent temperature (minimum, mean, maximum); daily mean $O_3$ , $PM_{2.5}$ , $PM_{10}$	Per 10°F increase mean temperature, 1.8 (1.09-2.5) case-crossover and 2.7 (2.0-3.5) time-series; similar results for minimum and maximum temperatures Lag: 0
Barnett 2007 [47]	107 US cities using data from the National Morbidity and Mortality Study, 1987-2000	Case-crossover; % change	Daily temperature	Per 10°F, summer 1987 average increase in cardiovascular deaths was 4.7 (3.0-6.5). By summer 2000, the risk with higher temperature had disappeared (-0.4, -3.2-2.5) Lag: 0-1
Medina-Ramon 2007 [21]	50 US cities in cold (November to March) and warm (May to September) seasons	Case-crossover; % change	Binary variable as extreme heat (range 22-32°C) and continuous; $O_3$	5.74 (3.38-8.15) for extreme heat Lag: 2-day average
Koib 2007 [32]	Montreal, Canada 1984-1993	Case-crossover; odds ratio	Mean daily and maximum temperature, barometric pressure, relative humidity, adjusted for $O_3$ and both $NO_2$ and $O_3$	1.20 (1.14-1.38) for 25-30°C maximum temperature; strong nonlinear association with a threshold at 25°C Lag: average 0; no association after 2 days

Font: Marc Saez. Interacció entre els episodis d'ona de calor i la contaminació atmosfèrica sobre la salut en un context de canvi climàtic a l'àrea metropolitana. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013. Extret de Basu S. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environmental Health* 2009; 8:40.

Com s'ha mencionat abans l'augment de temperatures també genera majors contaminants atmosfèrics degut a les reaccions fotoquímiques, i a que sovint les temperatures extremes van associades a episodis anticiclònics o de calma extrema que generen situacions de baixa dispersió de contaminants. Per tant també es contribueix a augmentar el risc sobre aquelles persones que pateixen problemes respiratoris.

#### Imatge 46. Mortalitat i temperatura mitjana diària a Barcelona 1990-1997

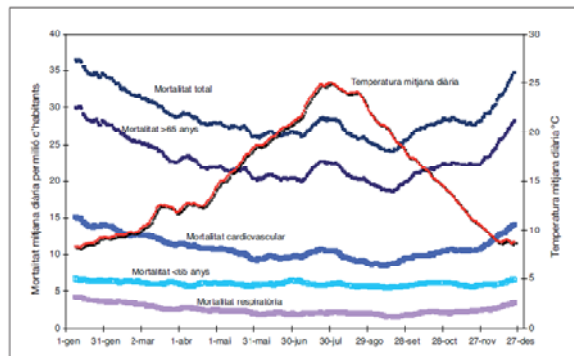


Figura 2. Mortalitat per mil·lí d'habitants a Barcelona i temperatura mitjana diària a l'observatori Fabra. Període 1990-1997 (Suavitització mitjançant mitjanes mòbils centrades cada 15 dies).  
Font: Basat en dades facilitades pel Servei Meteorològic de Catalunya i la Direcció General de Recursos Sanitaris de la Generalitat de Catalunya.

Font: El canvi climàtic a Catalunya. *Salut*, Josep Miquel Raso. Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2010

Barcelona va patir quatre onades de calor l'estiu del 2003, dues al mes de juny i 2 al mes d'agost, a la gràfica s'observa la relació entre els episodis més càlids i les taxes de mortalitat.

## 4.9. Turisme

El turisme continua essent la primera activitat econòmica de Catalunya (10-2 % del PIB i entorn d'un 10 % de població ocupada)<sup>18</sup>. Es tracta d'un dels pilars econòmics del territori metropolità, Barcelona s'ha consolidat en les darreres dècades com a destinació turística, al llarg d'aquests anys s'han fet moltes millores infraestructurals, en recursos hotelers, en equipaments culturals, que han fet possible aquest fet.

L'Àrea metropolitana compta amb vuit municipis costaners, uns 42 km de costa dels quals 32 km són platges, la resta corresponen a infraestructures portuàries, com el Port de Barcelona i els ports esportius de Badalona, Sant Adrià i Port Olímpic. El litoral metropolità també s'ha beneficiat de les millores que s'han realitzat al territori, les platges han millorat la seva qualitat d'aigües de bany, gràcies a les millores en infraestructures de sanejament, així com la gestió i manteniment del litoral han facilitat la recuperació del litoral metropolità al llarg dels últims 25 anys.

<sup>18</sup> El canvi climàtic a Catalunya. *El turisme*, David Saurí, Joan Carles Llurdés. Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2010.

Al llarg d'aquesta costa trobem dos sectors diferenciats, un litoral més urbanitzat com pot ser el barcelonès i la part sud del maresme, on els teixits urbans tenen una estreta relació amb l'àmbit costaner. A la resta del territori hi trobem grans infraestructures com el port, l'aeroport i a la vegada espais d'alt interès ambiental com les zones humides del Delta del Llobregat.

L'atractiu turístic es basa en Barcelona i l'oferta cultural, el seu patrimoni monumental, espectacles, esdeveniments esportius i també l'organització de fires i congressos. Barcelona gaudeix d'un entorn proper que complementa aquesta oferta com pot ser la costa del Garraf amb Sitges, Montserrat, les platges del Maresme, el Montseny entre d'altres, i es podria potenciar altres possibles destinacions turístiques metropolitanes.

En les darrers anys tant l'aeroport com el port de Barcelona han estat una de les vies d'accés a la ciutat de Barcelona i el seu entorn. L'aeroport amb les millores infraestructurals realitzades, tercera pista i terminal T-1 ha permès ampliar la seva oferta de vols i l'any 2011 es van assolir un total de 34 milions de passatgers dels quals gairebé 22 milions eren provinents de vols internacionals. De fet, l'aeroport de Barcelona va ser dels pocs aeroports de l'estat que l'any 2012 va augmentar el nombre de passatgers arribant al sostres de més de 35 milions de passatgers<sup>19</sup>, la majoria d'aeroports l'any 2012 va perdre passatgers i van disminuir les seves operacions.

#### Imatge 47. Passatgers a l'aeroport de Barcelona

	1990	2000	2005	2010	2011
Total passatgers	9.050.380	19.809.540	27.152.745	29.209.536	<b>34.399.180</b>
Estat espanyol*	5.506.309	6.281.897	8.872.967	8.571.783	<b>9.551.562</b>
Internacional	3.544.071	9.524.425	13.690.034	17.574.674	<b>21.730.031</b>
Regular BCN-MAD	n.d.	4.003.218	4.589.744	3.063.079	<b>3.117.587</b>

David Saurí i Joan Carles Llurdés. Estratègies per a mantenir els atractius turístics de l'espai metropolità davant el canvi climàtic: Algunes reflexions inicials. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013. Dades: [professionals.barcelonaturisme.com](http://professionals.barcelonaturisme.com)

Cal destacar també l'impacte del Port de Barcelona que l'any 2011 va acollir 2.600.00 creueristes, i unes 900 escales, que suposen aproximadament un ingressos d'uns 300 milions € per a la ciutat en hosteleria, restauració, excursions, comerços i transport, actualment és el port lidera nivell europeu i és el quart a nivell mundial. Això fa que Barcelona sigui la sisena ciutat turística a nivell europeu amb més de 7 milions de turistes.

Barcelona disposa de nombrosos equipaments culturals, centres d'exposicions, museus, espais d'interès arquitectònic en essència és el conjunt que configura la ciutat que la fa atractiva. El temple de la Sagrada família és l'edifici més visitat seguit del Castell de Montjuïc i la Casa Batlló; pel que fa als centres d'exposicions La Pedrera i el CaixaFòrum són els dos més visitats, així com el Museu del Barça o el Museu Picasso.

Barcelona gaudeix d'altres instal·lacions força visitades com el Parc Zoològic, el Palau Robert, l'Aquàrium de Barcelona, el Parc Güell entre d'altres. El comerç, l'oferta de restauració, els mercats, les platges i els seus barris són sovint també un reclam.

<sup>19</sup> Aena aeropuertos, Aeroport de Barcelona 35.145.176 passatgers any 2012.

L'impacte del turisme a la ciutat de Barcelona s'estima en uns 22 milions d'euros diaris i 100.000 llocs de treball directes i indirectes.<sup>20</sup>

Els impactes del canvi climàtic sobre el turisme es centre en la vulnerabilitat dels recursos turístics, el litoral és un dels sistemes que es pot veure afectat pels canvis que pugui suposar el efectes del canvi climàtic. L'augment de temperatures pot comportar una pèrdua de confortabilitat a l'estiu, però possiblement pot augmentar en altres èpoques de l'any, això pot comportar canvis en la distribució de visitants per exemple. En augmentar la temperatura caldrà veure quins efectes hi haurà sobre el sector del càmping i el caravàning, per exemple. Per altra banda, cal considerar els múltiples impactes indirectes del turisme en el sector transports, en el consum de béns, etc.

Les onades de calor comporten riscos per la salut i un augment de les demandes energètiques per poder-les combatre, per tant aquest també serà un repte que caldrà afrontar.

L'augment del nivell del mar pot comportar majors riscos a la protecció del litoral, degut a temporals més intensos o major freqüència de temporals, això pot comportar impactes sobre el litoral, les platges amb pèrdua de sorra i desperfectes sobre les instal·lacions, així com impacte sobre les infraestructures litorals, ports esportius, espigons, dics, etc.

El canvi en el règim de precipitacions pot suposar un augment dels episodis d'inundabilitat a les conques del Llobregat i del Besòs que poden suposar danys al Delta, Parc Agrari i als parcs metropolitans de l'entorn i el seu litoral. A la conca del Besòs els episodis poden afectar al Parc Fluvial i els teixits propers així com a les platges de Sant Adrià del Besòs. A la vegada els canvis del patró de precipitacions poden suposar una disminució dels recursos hídrics disponibles. El turisme és un sector demandant d'aigua, tant pel sector hotelier com pel sector del lleure. Val la pena recordar l'episodi extrem de sequera de l'any 2008 on fins i tot es va haver de planificar el transport de vaixells amb aigua de dessaladores de la conca mediterrània. La manca de recurs hídric afecta a la població local, però també a la població estacional i a les activitats que requereixen aquest recurs.

El turisme urbano-cultural no ha de preveure una gran incidència negativa pels efectes del canvi climàtic, dependrà més d'altres variables (altres mercats emergents, situació econòmica...), pot ser que es modifiqui l'afluència al llarg de certes èpoques de l'any per una menor afluència general a la destinació degut a les condicions climàtiques, però això pot quedar compensat per una major afluència en d'altres èpoques de l'any.

---

<sup>20</sup> Pla Estratègic Turisme Barcelona 2015.

## 5. COMENTARIS PRINCIPALS DE LA JORNADA

A continuació s'enumeren algunes de les principals actuacions que l'àrea metropolitana de Barcelona haurà de tenir en consideració per afrontar els canvis associats al canvi climàtic descrits anteriorment. Aquestes possibles actuacions/estudis/adaptacions sorgeixen del Workshop realitzat el 22 de febrer del 2013 amb tècnics de l'AMB i membres del Grup d'Experts sobre el Canvi Climàtic a Catalunya.

### RISCOS CLIMÀTICS

La primera conclusió rellevant és que és important millorar el coneixement de la distribució i freqüència dels riscos naturals a l'Àrea Metropolitana, i el seu impacte econòmic i social. Alhora que és important transmetre aquesta informació a la població d'una forma educativa, que ajudi a millorar la conscienciació del risc tant a la població estable com a la passantera.

Per això, cal identificar els indicadors d'impacte més adequats per l'AMB que ens ajudi a estimar el cost del risc, i el cost de les mesures preventives i adaptatives.

Tenint en compte les tendències de futur, és important aprofundir sobre l'evolució dels riscos en un context de canvi climàtic i social, amb una tendència cap a la concentració entorn a la ciutat i un augment dels riscos costaners.

Analitzar com l'augment de temperatura i d'algun dels riscos naturals pot augmentar el risc per manca de subministraments varis, pel transport de mercaderies perilloses, per contaminació d'aigües marines, i el de les instal·lacions químiques i radioactives.

En resum, caminar cap a un Àrea Metropolitana Resilient, Model de Comportament per la Reducció del Risc de Desastres

Ara ja es poden avançar en alguns aspectes bàsics, com són:

- Tenir present el impacte del canvi climàtic les mesures d'adaptació.
- Establir aliances locals i animar la participació dels ciutadans i societat civil
- Actualització dades vulnerabilitat i perillositat, estudi costos, avaluació riscos,..
- Reglaments de construcció i planificació...
- Protecció ecosistemes i barreres naturals en front els riscos,..

### GESTIÓ DE L'AIGUA

Barcelona i la seva àrea metropolitana actualment ja condiciona la política d'aigües de Catalunya, i amb les previsions futures de disminució de recursos associades al canvi climàtic, és de suposar que encara la condicionarà més en el futur. Caldrà doncs buscar nous recursos per augmentar la garantia de subministrament, ja sigui amb transferència de cabals d'atles conques, o amb la producció d'aigua dessalantada, o amb la interconnexió de conques (Xarxa del Consorci d'Aigües de Tarragona, amb els sistema

Segre a través del Segarra-Garrigues, amb el Roine,...) o amb una barreja de totes aquestes opcions.

L'abastament futur i estratègic de l'àrea metropolitana de Barcelona no pot anar deslligat de la planificació hidrològica del conjunt del país. L'àmbit metropolità té un pes tant determinant en l'abastament, que la reducció en la disponibilitat de recursos a conseqüència del canvi climàtic obliga a realitzar una planificació conjunta a mig termini a escala de Catalunya.

És important avançar-se i preveure els possibles canvis per així establir les estratègies d'adaptació al canvi climàtic més eficients des del punt de vista hidrològic a un cost raonable.

## **VERD URBÀ**

Per tal de minimitzar els impactes del Canvi climàtic sobre el verd urbà i sobre els serveis ambientals que aquest ofereix a la població, algunes de les principals mesures que caldria plantejar serien les següents:

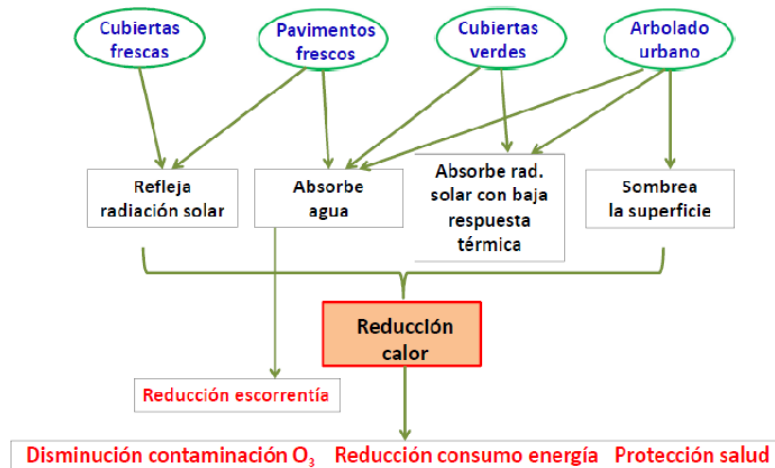
- Crear àrees de bioretenció per disposar d'aigua addicional
- Augmentar la biodiversitat d'arbres reduint així la seva vulnerabilitat a les plagues
- Gestionar les àrees verdes mantenint boscos irregulars i mixtos amb menys risc de propagació de plagues
- Modificar la composició d'espècies per potenciar espècies poc emissores de COVs i arbres d'ombra quan hi hagi aigua per reg addicional.
- Aplicar mesures de reducció de la contaminació atmosfèrica local

## **ILLA DE CALOR**

Per ajudar a mitigar l'efecte de l'illa de calor dins de la ciutat, s'han de tenir molt present d'incrementar la presència de cobertes fresques, incorporar paviments frescos i cobertes verdes, alhora que potenciar i cuidar l'arbrat urbà.

Totes aquestes actuacions van encaminades a reduir la calor present en un entorn urbà, el que contribuirà a la disminució de la contaminació, a la reducció del consum d'energia i a la protecció de la salut dels ciutadans.

**Imatge 48: Algunes actuacions de mitigació**



Font: Martin-Vide a partir de Harrison Institute for Public Law, 2012.

## TURISME

El turisme és un sector estratègic i en aquests moments un dels pilars fonamentals de l'economia de l'entorn metropolità de Barcelona, serà fonamental dissenyar mesures adaptatives en funció d'aquesta realitat, així com de les diferents modalitats turístiques, caldrà cercar estratègies adaptatives del tipus *win-win* com podria ser la gestió de l'aigua en el sector hotelier.

Serà important avaluar els possibles efectes del canvi climàtic sobre el sector turístic i veure com poden afectar al turisme d'altres estratègies adaptatives pensades per altres àmbits.

De cara a afrontar el futur serà important no rebutjar cap possible adaptació, sotmetre el conjunt de propostes un anàlisi econòmic, social i ambiental adequat i obert a la participació del sector turístic i a altres agents socials rellevants de l'ÀMB.

## 6. CLOENDA

La realització del *Workshop* sobre problemàtiques i efectes del canvi climàtic a l'àmbit metropolità i l'elaboració del present document de recull dels aspectes tractats representa una primera aproximació sobre el canvi climàtic en el context metropolità.

Es preveu la realització de nous seminaris de treball, aprofundiment i debat sobre el canvi climàtic a escala de l'ÀMB, que hauran de desenvolupar amb més detall els aspectes ja tractats i que hauran de plantejar-ne d'altres que també siguin de rellevància en aquest àmbit.

Com s'ha apuntat en la introducció, caldrà parlar, per exemple, d'infraestructures, energia i transport, emissions de CO<sub>2</sub>, mitigació de GEH, adaptació i resiliència, temes que clarament són rellevants a nivell metropolità i tenen una forta vinculació amb el canvi climàtic.