CARACTERITZACIÓ MICROCLIMÀTICA DE S'ARENAL: ESTUDI DE CASOS

Nom: DANIEL HORRACH SÁNCHEZ

DNI: 41540390K

Tutor: MIQUEL GRIMALT GELABERT

Memòria del Treball de Fi de Grau

Paraules clau: clima urbà, illa de calor, morfologia urbana

Estudis de Grau de Geografia

de la

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Curs acadèmic: 4t

ÍNDEX

1. Introducció.....3-6
   - 1.1. Estat de la qüestió.....3-4
   - 1.2. Concepte d'illa de calor.....4-5
   - 1.3. Marc geogràfic.....5-6

2. Definició de l'experiment.....7-14
   - 2.1. Objectius.....7
   - 2.2. Metodologia.....7-14
     - 2.2.1. Obtenció de dades.....7-8
     - 2.2.2. Elaboració de cartografia.....8-14

3. Resultats.....14-18

4. Conclusions i propostes de millora.....19-20

Referències.....21

1: Introducció: hipòtesi i objectius

1.1. Estat de la qüestió

Des del segle XIX fins als nostres dies, el procés d'urbanització dels territoris ha estat ininterromput, de manera que actualment les grans aglomeracions urbanes concentren la major part de la població arreu del món. Aquest procés començà a Europa amb la Revolució Industrial, però al llarg del segle XX s'ha anat expandint arran de tots els continents.
Les grans aglomeracions urbanes tenen una climatologia diferent de la del territori que les envolta, caracteritzant-se per unes temperatures més elevades a les zones urbanes que no a les zones rurals.
A mesura que aquest procés s'anava fent de cada vegada més palès, els geògrafs, com a investigadors que estudien les interrelacions entre els éssers humans i el medi en el qual es desenvolupen, es començaren a sensibilitzar enfront d'aquest fenomen, ja que a partir del vincle inseparable entre l'acció humana i el medi físic s'hi troba l'estudi de les illes de calor urbanes, més presents en els grans nuclis urbans sorgits a partir de la Revolució Industrial.

El primer antecedent conegut quant a aquesta mena de recerca fou Luke Howard, qui l'any 1818 analitzà el clima de Londres, ja que fou també una de les primeres ciutats que iniciaren el procés d'industrialització i expansió urbana.

Un important antecedent a l'Estat espanyol a l'hora de definir i desenvolupar aquest concepte ha estat el professor José Antonio Sobrino, el qual dirigeix la Unitat de Canvi Global del Laboratori de Processament d'Imatges de la Universitat de València i, l'any 2008, va coordinar la campanya europea DESIREX2008 (*Dual-Use European Security IR Experiment* 2008), la qual li permeté dur a terme la seva recerca sobre el fenomen de l'illa de calor a Madrid.

A Alcalá de Henares, una altra ciutat de la Comunitat de Madrid, l'autor Vicente Bello Fuentes, a través de la seva obra *La isla de calor nocturna y los usos del suelo en Alcalá de Henares* realitzà un estudi sobre l'illa de calor a partir de l'expansió de la ciutat.
Altres ciutats espanyoles a on s'han realitzat importants treballs de recerca en aquesta matèria han estat Barcelona (Moreno, 1999), València (Pérez, 1994), Saragossa (Cuadrat et al., 2005) i Las Palmas de Gran Canaria (Ruiz et al., 2008), entre d'altres.

En el cas de les Illes Balears, el desenvolupament urbanístic s'ha produït des de mitjan segle XX, impulsat pel turisme de masses i la necessitat de donar resposta al creixement demogràfic que es produí sobretot durant els anys 60; de fet quasi es duplicà entre 1950 i 1970 (d'uns 136.000 a uns 234.000 habitants). Tot i així, no hi ha a penes antecedents quant a l'estudi d'aquest fenomen a les Illes Balears, destacant només el cas de la ciutat d'Eivissa (Serra, 2007).

De tota manera, un antecedent a la UIB ha estat en Dani Capó Esteva, un altre estudiant de Geografia que, com a treball de fi de grau, va realitzar un estudi sobre l'illa de calor a Es Coll d'en Rabassa, el qual també està situat als afores de Palma, vorejat per la mar i per camp.
El seu treball de fi de grau és allò que m'ha servit de model teòric a l'hora de redactar aquesta memòria, atès que ha estat company meu durant els primers cursos del Grau en Geografia i atès també el seu gran interès per la climatologia i la meteorologia.

1.2. Concepte d'illa de calor

Per començar, s'ha de definir què és exactament una illa de calor.

En climatologia, el concepte “illa de calor” fa referència a un fenomen climàtic produït dins una porció de territori urbà (un poble, un barri, un districte...), que es fa més intens durant la nit (Romero et al., 2011) i es caracteritza per unes temperatures més elevades respecte del seu entorn més proper, rural o poc urbanitzat, com a conseqüència de les activitats i els usos que es donen a les zones urbanes: trànsit motoritzat, carrers asfaltats, edificis...

Les illes de calor venen motivades, principalment, pels següents quatre factors:

- **Estructura urbana:** aquells nuclis urbans amb edificis més alts i carrers més estrets dificulten el flux d'aire, de manera que no es pot refrescar l'ambient i augmenta la temperatura. A més, s'han d'afegir altres elements de l'entorn urbà; exemples: l'asfalt, que atès el seu color fosc, absorbeix més radiació solar que si tingués un color més clar, i per tant, la superfície s'encalenteix encara més; o també els vidres dels edificis, que reflecteixen la radiació solar, fent-la incidir cap als carrers.
- **Factors meteorològics:** la nigulositat, la pluja i el vent són tres factors meteorològics que influeixen en la formació d'una illa de calor:
  a) la nigulositat dificulta l'escalfament de la superfície i, durant la nit, l'energia que el sòl reflecteix rebota cap als niguls; això dificulta l'observació de les illes de calor, ja que homogeneïtza els valors dels diferents indrets observats.

b) la pluja aporta humitat al sòl; un sòl humit no pot absorbir la mateixa calor que un sòl sec, i com que el sòl urbà sol ser sec (i encara més a la conca mediterrània, amb pluges escasses i irregulars), no hi ha abastament amb la pluja per mantenir-lo tan fresc com un sòl rústic humit.

c) el vent modifica les característiques tèrmiques de cada regió i mescla les masses d'aire càlides i fredes; com a conseqüència, pot originar o fer desaparèixer una illa de calor.

- **Proximitat a la mar:** si existeix una important font d'humitat tan clara com una massa marítima propera, el lleuger flux d'aire que pot provenir de la mar moderarà l'amplitud tèrmica, evitant les temperatures extremes i reduint el risc de formar-se una illa de calor.
- **Topografia:** durant la nit es produeix una inversió tèrmica: les zones elevades són més càlides que les baixes, ja que l'aire fred és més dens i pesant, i es dirigeix a les zones baixes (com que el sòl s'ha refredat, l'aire fred pot baixar per ell mateix i situar-se en la superfície i, com que ja no llueix el Sol, no existeix cap font de calor que augmenti les temperatures, per la qual cosa l'aire fred acaba baixant). A més, els desnivells marcats dificulten la termoregulació, afavorint l'aparició d'illes de calor.

1.3. Marc territorial

En el meu cas, la zona d'estudi ha estat s'Arenal de Llucmajor (veure figura 1, línia negra), un nucli urbà costaner situat a uns 14 km al sud-est de Palma i a uns 9 km del meu lloc de residència, la urbanització Badia Gran (també pertanyent al municipi de Llucmajor).
Té una superfície aproximada de 0,3 km^2.

El nucli urbà està vorejat tant per la mar com per camp, de manera que hipotèticament es pot parlar de l'existència d'una illa de calor, ja que en un principi les temperatures són més elevades que el seu entorn més proper.

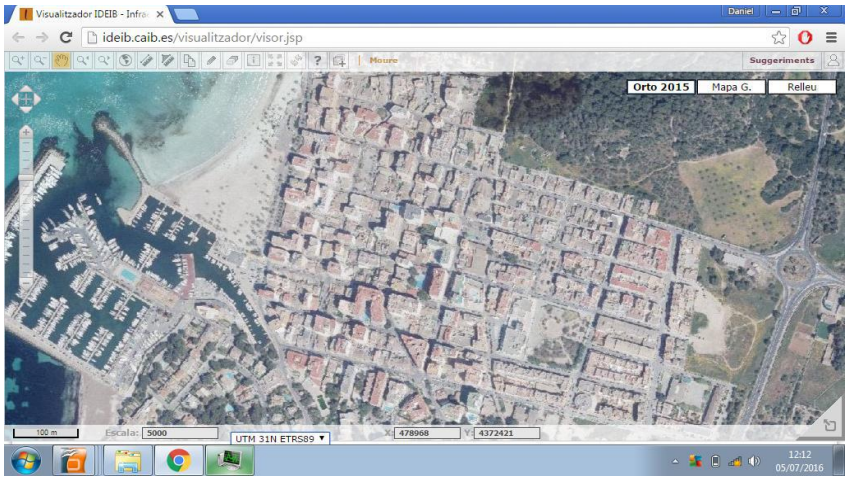


Figura 1. Mapa general de s'Arenal, obtingut a partir del vistor d'IDEIB i a escala 1:5000

Figura 2. S'Arenal, dins el marc de la badia de Palma

Fins als anys 60 del segle XX, tenia el caràcter del típic poble de pescadors (de fet, encara es conserven algunes cases que eren habitades per pescadors), així com de lloc d'estiueig per part de la població autòctona, com la majoria de nuclis costaners. Però, des de llavors, i especialment des dels anys 80, s'ha convertit en un dels principals centres turístics de l'illa de Mallorca, atraient especialment els turistes estrangers, transformant així la seva fisonomia, i traslladant la funció d'estiueig a les urbanitzacions que s'hi anirien construint a la costa de Llucmajor des dels anys 70.

Es tracta d'un sector edificat sobre materials d'origen dunar plistocènic (eolianites), els quals s'erosionaren durant el darrer període geològic, l'Holocè, formant un gran dipòsit d'arena (d'aquí el topònim) i actualment estan delimitats per dues valls fluvials, corresponents a les desembocadures dels torrents de Son Verí (sud) i des Jueus (nord).

La seva trama urbana és de tipus ortogonal imperfecta, ja que es troben lleugeres inclinacions (exemple: el carrer dels Trencadors) i amb uns carrers amb pendent en la seva majoria, excepte a la zona est.

Per tant, en el cas de s'Arenal, el factor que més influeix en la formació d'una illa de calor és l'estructura urbana (alta densitat edificativa, carrers en la seva majoria estrets i disposats en línia recta), mentre que els que la fan desaparèixer són la topografia (és un sector topogràficament inclinat cap a la mar) i el mateix caràcter litoral de la zona, la qual rep la influència marítima i està exposada als vents dominants (en aquest cas, del SO).

2. Definició de l'experiment

2.1. Objectius

Els objectius principals de l'experiment realitzat són els següents:
-Establir un mostreig estratficat valorant els punts d'especial interès
-Mesurar l'amplitud tèrmica màxima de l'illa de calor a s'Arenal durant el període de mostreig establert.
-Processar, cartografiar i interpretar els resultats.
-Analitzar els factors que determinen la distribució dels valors tèrmics arran de la zona d'estudi.

2.2. Metodologia

2.2.1. Obtenció de dades

L'experiment està basat en el treball de camp, és a dir, es tracta de realitzar l'estudi justament a la ubicació exacta per tal de comprovar la validesa de la hipòtesi plantejada (en aquest cas, l'illa de calor).
En aquest cas, ha consistit, bàsicament, a mesurar la temperatura dels punts seleccionats durant la primera hora del matí (entre les 7:30 i les 8:30).

Allò ideal hauria estat realitzar l'estudi durant la nit, ja que és el moment de la jornada en en el qual l'efecte de l'illa de calor es torna més intens, però els problemes de logística (absència de transport públic interurbà durant la nit), no ho han fet possible. En tot cas, si l'efecte fou prou notable a primera hora del matí, encara es notaria instrumentalment.

Per dur-lo a terme correctament, s'han establert 15 punts, els quals s'han classificat en 3 grups:
a) punts perimetrals: són els extrems de la zona. Són 5: nord, nord-est, nord-oest, sud-est i sud-oest.
b) punts de continuïtat: formen angle recte i serveixen per a traçar les isotermes. Són 6: nord, sud, nord-est, sud-est, nord-oest i sud-oest.
c) punts singulars: són punts escollits a l'atzar, atenent, com bé indica el seu nom, a aspectes singulars (exemples: places, carrers amb molt de trànsit) que puguin alterar els valors tèrmics.

La distribució dels punts respon a la intenció d'aconseguir una visió general del fenomen, poder traçar les isotermes mitjançant interpolació i que el seu nombre (15 en total) doni abastament per tal d'obtenir les dades d'una manera operativa i amb un temps global de mesura que no alteri els resultats.

A l'hora de realitzar els mesuraments, s'ha utilitzat un termòmetre de baixa inèrcia, prestat pel tutor Miquel Grimalt, el qual s'ha situat a cadascun dels punts. S'ha hagut d'esperar entre 1 i 2 minuts per tal d'estabilitzar el termòmetre i així obtenir una resposta mínimament fiable.

Molt important: el termòmetre no pot, en cap cas, entrar en contacte directe amb el Sol, ni tampoc amb l'aigua, ja que pot fer-se malbé i, a més, s'alterarien els resultats. Per aquest motiu, s'han aprofitat les ombres quan el temps estava assolellat o no del tot ennigulat.

Per tal de facilitar els desplaçaments, s'ha realitzat un transecte serpentejant en direcció est-oest, començant des de les zones més elevades i acabant amb les més baixes.

Finalment, cal no oblidar les dates: s'han realitzat un total de 3 mesuraments, corresponents als dies 3, 15 i 29 de maig de l'any 2016.

Observació: el mesurament del dia 3 queda descartat, ja que començà a ploure intensament, de manera que s'alterarien els resultats i a més, era necessari protegir el termòmetre de l'aigua.

2.2.2. Cartografia i fotografia

A continuació, es mostra el mapa amb la ubicació precisa dels punts i, al seu capdavall, les fitxes de camp corresponents a cadascun dels punts, les quals inclouen la seva respectiva imatge, a més d'informació rellevant que permeti interpretar les imatges.

L'ordre de les fitxes es correspon exactament amb la numeració dels punts (exemple: punt 1 --> imatge 1).

Figura 4. Mapa de s'Arenal, amb els punts marcats

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Perimetral
UTM X	479018
UTM Y	4371968

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre l'avinguda d'Europa i el carrer de Dragonera.
És l'extrem sud-est de s'Arenal.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Perimetral
UTM X	479250
UTM Y	4372451

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre els carrers de Dragonera i Sant Cristòfol.
És l'extrem nord-est de s'Arenal. Enrevoltada de vegetació i també d'edificis alts.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Continuïtat
UTM X	479153
UTM Y	4372443

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre els carrers de Formentera i Berga. És el punt de continuïtat nord-est. Enrevoltada d'edificis de mitjana alçada, plana i sense vegetació.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Continuïtat
UTM X	479085
UTM Y	4372208

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre els carrers de Formentera i Terral. És el punt de continuïtat sud-est. Enrevoltada d'edificis de mitjana alçada i d'un parc amb vegetació.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Singular
UTM X	479030
UTM Y	4372380

DESCRIPCIÓ: Plaça Major de s'Arenal. Com que és una plaça ampla, facilita l'arribada del flux d'aire, moderant així les temperatures.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Singular
UTM X	478925
UTM Y	4372450

DESCRIPCIÓ: Plaça de l'Estació de s'Arenal. Igual que la Plaça Major, és una plaça ampla.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Continuïtat
UTM X	478850
UTM Y	4372270

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre els carrers de Balears i Terral. És el punt de continuïtat sud. Entre carrers relativament estrets i enrevoltada d'edificis alts, però quasi sense pendent (és a dir, la topografia no influeix).

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Continuïtat
UTM X	478925
UTM Y	4372545

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre els carrers de Sant Cristòfol i Vicaria. És el punt de continuïtat nord. Enrevoltat d'edificis de mitjana alçada i amb pendent; alta densitat de trànsit.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Perimetral
UTM X	
UTM Y	

DESCRIPCIÓ: Pont del torrent des Jueus. És l'extrem nord de s'Arenal, marcant la frontera amb el terme municipal de Palma. Enrevoltat d'una vegetació densa (pinar i matollar mediterrani) i edificis relativament allunyats al seu nord i est.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Continuïtat
UTM X	478680
UTM Y	4372310

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre els carrers de la Salut i Terral. És el punt de continuïtat sud-oest. Enrevoltada d'edificis de mitjana alçada, sense vegetació i amb un lleuger pendent.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Singular
UTM X	478750
UTM Y	4372550

DESCRIPCIÓ: Plaça de la Reina Maria Cristina. Igual que les anteriors places, és ampla i, a diferència de les altres, la seva vegetació és una mica més densa, de manera que es facilita encara més la termoregulació en l'entorn urbà.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Continuïtat
UTM X	478740
UTM Y	4372600

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre la Plaça de la Reina Maria Cristina i el carrer de Sant Cristòfol. És el punt de continuïtat nord-oest. Enrevoltada d'edificis alts i densitat de trànsit també elevada, a més del pendent descendent cap a la mar al carrer de Sant Cristòfol.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Singular
UTM X	478750
UTM Y	4372620

DESCRIPCIÓ: Carrer de Marineta. És un carrer estret amb edificis alts i una densitat de trànsit també elevada, tot i que el pendent és quasi inexistent.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Perimetral
UTM X	478660
UTM Y	4372710

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre el carrer de Cartago i el torrent des Jueus, a la seva desembocadura. És l'extrem nord-oest de s'Arenal. Situat al costat de la platja, rep la influència marítima amb més facilitat que no a l'interior del nucli urbà.

Localitat	S'Arenal
Municipi	Llucmajor
Tipus de punt	Perimetral
UTM X	478610
UTM Y	4372260

DESCRIPCIÓ: Intersecció entre el carrer de Sant Bartomeu i la desembocadura del torrent de Son Verí. És l'extrem sud-oest de s'Arenal. Els edificis alts i la situació a la part més baixa de la vall fluviotorrencial fan aparèixer l'illa de calor, mentre que la proximitat a la mar i els edificis relativament baixos de Son Verí Vell la mitiguen.

3. Resultats

Una vegada dut a terme l'experiment, s'ha obtingut una sèrie de resultats, els quals han estat tabulats i cartografiats per tal de facilitar la seva interpretació.

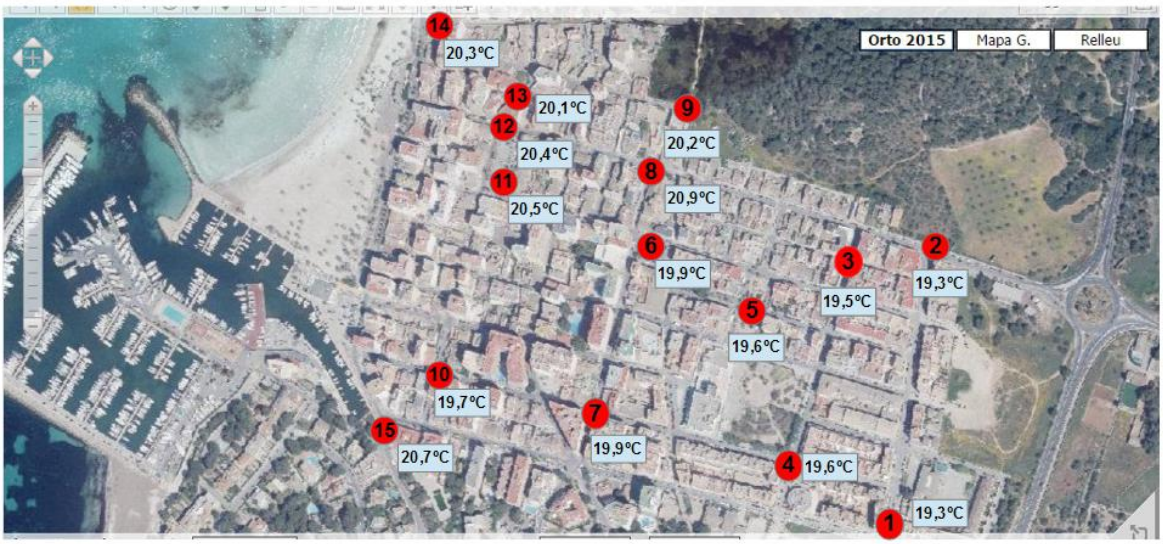
A continuació es mostren les taules i els mapes corresponent als resultats dels mesuraments dels dies 15 i 29 de maig, respectivament. A més, s'ha inclòs un mapa amb la interpolació de les temperatures del dia 1, per tal de fer-se una idea sobre la trajectòria de les isotermes.

A les taules, les cel.les marcats amb vermell mostren

a) 15 de maig

DIA 15/05/2016

Nombre de punt	Tipus	Temperatura
1	Perimetral SE	**19,3ºC**
2	Perimetral NE	**19,8ºC**
3	Continuïtat NE	**19,5ºC**
4	Continuïtat SE	**19,6ºC**
5	Singular (Pl. Major)	**19,6ºC**
6	Singular (Pl. Estació)	**19,9ºC**
7	Continuïtat S	**19,9ºC**
8	Continuïtat N	**20,9ºC**
9	Perimetral N	**20,2ºC**
10	Continuïtat SO	**19,7ºC**
11	Singular (Pl. Reina Mª Cristina)	**20,5ºC**
12	Continuïtat NO	**20,4ºC**
13	Singular (C/Marineta)	**20,1ºC**
14	Perimetral NO	**20,3ºC**
15	Perimetral SO	**20,7ºC**

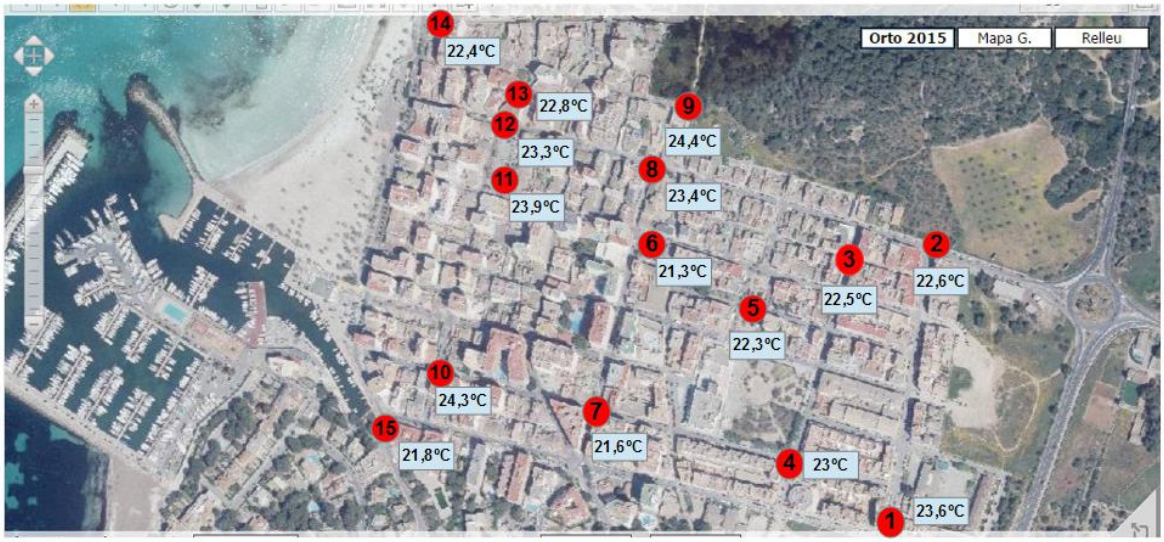

Orto 2015
Mapa G.
Relleu
14
20,3ºC
13
20,1ºC
12
20,4ºC
11
20,5ºC
9
20,2ºC
8
20,9ºC
6
19,9ºC
3
19,5ºC
2
19,3ºC
5
19,6ºC
10
19,7ºC
15
20,7ºC
7
19,9ºC
4
19,6ºC
1
19,3ºC

15. març 2016

b) 29 de maig

DIA 29/05/2016

Nombre de punt	Tipus	Temperatura
1	Perimetral SE	23,6ºC
2	Perimetral NE	22,6ºC
3	Continuïtat NE	22,5ºC
4	Continuïtat SE	23ºC
5	Singular (Pl. Major)	22,3ºC
6	Singular (Pl. Estació)	21,3ºC
7	Continuïtat S	21,6ºC
8	Continuïtat N	23,4ºC
9	Perimetral N	24,4ºC
10	Continuïtat SO	24,3ºC
11	Singular (Pl. Reina Mª Cristina)	23,9ºC
12	Continuïtat NO	23,3ºC
13	Singular (C/Marineta)	22,8ºC
14	Perimetral NO	22,4ºC
15	Perimetral SO	21,8ºC



Els resultats mostren que allà on es concentra l'efecte de l'illa de calor és al sector centre-oest de s'Arenal, el qual es correspon amb la zona amb densitat edificativa més alta.

L'amplitud tèrmica mitjana (entre ambdós dies) és de 2,1ºC; 1,6ºC el dia 15 i 2,6ºC el dia 29. És, per tant, més baixa que la del Coll d'en Rabassa, d'uns 2,8ºC.

Curiosament, i a causa de la inversió tèrmica durant la nit, el dia 29 de maig també es notava lleugerament l'efecte a la zona est, ja que coincideix amb la part alta de s'Arenal.

4. Conclusions i propostes de millora

Una vegada obtinguts els resultats, es pot concloure que:

- L'illa de calor afecta principalment a la part de s'Arenal, en concret, el sector centre-oest
- L'amplitud tèrmica al llarg del nucli urbà és inferior a la que s'ha enregistrat al Coll d'en Rabassa.
- Els pendents i la orientació cap a la mar han fet que el fenomen perdi intensitat.
- L'estructura urbana és, sense dubte, el factor que més influieix en l'aparició del fenomen; els edificis alts, els carrers estrets i concorreguts pel trànsit rodat, els aparells d'aire condicionat, els materials de construcció dels edificis i el color fosc de l'asfalt són causants de l'acumulació de calor dins el medi urbà.
- El pendent augmenta les temperatures a les zones més elevades a causa de la inversió tèrmica nocturna.

Tanmateix, hauria estat interessant observar el comportament d'aquest nucli urbà durant l'hivern, així com realitzar un nombre més gran d'observacions per tal de determinar la intensitat màxima que el fenomen pot assolir.

Finalment, aquí es mostra un seguit de propostes de millora encaminades a facilitar la regulació del clima urbà:

- Modernització del parc automobilístic, apostant decididament pels vehicles elèctrics, ja que no emeten gasos d'efecte hivernacle (almenys no directament); també seria interessant realitzar una prova amb vehicles d'aire comprimit, ja que, sorprenenentment, refresquen l'ambient.
- Reducció de la densitat de trànsit rodat mitjaçant el foment dels desplaçaments a peu, amb bicicleta i amb transport públic; la qual cosa passa per reparar les voravies deteriorades, repintar passos de vianants, promocionar les bicicletes de pedaleig assistit (més còmodes per a sortejar els pendents) i millorar la freqüència de les línies de bus, tant les urbanes com les interurbanes (especialment durant l'estiu, atesa el gran nombre d'usuaris)
- Renovació dels aparells d'aire condicionat més antics, ja que els més moderns són més temperats, de manera que no s'acumula tanta calor a les façanes.

- Augment del nombre d'espais lliures públics i, si escau, dotar-los de vegetació, la qual fa ombra i a més, absorbeix el diòxid de carboni transformant-lo en oxigen, la qual cosa refresca l'ambient.
- Quan calgui reasfaltar carrers, mirar d'aconseguir un color més clar; si no fos possible, utilitzar un tipus d'asfalt anomenat “Noxer”, el qual, com el seu nom indica, absorbeix les emissions d'òxids de nitrogen, que com el diòxid de carboni, potencien l'efecte hivernacle.
- Rehabilitació arquitectònica i construcció bioclimàtica: els edificis que ja hi ha construits, adaptar-los per tal de millorar el seu aïllament tèrmic; en cas de construir edificis de bell nou, mirar d'utilitzar la màxima quantitat possible de materials aïllants. D'aquesta manera es redueix l'ús dels aparells d'aire condicionat, els quals, com s'ha esmentat anteriorment, fan que s'acumuli calor a les façanes.

Referències

- Bello Fuentes, VICENTE. *La isla de calor nocturna.*
- Moreno, 1999
- López, 1993
- Cuadrat et al., 2005
- Pérez, 1994
- Ruiz et al., 1994