



Universitat de les Illes Balears

Facultat de Filosofia i Lletres

Memòria del Treball de Fi de Grau

Illa de calor urbana nocturna i distribució tèrmica a Sóller (Mallorca, Illes Balears)

Arnau Romero Sastre

Grau en Geografia

Any acadèmic 2019 - 2020

DNI de l'alumne: XXXXXXXXXX

Treball tutelat per Pablo Rodríguez Lozano

Departament de Geografia

| | | | | |
|--|-------|----|-------|----|
| S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació. | Autor | | Tutor | |
| | Sí | No | Sí | No |
| | X | | X | |

Paraules clau del treball: Illa de calor urbana, variabilitat climàtica, canó urbà, transectes, temperatura, ciutats mediterrànies, clima mediterrani típic, Sóller, Mallorca.

Índex

| | |
|--------------------------------------|----|
| Resum | 5 |
| 1. Introducció | 6 |
| 2. Àrea d'estudi | 7 |
| 3. Metodologia | 12 |
| 4. Resultats | 14 |
| 4.1 Transecte nº 1 | 16 |
| 4.2 Transecte nº 2 | 17 |
| 4.3 Transecte nº 3 | 18 |
| 4.4 Efecte de l'altitud | 20 |
| 4.5 Distribució tèrmica | 21 |
| 5. Discussió | 24 |
| 6. Conclusió | 27 |
| 7. Bibliografia | 28 |
| Annex 1 | 31 |
| Annex 2 | 34 |

Índex de figures

| | |
|--|----|
| Figura 1. . Situació del municipi de Sóller i del nucli urbà analitzat. Localització dins el context geogràfic de l'illa de Mallorca (Illes Balears). Font: elaboració pròpia..... | 8 |
| Figura 2. Visualització del nucli de Sóller envoltat pels alts penya-segats que conformen la pròpia vall. Font: elaboració pròpia | 9 |
| Figura 3. Recorregut dels tres itineraris sobre un mapa de l'àrea estudiada de Sóller amb els usos del sòl. Font: elaboració pròpia. | 10 |
| Figura 4. Temperatura anual (2017) del nucli de Sóller. Estació localitzada al I.E.S. Guillem Colom Casesnoves. Font: Balearsmeteo.com | 11 |
| Figura 5. Perfils tèrmics de les sortides de camp, del transecte nº 1. Elaboració pròpia. | 16 |
| Figura 6. Perfils tèrmics de les sortides de camp, del transecte nº 2. Elaboració pròpia. | 18 |
| Figura 7. Perfils tèrmics de les sortides de camp, del transecte nº 3. Elaboració pròpia. | 19 |
| Figura 8. Correlació entre temperatura i altitud de les estacions. Sortida de camp del 16/05/2019. Elaboració pròpia. | 20 |
| Figura 9. Correlació entre temperatura i altitud de les estacions. Sortida de camp del 02/06/2020. Elaboració pròpia. | 20 |
| Figura 10. Correlació entre temperatura i altitud de les estacions. Sortida de camp del 13/06/2020 . Elaboració pròpia. | 21 |
| Figura 11. Distribució de la temperatura (°C) al nucli de Sóller i la seva perifèria. Sortida de camp del 16/05/2019. Font: elaboració pròpia | 22 |
| Figura 12. Distribució de la temperatura (°C) al nucli de Sóller i la seva perifèria. Sortida de camp del 02/06/2020. Font: elaboració pròpia | 22 |
| Figura 13. Distribució de la temperatura (°C) al nucli de Sóller i la seva perifèria. Sortida de camp del 13/06/2020. Font: elaboració pròpia | 23 |
| Figura 14. Estació nº 38. Canó urbà al carrer de sa Rectoria. Font Google earth..... | 23 |
| Figura 15. Estació nº 35. Carrer de Sa LLuna. Font Google earth | 24 |
| Figura 16. Estació nº 43. Carrer de Sa Mar. Font Google earth | 24 |
| Figura 17. Percentatge d'estacions amb cobertura natural. Elaboració pròpia. | 25 |

Índex de taules

| | |
|---|----|
| Taula 1. Dades meteorològiques anuals (2017) del nucli de Sóller. Estació localitzada al I.E.S. Guillem Colom Casasnoves. Font: Balearsmeteo.com..... | 11 |
| Taula 2. Dades estacions meteorològiques pròximes al nucli de Sóller. Fonts: www.Balearsmeteo.com i sol·licitud privada pel cas de l'estació de Sa Vinyassa. (16 de maig del 2019)..... | 14 |
| Taula 3. Dades meteorològiques de les sortides de camp. Estació localitzada al I.E.S. Guillem Colom Casesnoves. Font: Balearsmeteo.com | 15 |
| Taula 4. Recopilació de dades més rellevants de les tres sortides de camp..... | 15 |
| Taula 5. Coeficients de correlació i determinació de les sortides de camp. Elaboració pròpia.. | 21 |
| Taula 6. Comparació de resultats amb altres estudis de poblacions de la mediterrània. | 27 |

Resum

El present treball exposa l'estudi de l'illa de calor nocturna de Sóller (Mallorca). Per aconseguir identificar el fenomen ICU s'han realitzat tres sortides de camp en horari nocturn, emprant el mètode de transectes amb els que s'han recopilat les dades de temperatura i humitat en 64 estacions mitjançant un thermohigrometre de alta sensibilitat. Els resultats identifiquen una illa de calor urbana que varia entre els 0,9° i els 2,9° C. La distribució tèrmica identifica dues àrees més càlides que la resta, una se situa al centre antic del nucli i l'altre al sud d'aquest. Sóller té una ICU dèbil en comparació a altres estudis poblacions a Mallorca com ara Campos, Pollença, Inca o Lluçmajor. Hi ha una sèrie d'elements interessants que minven l'acumulació de temperatura al nucli. A part d'estar localitzat dins la Serra de Tramuntana, Sóller conta amb un alt contingut de carrers amb cobertura natural, així com de places obertes i algun parc. A més, l'element que destacaríem com a regulador de la temperatura són els fins a 4 torrents que travessen el nucli.

Abstract

This work presents the study of the nocturnal heat island of Sóller (Mallorca). To identify the ICU phenomenon, three field trips were made at night, using the method of transects with which the temperature and humidity data were collected using 64 stations and a high sensitivity thermohygrometer. The results identify a heat island that varies between 0.9° and 2.9° C. The thermal distribution identifies two areas which results are warmer than the rest, one is located in the old center of the centre and the other south of it. Sóller has a weak ICU compared to other population studies in Mallorca such as Campos, Pollença, Inca or Lluçmajor. There is a number of interesting elements that reduce the accumulation of temperature in the center. Apart from being located in the Serra de Tramuntana, Sóller has a high concentration of streets with natural coverage, as well as open squares and some parks. In addition, the factor that we would highlight as a temperature regulator are the 4 torrents that cross the center.

1. Introducció

Les zones urbanes actuen com un element modificador important del clima local creant unes condicions mediambientals concretes, que es defineixen com a microclima urbà. La diferència climàtica dels espais urbans amb les d'espais rurals es una de les conseqüències produïdes pel conjunt construït, format per edificis, carrers i superfícies pavimentades. Si sumem la temperatura local amb l'increment previsible del canvi climàtic, a les ciutats es poden crear situacions de risc per a la salut dels seus habitants, a més de problemes relacionats amb el consum i el subministrament energètic. (Tumini, 2010). Per tant, dins el context històric del canvi global, en concret, dins el canvi climàtic, els estudis sobre el clima urbà són de major importància a l'actualitat i és clar que de cada vegada més, els anàlisis empírics en espais urbans ajuden a realitzar i recolzar altres estudis relacionats amb el clima urbà, la planificació urbana o l'arquitectura bioclimàtica d'entre d'altres.

Per trobar antecedents sobre l'anàlisi de la temperatura dins zones urbanes en relació a les àrees exteriors, ens hem de remuntar a l'època clàssica, on els grecs i els romans, ja se'n van adonar de l'alteració que hi havia a les ciutats i els seus voltants en quan a la variabilitat de les temperatures i la confortabilitat per als seus habitants. Durant l'Edat Mitjana es feren algunes valoracions però no fou fins al segle XVIII quan gràcies a les estacions meteorològiques es va demostrar i manifestar les variacions de temperatura que provoca la ciutat, a pesar de que va ser un tema poc estudiat, o al que no se li va donar massa importància dins el seu moment històric. Amb l'arribada al segle XIX de la Revolució Industrial, la contaminació, l'increment de població a les ciutats i la seva expansió donaren lloc a nous estudis sobre el tema. Posteriorment, amb el final de la Segona Guerra Mundial, es produeix una forta expansió global en termes d'urbanització al món, i sorgeixen estudis sobre el clima urbà per exemple (Chandler, 1965), (Landsberg, 1961), (Oke, 1978) i (García & Carmen, 1997).

Una de les primeres definicions que trobem sobre el fenomen d'illa de calor urbana és de Oke, (1987) el qual defineix l'illa de calor urbana un augment de les temperatures en els centres urbans per contrast amb el seu entorn rural. El seu càlcul es simple, la diferència entre la temperatura de l'aire de la part urbana amb la rural ($T^{\circ}_{\text{aire urbà}} - T^{\circ}_{\text{aire rural}}$). Oke (1987) contempla que aquest fenomen es deu a canvis en el balanç calorífic com en els canvis en l'albedo, la radiació incident o de fluxos de calor sensibles i calor latent, així com de la radiació de sistemes domèstics com ara de calefacció o refrigeració, el tràfic de combustió o la indústria. A més, la temperatura augmentarà a major volum de densitat de població i volum de la ciutat, es a dir, com mes gran sigui la ciutat.

Aquets estudis arriben als anys 60 a les ciutats europees i a Espanya arribaran mes endavant de la mà de Lopez Gómez (1984) a la ciutat de Madrid i anys mes tard amb Moreno (1990 i 1994) a la ciutat de Barcelona. Es poden trobar una gran varietat d'estudis sobre el fenomen ICU de ciutats mediterrànies. Se'n poden trobar de ciutats de països com Grècia, Xipre, Turquia, Tunísia, Itàlia, França i també d'Espanya. Dins l'estat espanyol trobem estudis de ciutats com Alacant (Martínez, 2014), València (Caselles, 1991), Mataró (Pérez G. y Pérez J., 1998), Hospitalet de Llobregat (López Bustins, 2006), Barcelona (Morena, 1993). A més a les Illes hi podem trobar estudis com el de Guijarro (1998) , o com ara Ramis et al. (2002) i el de Alomar i Llop (2018) analitzant la ciutat de Palma. També nuclis mes similars en nombre de població o de dimensió com el cas de la ciutat de Inca (Troya, 2007) o la ciutat de Eivissa (Serra, 2007). A més, en el treball de Troya i Serra (2012) presenten un estudi ICU per a 4 altres poblacions, Lluçmajor, Campos, Sa Pobla i Pollença. La majoria dels estudis previs a ciutats mediterrànies es concentren a ciutats de grans dimensions o dimensions mitjanes pel

que existeix cert desconeixement sobre l'existència de les illes de calor urbanes a nuclis de població de menors dimensions.

La vall de Sóller, a Mallorca (Illes Balears) té unes característiques físiques peculiars a diferència de la resta de l'illa, i ja no només de Mallorca sinó del conjunt de l'arxipèlag Balear. Si a una àrea de clima mediterrani li sumem elements abiòtics com són les altes muralles que enredolten la vall, més alguns elements biòtics com n'és el nucli urbà de Sóller, la seva activitat, i els cultius adjacents, ens donen un conjunt d'elements perfectes per voler analitzar tant el fenomen de la ICU, com la distribució geogràfica de temperatures de tot el poble. Es considera de vital importància l'estudi de nuclis de menors dimensions ja que poden aportar detalls tant positius per altres nuclis com evitar possibles errors estructurals en moments de futur creixement així com de reformes de infraestructures. Cal avançar, que el present estudi conté unes característiques físiques diferents a les de la resta que s'han realitzat fins al moment a les illes, pel que es podria considerar, de certa manera, inèdit i original dins la variabilitat d'anàlisis de les Illes Balears.

L'objectiu general d'aquest estudi és quantificar l'illa de calor urbana nocturna del nucli de Sóller. L'estudi pretén col·laborar amb les investigacions sobre la climatologia urbana i més concretament en els de les ciutats mediterrànies donant un anàlisi exploratori de com es comporta tèrmic d'una àrea urbana dins d'una de rural i forestal. A més, el present estudi pot servir com a comparativa o amb altres estudis realitzats a les Balears. Sabent de la complexitat del municipi de Sóller podem establir una sèrie de hipòtesis relacionades tant per a l'illa de calor nocturna com per a la seva distribució de temperatura.

- Donat que el municipi de Sóller està situat dins una vall, la seva illa de calor tendrà una diferència màxima de temperatures més reduïdes que les de poblacions veïnes i de dimensions similars com Inca, Campos o Pollença.
- Les temperatures de les zones amb edificacions altes i estretes seran les més altes en comparació amb àrees amb edificacions d'una o dues plantes.
- Trobarem diferències destacables de temperatura entre zones rurals i semi-rurals, és a dir que tinguin edificacions dins les àrees rurals.

2. Àrea d'estudi

L'estudi es localitza a la zona nord-oest de l'illa de Mallorca, dins una de les Valls de la Serra de Tramuntana, més concretament al municipi de Sóller que té una superfície de 42,75 km² i limita amb els municipis de Deià a l'oest, amb Bunyola al sud i amb Fornalutx i Escorca al est (figura1). D'acord amb les dades oficials dels dos anys en que s'han agafat les mostres meteorològiques, el padró de 2018, publicat per l'Institut d'Estadística de les Illes Balears (IBESTAT) es van comptabilitzar 14 041 habitants repartits entre els 7 nuclis que aquest conté, de més a menys població els nuclis són Sóller (9 203), Port de Sóller (2 694), L'Horta (1 664), Biniaraix (480), Es Estiradors, Ses Argiles i l'Alqueria des Comte. Cal tenir en compte, que l'àrea de treball es concentra en el nucli urbà de Sóller i la seva perifèria rural, de manera que per a l'elaboració del treball només inclourem la població de Sóller i de l'Horta ja que aquest darrer és una barriada del nucli. El padró de l'any 2019 la població de Sóller va davallar en 336 habitants, donant la xifra de 13705 habitants segons l'INE.

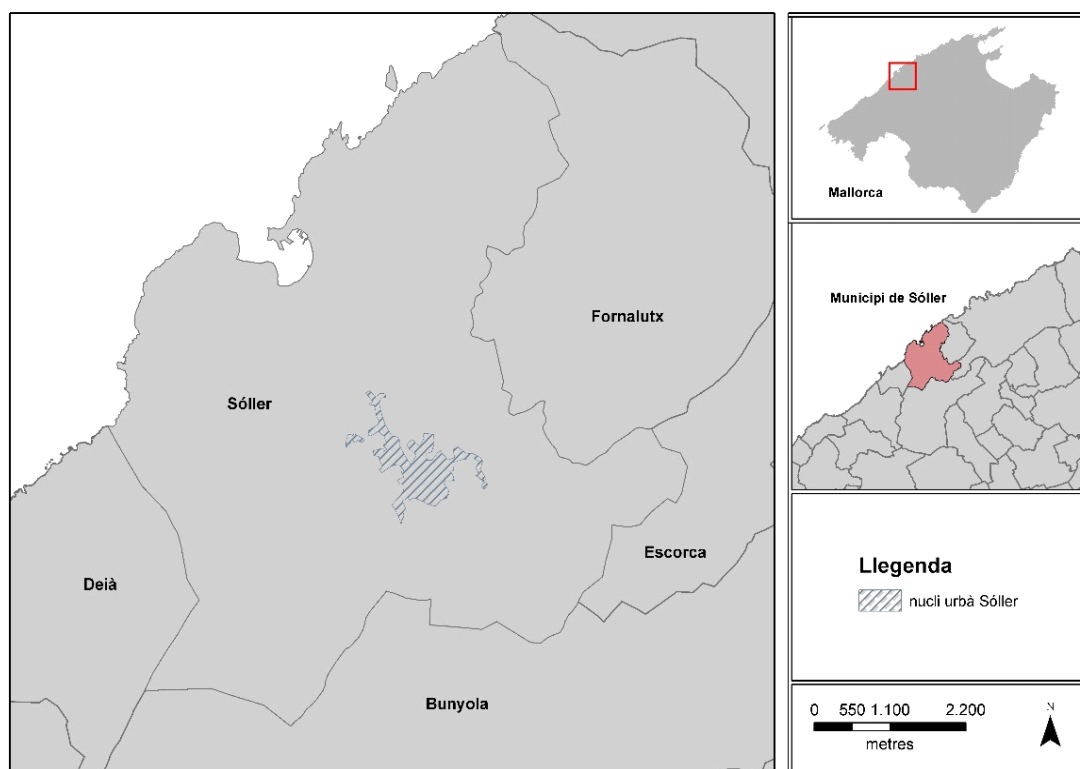


Figura 1. . Situació del municipi de Sóller i del nucli urbà analitzat. Localització dins el context geogràfic de l'illa de Mallorca (Illes Balears). Font: elaboració pròpia.

El nucli analitzat és localitzat a 39°45'58.8"Nord i 2°42'54.3"Est i està situat dins una vall al voltant dels 53 metres sobre el nivell del mar, envoltada per algunes de les elevacions més altes de la Serra de Tramuntana. En primer lloc, dins el municipi cal destacar la Serra d'Alfàbia (1 067 msnm.) el sector de s'Arrom (957 msnm.), tot seguit hi ha el puig des Moro a la vora del puig del Teix (785 msnm.) i el Puig de Bàltx (579 msnm.).

La vall està envoltada per 3 anells de diferents materials. Les calcàries massives del Lias (pedra viva), conformen els cims, els espadats i les cresteries que tanquen la vall. Al peu dels penya-segats hi trobem el segon anell compost per margues i arrossegalls de vessant, que formen els costers on els sollerics han transformat cultius d'olivars mitjançant marjades i terrasses. Al fons de la vall, zona on es realitza l'anàlisi del present treball, hi trobem materials que s'han dipositat en un temps geològicament curt (quaternari), principalment a través dels torrents que hi desemboquen i que han anat reblint una zona que tenia notables extensions embassades. A la figura 2 es pot visualitzar la composició de la vall.

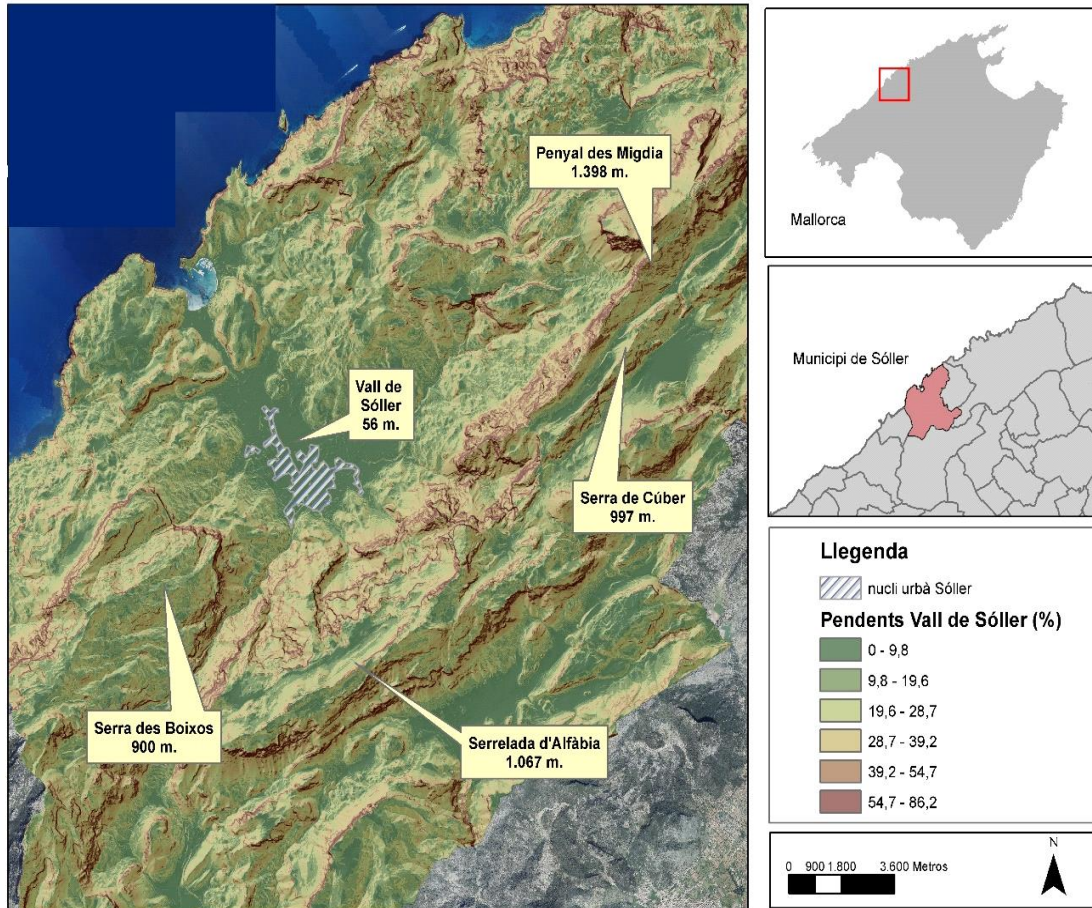


Figura 2. Visualització del nucli de Sóller envoltat pels alts penya-segats que conformen la pròpia vall.
Font: elaboració pròpia

Si ens centrem en els usos del sòl de l'àrea d'estudi, mitjançant el mapa (figura 3) que tenim a continuació, observem com la zona urbana del nucli de Sóller està envoltada per cultius de regadiu, això és gràcies a la geomorfologia del terreny ja que en trobem en una vall on davallen varis torrents de les muntanyes situades al sud del nucli i que creuen la zona urbana donant una tradició al municipi en cultiu de cítrics, principalment taronges i llimones. De manera que ens allunyem del nucli i pugem en altitud hi trobem zones escarpades, on els sollerics han anat creant terrasses mitjançant marjades per poder així aprofitar el terreny cultivant oliva principalment, d'aquí el nom habitual d'olivars. Ja amb menys presència dins la present àrea d'estudi, trobem algunes zones de pinars i alguna de secà no arbrat però sense rellevància i trobant-se dins zones més aïllades. Degut a les característiques del terreny esmentades el nucli té una forma urbana peculiar. La seva màxima concentració de població es troba al centre del nucli des d'on deriven varis carrers en direcció a les zones rurals i on amb el temps, mitjançant les edificacions al voltant d'aquets carrers, s'ha tornat zona urbana. Podem trobar un braç principal que es dirigeix cap al barri de l'Hort en direcció nord-oest. Un altre carrer bastant urbanitzat en direcció a la carretera de Lluc en direcció nord i un altre en braç urbanística en direcció a Biniraix cap a l'est del nucli. D'aquesta manera s'han adaptat els transectes¹ a les possibilitats de l'àrea d'estudi, com s'explicarà a la metodologia.

¹ Transecte. El terme no apareix al diccionari acadèmic però si el prefix *trans* derivat del llatí *y* que significa << A l'altre costat de >> o << a través de >>. Aquest terme emprat per Moreno C. al seu treball sobre terminologia en la climatologia urbana, proporciona una idea molt precisa sobre la tècnica emprada usualment a l'estudi dels climes urbans y que consisteix en la presa de mesures meteorològiques al llarg d'un recorregut o ruta prèviament establerta.

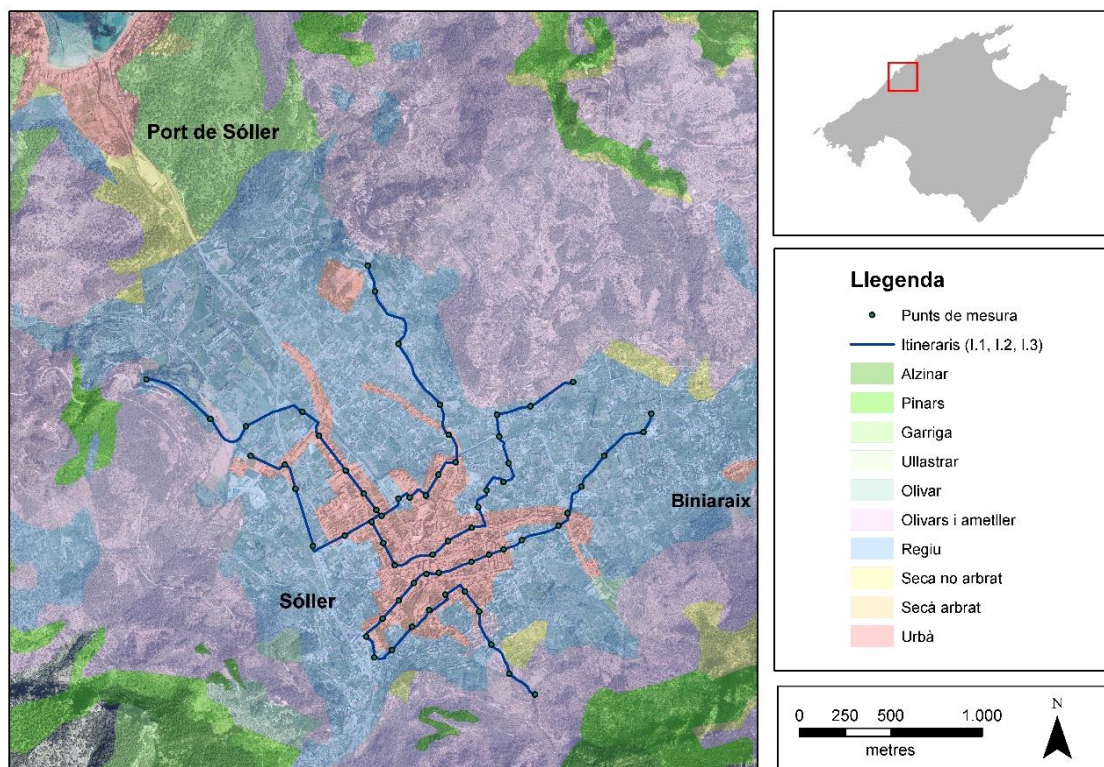


Figura 3. Recorregut dels tres itineraris sobre un mapa de l'àrea estudiada de Sóller amb els usos del sòl.
Font: elaboració pròpia.

En relació amb el clima, segons el sistema global Köppen, Sóller es troba dins la classificació en el grup "Csa", és a dir, clima mediterrani típic. La "C" determina un clima de latituds mitjanes on la temperatura mitjana del mes més fred està entre $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, i en el mes més càlid la temperatura supera els $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. La lletra "s" va en relació a la precipitació, es tracta de àrees amb un estiu sec amb un mínim de precipitació molt marcat. I la tercera lletra "a" indica el comportament de les temperatures a l'estiu. En aquest cas ens trobem dins el tipus subtropical que es distingeix per tenir estius calorosos ja que superen els $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ en els mesos càlids i unes temperatures mitjanes que superen els $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ al menys 4 mesos a l'any.

A continuació podem veure la figura 4 amb les temperatures mitjanes de l'any 2017, any on l'estació meteorològica de l'institut de Sóller va tenir més regularitat emmagatzemant dades, donant així informació de la totalitat dels mesos de l'any.

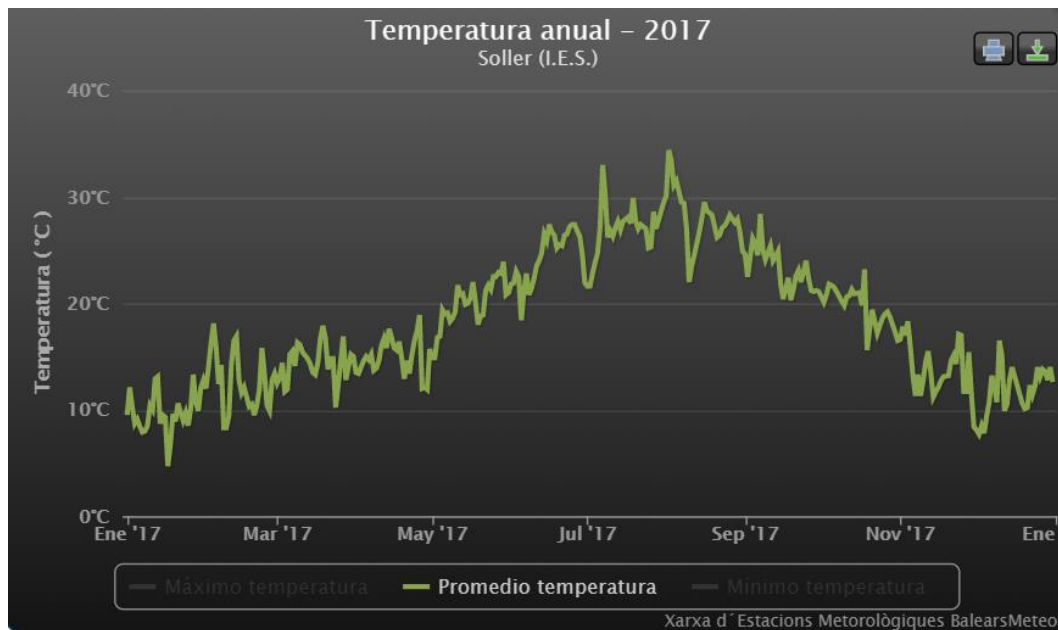


Figura 4. Temperatura anual (2017) del nucli de Sóller. Estació localitzada al I.E.S. Guillem Colom Casesnoves. Font: Balearsmeteo.com

S'ha de tenir en conta que Sóller té unes característiques físiques en el seu medi que provoca una varietat climàtica una mica singular ja que es veu modificada per la seva situació dins la Serra de Tramuntana, aquesta provoca alteracions en precipitació, donant mitjanes anuals superiors a les que reflexa la classificació de Köppen. Les temperatures mitjanes anuals es troben sobre els 17,9 °C, mentre que al mes de gener la temperatura mínima mitjana es de 9,8 °C i la màxima la trobem al mes d'agost amb una mitjana de 26,8 °C. A continuació es poden veure les dades anuals al 2017.

Taula 1. Dades meteorològiques anuals (2017) del nucli de Sóller. Estació localitzada al I.E.S. Guillem Colom Casesnoves. Font: Balearsmeteo.com

Resum de la taula de l'any 2017

| Mes | TEMPERATURES | | | | Mitjana mensual | VENT | | | PRECIPITACIONS | |
|--------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------|-------------------|-------------|-----------------|----------------|---------------|
| | Tn absoluta | Tn mitjana | Tx absoluta | Tx mitjana | | Velocitat mitjana | Rafages max | Sector dominant | Acumulat | Max en un dia |
| gener | 1.3 °C | 6.8 °C | 17.9 °C | 13.4 °C | 9.8 °C | 4.3 km/h | 62.8 km/h | ↘ ESE | 405.8 mm | 100.2 mm |
| febrer | 2.6 °C | 8.9 °C | 20.7 °C | 16.8 °C | 12.6 °C | 4.5 km/h | 69.2 km/h | ↘ SE | 63.2 mm | 47.4 mm |
| març | 6.4 °C | 10.0 °C | 25.8 °C | 19.3 °C | 14.2 °C | 3.8 km/h | 70.8 km/h | ↘ ESE | 81.2 mm | 63.8 mm |
| abril | 6.4 °C | 10.3 °C | 23.8 °C | 19.6 °C | 15.0 °C | 3.9 km/h | 51.5 km/h | ↘ SE | 16.2 mm | 11.2 mm |
| maig | 8.6 °C | 14.0 °C | 29.9 °C | 23.8 °C | 18.8 °C | 3.9 km/h | 62.8 km/h | ↔ O | 0.0 mm | 0.0 mm |
| juny | 17.4 °C | 20.7 °C | 33.9 °C | 31.0 °C | 26.0 °C | 3.5 km/h | 59.5 km/h | ↔ O | 2.4 mm | 2.2 mm |
| juliol | 17.2 °C | 21.6 °C | 38.7 °C | 30.6 °C | 26.3 °C | 3.8 km/h | 61.1 km/h | ↔ O | 0.0 mm | 0.0 mm |
| agost | 18.1 °C | 22.3 °C | 39.7 °C | 31.3 °C | 26.8 °C | 3.7 km/h | 62.8 km/h | ↔ O | 56.4 mm | 42.4 mm |
| setembre | 14.0 °C | 17.5 °C | 29.4 °C | 26.2 °C | 21.6 °C | 3.5 km/h | 66.0 km/h | ↘ SE | 109.2 mm | 48.2 mm |
| octubre | 12.2 °C | 14.9 °C | 27.1 °C | 23.9 °C | 18.5 °C | 2.1 km/h | 48.3 km/h | ↘ ESE | 30.2 mm | 22.4 mm |
| novembre | 5.3 °C | 10.0 °C | 24.1 °C | 17.8 °C | 13.4 °C | 2.8 km/h | 64.4 km/h | ↘ ESE | 35.4 mm | 7.8 mm |
| desembre | 3.6 °C | 8.1 °C | 18.6 °C | 14.6 °C | 11.2 °C | 3.9 km/h | 82.1 km/h | ↘ ESE | 84.2 mm | 26.2 mm |
| Total | 1.3 °C | 13.8 °C | 39.7 °C | 22.4 °C | 17.9 °C | 3.6 km/h | 82.1 km/h | ↘ SE | 884.2 mm | 100.2 mm |

3. Metodologia

Al llarg d'un dia meteorològicament estable es detecten teòricament tres tipus de illes urbanes: una illa de calor nocturna, una illa de frescor matinal y una illa de calor diürna. (Alomar Garau & Llop Garau, 2018). En el present estudi ens centrem únicament el la illa de calor nocturna la qual es comença a produir poc després de la posta de sol, quan la temperatura ha de començar a disminuir. Aquest es un efecte natural dins les àrees rurals però no passa el mateix a les àrees urbanes ja que aquestes tendeixen a conservar la temperatura a l'interior.

Per aconseguir les mesures necessàries s'ha optat per la tècnica de mostreig de sistema de transectes, on aquesta tècnica va ser emprada per primera vegada per Wilhem Schmidt el 1927 a Viena i que s'ha seguit emprant per multitud d'estudis posteriors de l'illa de calor com el recent i pròxim estudi de Palma (Alomar Garau & Llop Garau, 2018).

Per a una recopilació de dades ideal, la millor opció seria recollir les diferents dades de manera estàtica i a la mateixa hora, per exemple en el meu cas, seria ideal tenir una estació amb els detectors de temperatura i humitat a cada una de les 64 estacions per posteriorment poder tenir les dades disponibles de manera simultània. D'aquesta manera no hi hauria cap tipus de variabilitat climàtica degut a la diferència temporal. Però les possibilitats econòmiques per poder realitzar aquest projecte ens han donat per aconseguir un termohigrometre de alta sensibilitat amb el que es faran totes les mediacions en un temps menor a 60 minuts i mitjançant un ciclomotor. És a dir, la metodologia seguida ha estat d'estació mòbil, que és una metodologia comú dins aquest tipus d'estudis com per exemple el de (Moreno G., 2017) o (Alomar, 2018).

El present treball s'ha conformat a través de les dades obtingudes el dia 16 de Maig del 2019 i dels dies 2 i 6 de juny del 2020. Les característiques climàtiques que es van presentar durant aquets dies eren les ideals per poder realitzar la recopilació de dades. En concret van ser dies d'estabilitat anticiclònica i poc moviment de vent o pràcticament nul. Pel cas de Sóller es traçaran tres transectes diferents. Aquests s'han definit abans amb l'eina "google maps", d'aquesta manera minimitzam el temps del trajecte coneixent les direccions i les possibilitats dels transectes. L'objectiu de cada transecte serà veure la diferència de temperatures i humitat entre l'àmbit rural i l'urbà, de manera que cada un dels 3 itineraris comencen en una àrea rural, posteriorment circulen per la zona urbana i central de Sóller i creuen cap a una part oposada i externa del nucli, acabant dins una àrea rural. El conjunt d'itineraris s'ha intentat que no sobrepassin els 60 minuts per no veure una gran variació de la temperatura inicial i la final dins el conjunt de l'àrea d'estudi.

A la figura 3 es poden visualitzar l'inici i el final dels tres recorreguts i com transcorren per zona rural, després per zona urbana i acaben dins una àrea rural. A més, observem com s'han dissenyat els recorreguts en funció de la forma del nucli urbà, passant per quasi la totalitat de l'àrea urbana.

Tot seguit s'exposen els resultats climàtics de les estacions meteorològiques dels dies en que es van prendre les mediacions. Posteriorment s'adjunten els resultats donats a camp mitjançant una sèrie de gràfics amb els perfils tèrmics separats per transectes i on es comenten les variacions més destacables. A més, es realitza un tractament de dades analitzant la correlació entre les temperatures i l'altitud. Per acabar els resultats, s'analitzarà la distribució tèrmica del nucli urbà de Sóller i el seu entorn rural a través de les figures 5, 6 i 7 on s'hi representen els mapes de cada sortida de camp.

El conjunt dels tres transectes suposa una longitud de 10,73 km en una durada d'entre 41 minuts i 60 minuts, aquesta variació depèn del trànsit. Hi ha fins a 64 punts per realitzar la recopilació de dades amb el termohigrometre de alta sensibilitat, aquets punt

s'anomenen estacions de mesura. La distància entre els punts pot variar de 30 a 60 metres, ja que s'ha seguit el criteri personal per localitzar els punts més adients en els carrers urbans. Posteriorment, a l'apartat de resultats, es pot observar a través de taules, les dades de cada un dels trajectes amb els detalls de cada punt com n'és la localització GPS, temperatura, humitat i l'hora de la mesura.

Per a la recopilació de dades es va emprar un vehicle ciclomotor amb dues persones, el conductor i el copilot que recollia les dades. Es va tenir gran cura amb la situació del termohigròmetre ja que necessita un punt fixe i ha d'estar el més aïllat possible de les fonts de radiació del ciclomotor. D'aquesta manera es va optar per situar el dispositiu a la part superior d'un pal adjuntat al retrovisor esquerra, ja que a la dreta hi ha la font de màxima radiació del vehicle. D'aquesta manera es va obtenir una estabilitat del dispositiu alhora de realitzar les medicacions. A més, a cada un dels punts es feia una aturada de un 5 segons, que era el que necessitava el termohigròmetre per estabilitzar-se. Totes les dades obtingudes son introduïdes dins les taules de l'apartat de resultats i també a l'annexa e dades on s'hi pot identificar el nombre del punt de mesura, la seva temperatura, humitat, localització GPS, hora, observacions, de manera que després es puguin traslladar, digitalitzar i tractar.

Pel càlcul de la Illa de calor urbana necessitem la temperatura màxima de l'interior del nucli urbà i la temperatura mes freda de l'àrea rural. De manera que pel càlcul de la ICU és restarà la temperatura urbana màxima amb la temperatura rural mínima donant com a resultat la ICU màxima.

Un cop obtingudes les dades, han estat digitalitzades a través del programa Excel per així posteriorment ser tractades, analitzades i representades mitjançant l'eina SIG, desenvolupat a partir del software ArcGIS 10.4.1. i on a partir de les seves eines s'han treballat i analitzat les dades, donant lloc a unes conclusions interpretades mitjançant mapes i gràfics. A continuació s'exposen les tècniques i eines principals que s'han emprat amb per realitzar cada mapa.

- Mapa de localització (figura 1) . S'han introduït les capes dels municipis de Mallorca, i la dels nuclis urbans per posteriorment exportar i retallar les dades convenientes de l'àrea de treball a Sóller que volíem exposar.
- Mapa usos del sòl (figura 3). En aquest cas s'ha adjuntat la capa de usos del sòl conjuntament amb una ortofotografia i els trajectes realitzats amb els punts on es feren les mesures. L'únic tractament ha estat eliminar alguns usos inexistents a l'àrea d'estudi.
- Mapa de la distribució tèrmica de Sóller (figures 5, 6 i 7). S'ha adjuntat la capa del nucli urbà de Sóller tractada anteriorment i una ortofotografia. A més, s'ha introduït la taula *Excel* amb els valors de temperatura i humitat de cada uns dels 64 punts de mesura dels itineraris per posteriorment emprar l'eina d'interpolació IDW (Spatial Analyst), que interpola a partir dels punts la tècnica de distància inversa ponderada.
- Mapa de elevacions (figura 2). MDE 05 – extreure els 5 nuclis que conformen la vall – extraer por mascara (analist spatial) – Pendiente (analist spatial). Per altra banda MDE05 – sombreado. Capa sombreado + capa pendiente.

Per aconseguir els coeficients de correlació i determinació s'ha emprat el software Excel. Aquest programa ens dona la possibilitat de seleccionar dos grups de variables i introduir la formula del coeficient de correlació. S'han realitzat els càlculs per les variables de temperatura de les tres sortides de camp comparades amb l'altitud. A partir d'aquest se'n ha extret un gràfic del qual s'hi pot extreure el coeficient de determinació on aquest indica quantes de les 64 estacions s'han vist afectades per l'altitud durant cada sortida de camp.

Per acabar, s'ha adjuntat un annexa on hi trobem una fotografia de cada un dels punts on s'ha agafat una mesura amb el termohigrometre des del punt nº 1 fins al punt nº 64 de manera que es pot visualitzar en qualsevol moment el lloc exacte on s'ha agafat la mediació. A més, s'ha creat un projecte de tot el recorregut amb el Google Earth. Aquest projecte permet a l'avaluador poder realitzar els tres transectes i situar-se amb l'eina 3D al mateix lloc de la presa de mediació de cada una de les 64 estacions. L'únic que s'ha de fer es compartir el projecte amb la persona que ho precisi, en aquest cas el meu tutor i posteriorment compartir l'enllaç que tenim a continuació.

https://earth.google.com/earth/rpc/cc/drive?state=%7B%22ids%22%3A%5B%2211Udye0FH_ZPL_JiCjWhNRB2QYteZqopd%22%5D%2C%22action%22%3A%22open%22%2C%22userId%22%3A%22104224512381553948676%22%7D&usp=sharing

4. Resultats

Per poder demostrar que la presa de temperatura i humitat amb el nostre termohigrometre de alta sensibilitat és la correcta, cal corroborar les nostres dades amb alguna estació meteorològica pròxima, per això, a continuació es plasmen les dades meteorològiques de cada un dels dies que es van fer les sortides de camp. En relació a les condicions meteorològiques resultants del dia de les mediacions sobre camp, cal dir que la zona de Sóller en el cas de la primera sortida del 16 de maig del 2019 només es van aconseguir dades de l'estació de Sa Vinyassa situada al nucli i on aquesta estació no té la capacitat per emmagatzemar les dades de cada hora com si ho fa l'estació de l'institut I.E.S Guillem Colom, però que estava desconnectada aquest mes de l'any. Per això s'han recopilat dades meteorològiques d'estacions veïnes al nucli per poder tenir una estimació del clima que hi va haver el mateix dia de la sortida de camp. A la taula 2 podem observar aquestes estacions amb les dades obtingudes el dia 16 de maig del 2019, mateix dia de la recopilació de dades.

Taula 2. Dades estacions meteorològiques pròximes al nucli de Sóller. Fonts: www.Balearsmeteo.com i sol·licitud privada pel cas de l'estació de Sa Vinyassa. (16 de maig del 2019)

| Estació meteorològica | Situació | Temperatura (°C) | | | Vent | | Pluja (mm) |
|-----------------------|------------|------------------|------|---------|-----------------------|----------|------------|
| | | min. | màx | mitjana | Velocitat (rafagues) | Direcció | |
| Sa Tanqueta | Estallencs | 12,2 | 21,1 | 16,8 | 7.0 km/h (45,1 km/h) | ESE | 0 |
| Serrelada de Alfàbia | Alfàbia | 6,7 | 13,2 | 10,4 | 21,5 km/h (49,9 km/h) | SSE | 0 |
| Sa Vinyassa | Sóller | 16,8 | 23,8 | 9,2 | nc | ESE | 0 |

Com s'ha dit abans, Sa Vinyassa és l'única estació meteorològica que s'ha trobat al nucli i on aquesta recopila temperatures mínimes, màximes i mitjanes, aquesta només ens serveixen per constatar una similitud orientativa. Per altra banda, l'estació situada a la Serralada d'Alfàbia ens ofereix unes dades que no coincideixen amb les del nucli urbà degut a la gran diferència d'altitud, però si ens dona la possibilitat de recalcar els factors climàtics que suposa estar dins la vall i extreure'n conclusions. A més, cal dir que hi ha l'estació meteorològica localitzada a l'I.E.S Guillem Colom Casanoves però que justament, durant tot el mes de maig del 2019 segons la pagina de *balearsmeteo* no va recopilar cap tipus de dades. Per això, s'ha recollit la informació de l'estació que té més similitud en relació a les dades climatològiques de Sóller, l'estació meteorològica de Sa

Tanqueta, situada al nucli d'Estellencs. Aquest municipi es podria comparar en aspectes físics al de Sóller i donar referències meteorològiques similars ja que esta situat dins la Serra de Tramuntana a 23,72 km de Sóller i es troba enredoltat de zones rural i forestal això si, Estellencs està mes pròxim al litoral.

Per a les següents dues sortides de camp, tenim tota la informació meteorològica gràcies a la pàgina de balearsmeteo.com on s'hi guarda en directa tota la informació de

l'estació de l'institut I.E.S Guillem Colom Casasnoves d'entre moltes altres de tots els municipis. D'aquesta manera a continuació podem observar a la taula 3 com els dies 2 i 13 de juny del 2020 van tenir unes característiques meteorològiques on hi predomina una estabilitat anticiclònica.

Taula 3. Dades meteorològiques de les sortides de camp. Estació localitzada al I.E.S. Guillem Colom Casasnoves.
Font: [Balearsmeteo.com](http://balearsmeteo.com)

| Data | Estació meteorològica | Temperatura (°C) | | | Vent (km/h) | | | Pluja mm |
|------------|-----------------------|------------------|------|------|--------------------------|---------|----------------|----------|
| | | Min. | Màx. | Mitj | Velocitat màx. (ràfega) | Mitjana | Direcció | |
| 02/06/2020 | IES Guillem Colom | 16,8 | 25,9 | 22,0 | 11,3 km/h (17,7 km/h) | 2,8 | WSW (260 °) | 0 |
| 13/06/2020 | IES Guillem Colom | 18,4 | 25,3 | 21,5 | 12,9 km/h (29,0 km/h) | 4,3 | WNW (308 °) | 0 |

A continuació, a la taula 4, tenim la recopilació de les dades més importants de cada transecte, així com la ICU de cada un d'ells i les ICU's mitjana (1,7° C), mínima (0,9° C) i la màxima (2,9° C) del conjunt total. A l'annexa 1 podem trobar el total de dades de les sortides de camp amb les que s'han realitzat els tractaments.

Taula 4. Recopilació de dades més rellevants de les tres sortides de camp.

| Transecte | 16/05/2019 | | | 02/06/2020 | | | 13/06/2020 | | |
|---------------------------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Distància (Km) | 3,710 | 3,973 | 3,051 | 3,710 | 3,973 | 3,051 | 3,710 | 3,973 | 3,051 |
| Hora inici | 21:57 | 22:19 | 22:40 | 22:10 | 22:28 | 22:41 | 22:04 | 22:22 | 22:34 |
| Hora final | 22:16 | 22:38 | 22:52 | 22:24 | 22:41 | 22:52 | 22:19 | 22:34 | 22:48 |
| Temps total (min.) | 19 | 19 | 12 | 24 | 13 | 11 | 15 | 12 | 14 |
| Temp. màx. (°C) | 18,7 | 19,3 | 18,8 | 23,2 | 23,4 | 22,7 | 20,3 | 20,6 | 20 |
| Temp. min. (°C) | 17,2 | 17,1 | 17,7 | 21,4 | 20,5 | 20,7 | 18,2 | 18,4 | 18,4 |
| ICU (°C) | 1,5 | 2,2 | 1,1 | 0,9 | 2,9 | 1,7 | 2,1 | 2,2 | 1,6 |
| ICU mitjana (°C) | 1,8 | | | | | | | | |
| ICU màxima (°C) | 2,9 | | | | | | | | |
| ICU mínima (°C) | 0,9 | | | | | | | | |

4.1 Transecte nº 1

El transecte nº 1 és el primer dels tres recorreguts. Aquest tram té una longitud de 3,7 km hi s'ha realitzat fins a 3 vegades en tres dies diferents, el 16 de maig del 2019 i el 2 i 6 de juny del 2020. A la taula 4 podem veure les característiques principals de cada dia. El temps que s'ha tardat per a realitzar el recorregut depèn del transit rodat que ens hem trobat.

L'inici del primer itinerari es situa a la part sud del nucli urbà, dins una àrea totalment rural i on aquest té un ús del sòl emprat per olivars i ametllers. Dit trajecte té una longitud total de 3,71 km i conté 26 estacions². El seu traçat comença a uns 200 metres al sud del cementiri del poble i es dirigeix cap al centre en direcció nord-oest per després circular per varis carrers amb l'objectiu de tractar el màxim espai urbà possible de la zona sud del nucli. Tot seguit, ens dirigim en direcció nord-est cap a la part exterior del la zona urbanitzada, pel camí a Fornalutx. Mitjançant el gràfic 2 que hi ha a continuació podem veure la variació de temperatura al llarg del recorregut i observar com aquesta es la que es pot suposar donant valors més elevats a la part urbana i valors inferiors a la part rural.

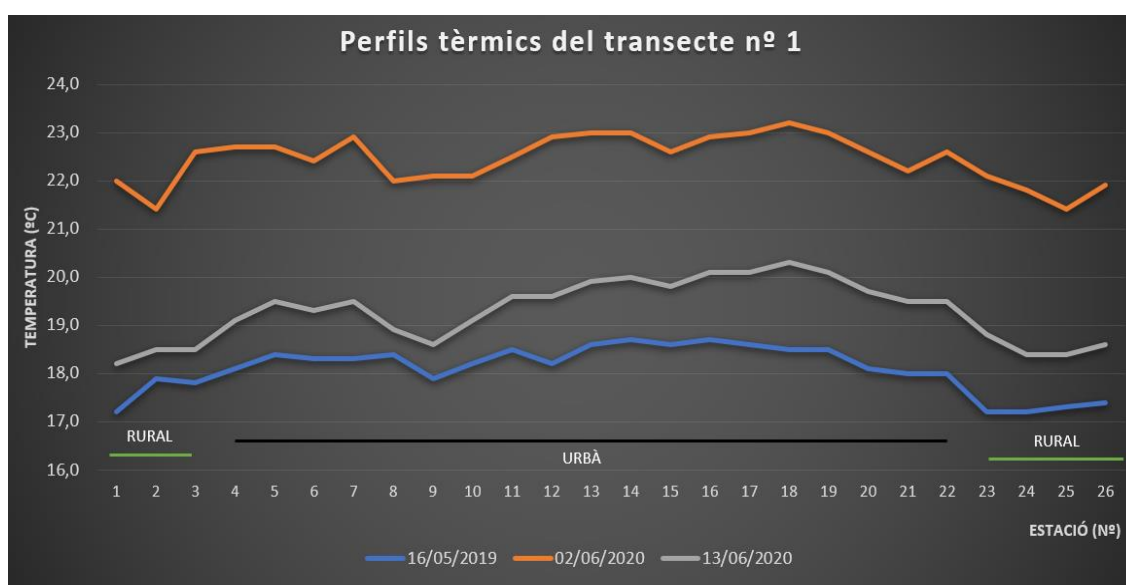


Figura 5. Perfils tèrmics de les sortides de camp, del transecte nº 1. Elaboració pròpia.

Si analitzem les temperatura més detingudament del primer itinerari, observem que hi ha una diferència lleu entre les àrees rurals i les urbanes. La ICU màxima que hi trobem a la zona sud del nucli és de 2,1 °C. En el punt nº 1, ens trobem la temperatura més baixa en dos dels tres casos. Només a 100 metres, en direcció al nucli arribem al cementiri on augmenta lleugerament. Fins aquí, els valors son agafats dins una zona rural i entrem dins el nucli urbà on ens trobem en els punt nº 4, 5, i 6 on recorrerem petits canons urbans on només hi pot circular un vehicle i on els edificis són de materials antics

² Estacions. Al present estudi, es relaciona aquesta paraula amb una estació meteorològica on s'hi ha extret mitjançant el thermohigrometre la temperatura i la humitat a cada un 64 punts (estacions) que duren els 3 transectes.

amb altures de 2 i 3 plantes. La temperatura en aquests carrers augmenta considerablement en els tres perfils tèrmics. Tot seguit, ens dirigim a l'entrada sud-oest del poble i passem per un carrer obert sense habitatges i paral·lel al torrent des Teix, es el punt nº 9 situat al camí de sa torrentera i la temperatura en els tres perfils disminueix.

Passat el petit tram rural al costat del torrent ens dirigim al centre pel carrer Isabel II, on les altures de les edificacions augmenten fins les 4 plantes. En els pròxims 100 - 150 metres, entre els punts nº 13 i nº 18 hi trobem l'àrea amb les temperatures més altes en els tres perfils tèrmics. Tot seguit, passem per la plaça d'Espanya on hi ha l'entrada al ferrocarril i agafem el carrer de Sant Jaume envoltat per edificis de fins a 3 plantes i on la temperatura serà la més elevada en dos dels perfils. En el pròxim punt nº 20 ens introduïm dins una àrea amb poques edificacions i potencialment rural (regadiu) i que continuarà fins al final de l'itinerari pel camí a Fornalutx donant una davallada de les temperatures de manera escalonada fins arribar al punt nº 25 del transecte on hi trobem una lleuger augment en els tres perfils en el punt nº 26.

A més, mitjançant la taula de dades completa on hi ha tota la informació i situada a l'annexa observem com la temperatura i la humitat van molt lligades durant tot el recorregut. Podem determinar que les dues variables van en sentit contrari, per exemple quan ens trobem dins una àrea rural trobem percentatges alts de humitat, oscil·lant entre 50,3% i el 57,8%, per contra, la temperatura dins aquestes zones son com s'ha analitzat anteriorment, les més baixes del circuit, oscil·lant entre els 17,2 °C i els 18,1 °C. Dins territori urbà passa el contrari, trobem un ambient més sec, on la humitat varia entre el 50,1% i el 40% i on les temperatures augmenten fins donar valors que varien entre els 18,1 °C i els 18,7 °C. En tot cas, s'observa una ICU on la màxima la trobem en el tercer dia de mediacions amb 2,1 °C i on la mínima és de 0,9 el segon dia.

4.2 Transecte nº 2

Al punt nº 27 comença el transecte 2, situat a la carretera al costat de terrenys on l'ús del sòl és de regadiu i per lo tant rural i que és situa al nord-est a les afores del nucli urbà. Aquest segon tram es realitza seguidament del primer i té una longitud de 3,97 km. amb 21 estacions. La ICU màxima es 2,9 °C en aquest itinerari la qual serà la mateixa que la ICU màxima de Sóller (taula 4). En canvi en els altres dos dies de mediacions coincideix la ICU amb 2,2 °C de diferència entre les àrees urbanes i les rurals. Cal dir que aquest transecte transita per la zona mes central i antiga de l'àrea urbana.

Per iniciar l'itinerari 2, des de l'estació nº 27, sortim d'una zona rural on la temperatura es baixa en els tres perfils tèrmics, i ens dirigim cap a la zona urbana en direcció sud-oest. Durant els següents 600 metres de trajecte per zona rural, la temperatura de les estacions nº 28 fins al 31, no augmenten oscil·lant lleugerament i tot i tenir algunes cases aïllades no es veu gran variació. En el punt nº 32, dins zona semi-rural però amb un grup de cases altes de dues plantes i un carreró estret, el termohigròmetre detecta en els tres perfils un augment de la temperatura. Al següent punt nº 33, la temperatura davalla lleugerament i tot seguit entrem dins el nucli urbà a través del camí de ses Fontanelles. Arribem al col·legi públic Es Fossaret on hi ha l'estació nº 34 i on hi es produeix un augment de la temperatura.

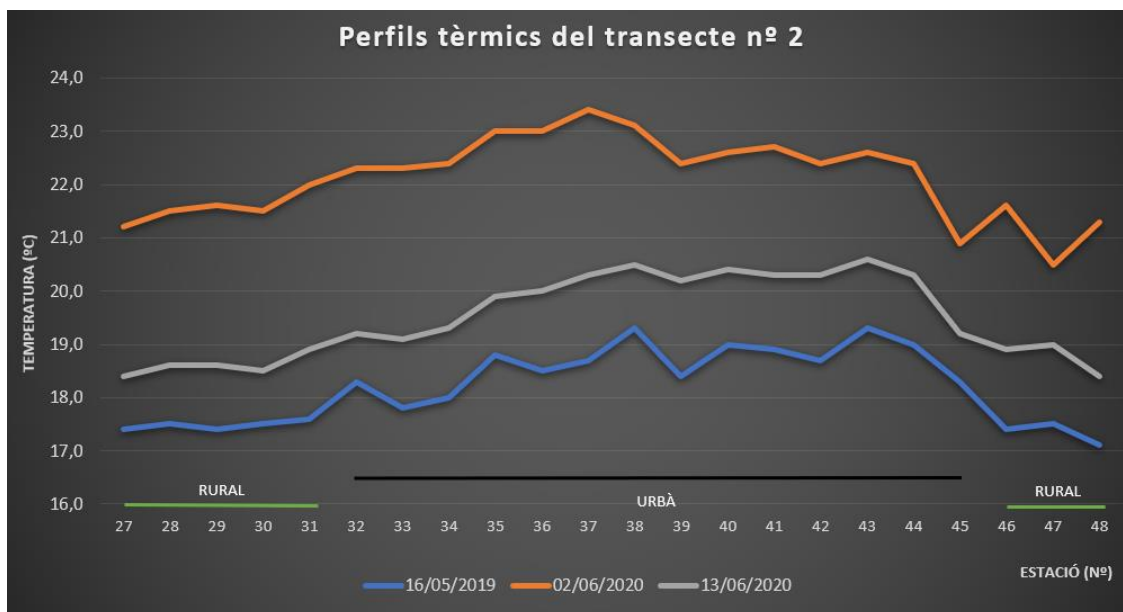


Figura 6. Perfils tèrmics de les sortides de camp, del transecte nº 2. Elaboració pròpia.

Tot seguit, ens introduïm pel carrer de Sa Lluna dins zona urbana amb edificis antics de 2, 3 i 4 plantes i on trobem un canó urbà³ amb una amplada reduïda i on la temperatura augmenta. Circulem direcció al centre, on un cop s'arriba a la plaça de la Constitució, zona més oberta i amb vegetació, hi ha l'estació nº 36 i trobem que la temperatura no varia gaire. Prosseguim pel carrer de la Rectoria, un carreró molt estret i amb habitatges de fins a 4 plantes, per arribar al principi de la Gran Via on hi trobem un dels punts més calents de tot el nucli de Sóller, l'estació nº 38. Seguidament, seguim pel mateix carrer on hi trobem grans arbres a ambdós costats i on l'amplitud és la suficient per que hi càpiguen vehicles estacionats a les dues bandes del carril principal, aquets factors provoquen una petita davallada considerable de la temperatura al punt nº 39, en alguns casos suposa una diferència de 0,9 °C de temperatura en menys de 50 metres de distància.

Estem a l'equador del segon itinerari i ens dirigim per la Gran Via a la rotonda que creua amb el carrer de Cetre. Dins la rotonda i durant les 3 següents estacions tindrem una temperatura similar en els tres perfils. Tot seguit predomina un augment de la temperatura i hi identifiquem una de les àrees més calentes del nucli urbà, on els habitatges són de construcció més recent i s'intercalen entre una sola, 2, 3 i 4 plantes d'altura, a més torna a ser un carrer ample on hi trobem arbres i vehicles estacionats a ambdós costats. El següent punt de mesura nº 45 ja el trobem dins una zona rural, en concret, al vial 68, Pont den Varona, camí paral·lel al torrent des Barrancs on el termohigrometre en els tres casos sofreix una baixada de temperatura considerable de mínim 1 °C. Aquesta no deixarà de davallar fins arribar al final del transecte 2. El final d'aquest tram hi tenim l'estació nº 48 a la Carretera de Deià i dins zona rural, aquest serà el punt més fred de tots els itineraris.

4.3 Transecte nº 3

Finalitzat l'itinerari 2, l'itinerari 3 comença a l'estació nº 49. A diferència dels altres itineraris, aquest comença en una zona semi-rural ja que ens trobem en una àrea rural

³ Canó urbà: inclou tot el sòl (normalment un carrer) entre dos edificis adjacents y les seves parets. Terme emprat per Moreno C. en el treball de terminologia de la climatologia urbana.

a les afores del nucli urbà però on hi ha edificacions esportives. Primer, cal dir que aquest tram no traspasa el centre del nucli però s'ha considerat aquest traçat de vital importància per poder recollir el màxim de dades ja que l'estructura del nucli així ens obliga a fer-ho si volem fer una valoració del conjunt de la zona urbana. A més, aquestes dades seran necessàries per l'anàlisi de la distribució tèrmica del nucli.

El recorregut té una longitud de 3,05 km. en els que hi ha fins a 16 estacions. A la taula 4 hi observem una ICU màxima de 1,7° C al segon dia de mostreig i una ICU mínima de 1,1° C.

Si observem el perfil tèrmic d'aquest transecte al gràfic 4 següent observem una illa de calor urbana dèbil. Aquest tram comença dins una àrea d'equipaments esportius envoltada per zona rural (estació n° 48) i on la temperatura dels tres perfils coincideix en un rang baix de temperatura dins els tres perfils. Els següents punts del transecte es troben dins una àrea del mateix àmbit però amb alguns edificis d'habitatges, pel que la temperatura va augmentant progressivament. A partir de l'estació n° 52 entrem dins zona urbana on la temperatura segueix augmentant.

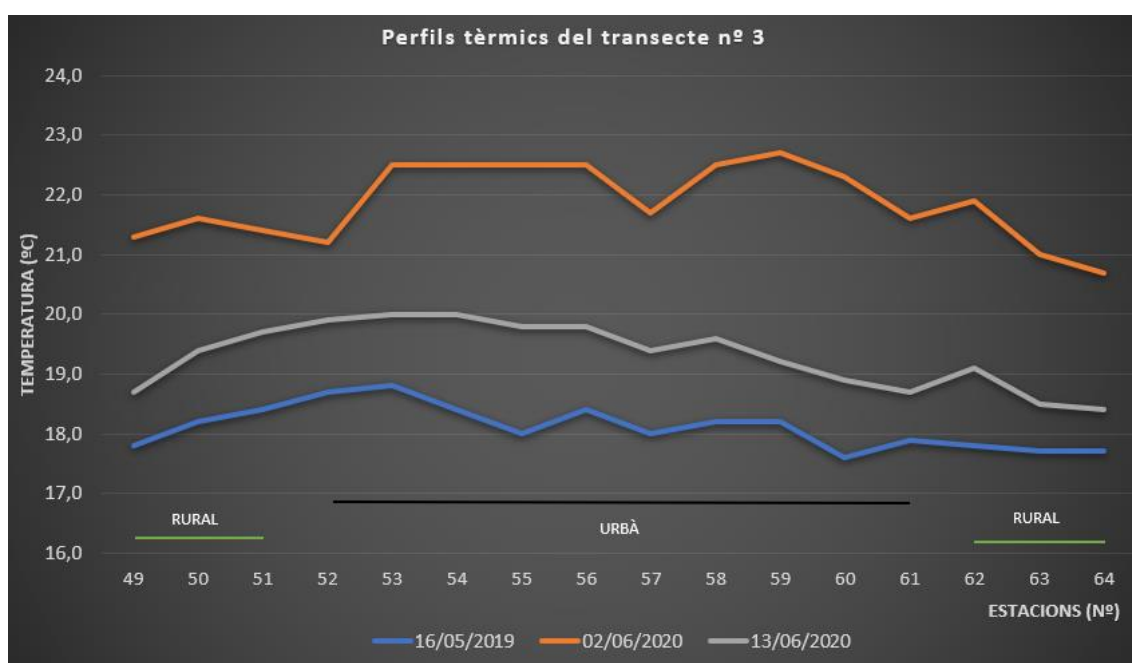


Figura 7. Perfils tèrmics de les sortides de camp, del transecte n° 3. Elaboració pròpia.

Seguidament ens introduïm pel carrer Cetre dins el nucli, punt n° 53 (Figura X), sent la temperatura la més alta de l'itinerari i coincidint amb una zona d'edificis nous de fins a 3 plantes d'altura, i amb arbres a un dels costats. Tot seguit s'arriba al Parc es camp de s'Oca, punt n° 55, on la temperatura minva en dos dels perfils. Posteriorment entrem dins un canó urbà, punt n° 56, on la temperatura es manté i augmenta en algun perfil fins a mig grau. A la següent estació n° 57, ens trobem en una àrea oberta ja que la mesura es fa sobre el torrent i on la temperatura baixa considerablement en els tres perfils. Tot seguit tornem a entrar dins una àrea urbana de edificis de fins a 4 altures i de construcció nova on la temperatura augmenta lleugerament.

A partir del punt n° 61, abandonarem la zona rural per introduir-nos dins una àrea rural amb horts de regadiu i petites cases aïllades, on la temperatura anirà minvant ja que ens trobem a les afores del nucli fins l'estació n° 64 a l'enllaç amb la carretera de Lluc al

nord del nucli urbà. En aquest itinerari, com s'ha comentat abans no creua pel centre del nucli, ni sorgeix de una àrea purament rural pel que si no hi ha una illa de calor forta.

4.4 Efecte de l'altitud

Degut a les característiques físiques de la vall de Sóller, durant la presa de medicacions a les diferents estacions va variant l'altitud. A continuació s'adjunten tres gràfics (figura 8, 9 i 10), un per cada sortida de camp, on es pot visualitzar la correlació i el coeficient de determinació entre la temperatura i l'altitud.

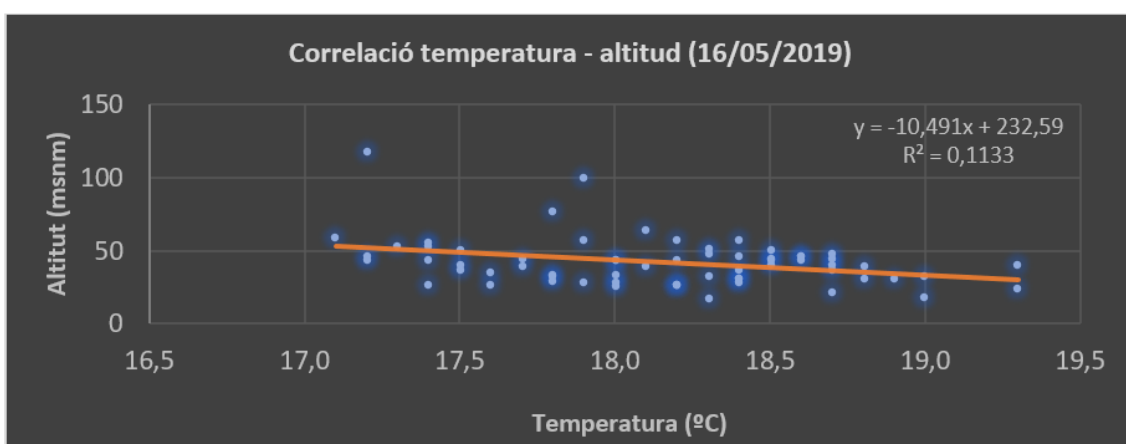


Figura 8. Correlació entre temperatura i altitud de les estacions. Sortida de camp del 16/05/2019. Elaboració pròpia.

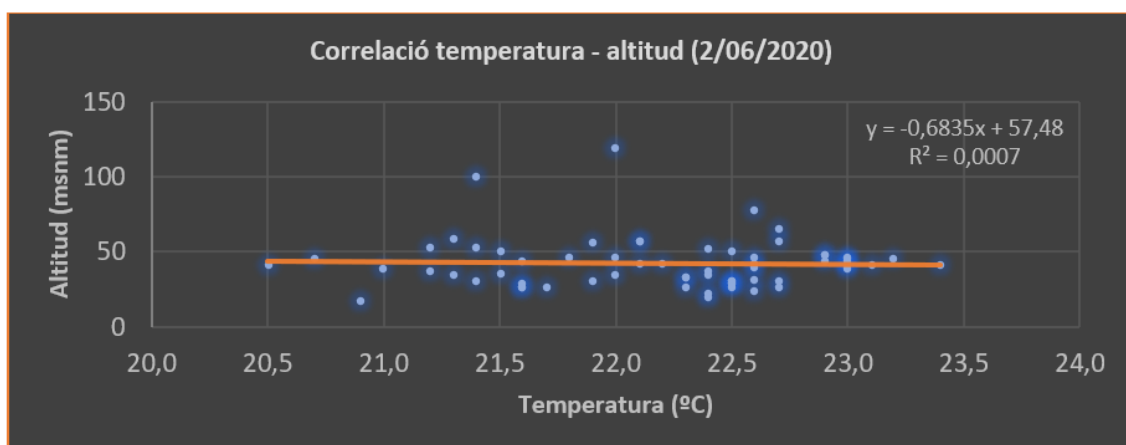


Figura 9. Correlació entre temperatura i altitud de les estacions. Sortida de camp del 02/06/2020. Elaboració pròpia.

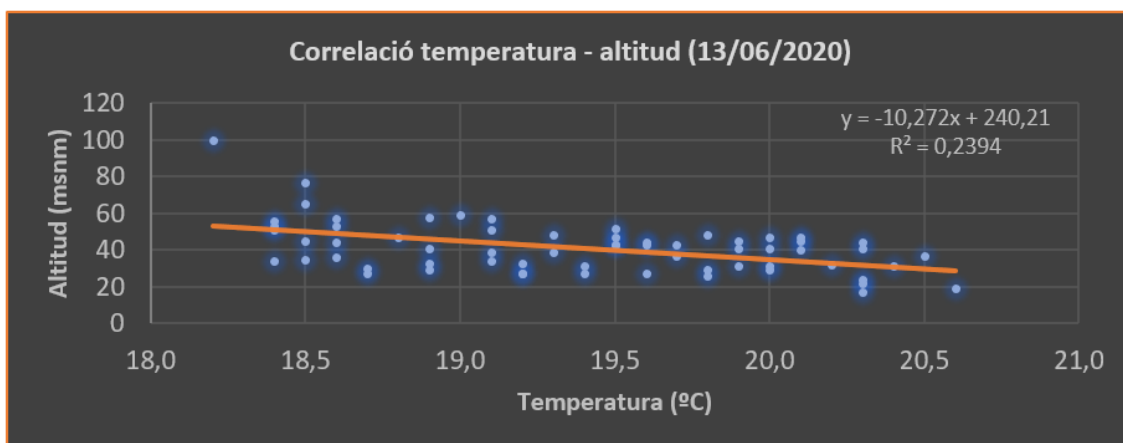


Figura 10. Correlació entre temperatura i altitud de les estacions. Sortida de camp del 13/06/2020 . Elaboració pròpia.

Observem que si hi ha una lleugera correlació negativa a dues de les sortides de camp, la primera el 16 de maig del 2020 amb un coeficient de correlació lineal de -0,34 i a la tercera el 13 de juny del 2020 on el coeficient augmenta fins a -0,44 (taula 5). En ambdós casos es defineix com una correlació entre les dues variables dèbil. Per altra banda, la segona sortida de camp del dia 2 de juny del 2020, dona com a resultat una correlació nul·la i on aquesta diferència podria venir donada pel fenomen d'inversió tèrmica⁴. La mitjana del coeficient de correlació dels tres dies es de 0,25. A més, mitjançant els gràfics podem extreure el coeficient de determinació on si observem la taula 7 següent podem veure com la primera sortida de camp un 11,3% de les estacions veuen afectada la temperatura degut a l'altitud. La segona sortida de camp només un 1% i la tercera sortida augmenta fins a un 20,9% de les estacions. La mitjana del coeficient de determinació és de 10,6%.

Taula 5. Coeficients de correlació i determinació de les sortides de camp. Elaboració pròpia.

| | 16/05/2019 | 02/06/2020 | 13/06/2020 | Mitjana |
|----------------------------|------------|------------|------------|---------|
| Coeficient de correlació | -0,34 | -0,03 | -0,44 | 0,25 |
| Coeficient de determinació | 11,3 % | 0 % | 23,9 % | 10,6 % |
| Nivell de correlació | dèbil | nul·la | dèbil | dèbil |

4.5 Distribució tèrmica.

Un cop s'han exposat i analitzat els transectes amb les estacions i corresponents dades, podem analitzar l'àrea de treball des del punt de vista de la distribució tèrmica. Gràcies al conjunt d'informació obtinguda durant les sortides de camp i a través de les diferents estacions que hi havia tant pel nucli com per la perifèria, tenim la possibilitat de treballar les dades i obtenir la distribució tèrmica. A continuació podem visualitzar els tres mapes

⁴ Inversió tèrmica. Es un fenomen atmosfèric caracteritzat pel fet en que la temperatura augmenta amb l'alçada, quan és usual tot el contrari.

de la distribució tèrmica de cada una de les sortides de camp (Figures 12,13 i 14) amb els que posteriorment es comentaran les zones més càlides i fredes del nucli de Sóller.

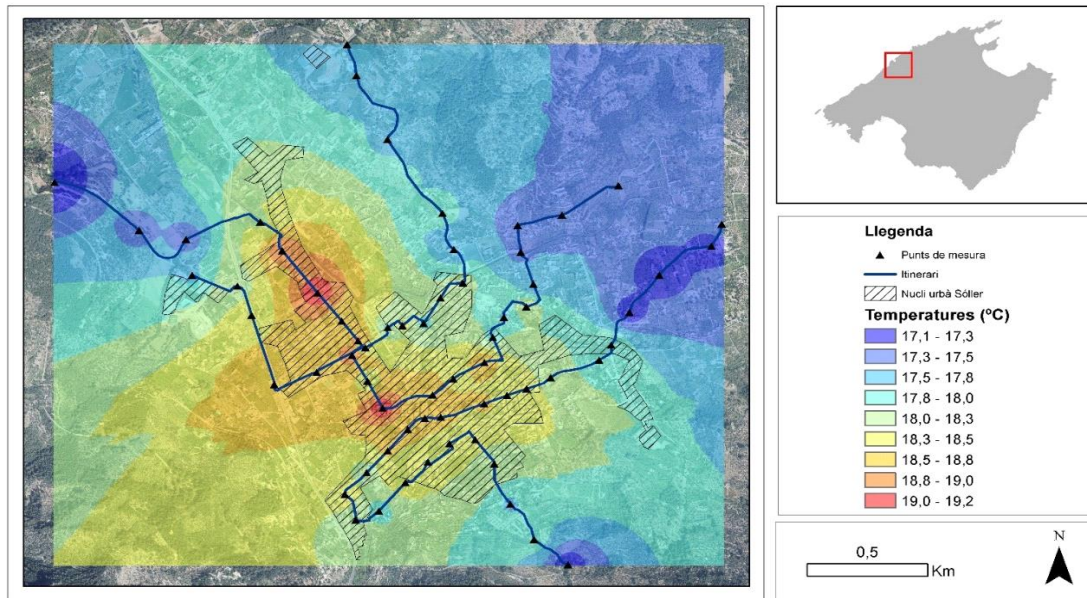


Figura 11. Distribució de la temperatura (°C) al nucli de Sóller i la seva perifèria. Sortida de camp del 16/05/2019.
Font: elaboració pròpia

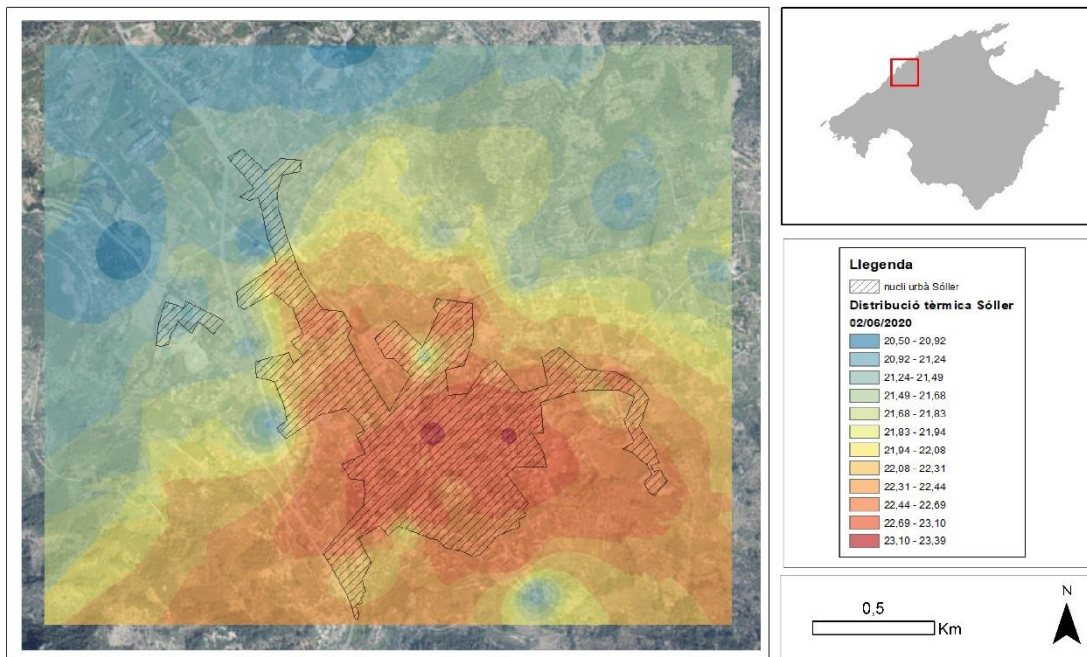


Figura 12. Distribució de la temperatura (°C) al nucli de Sóller i la seva perifèria. Sortida de camp del 02/06/2020.
Font: elaboració pròpia

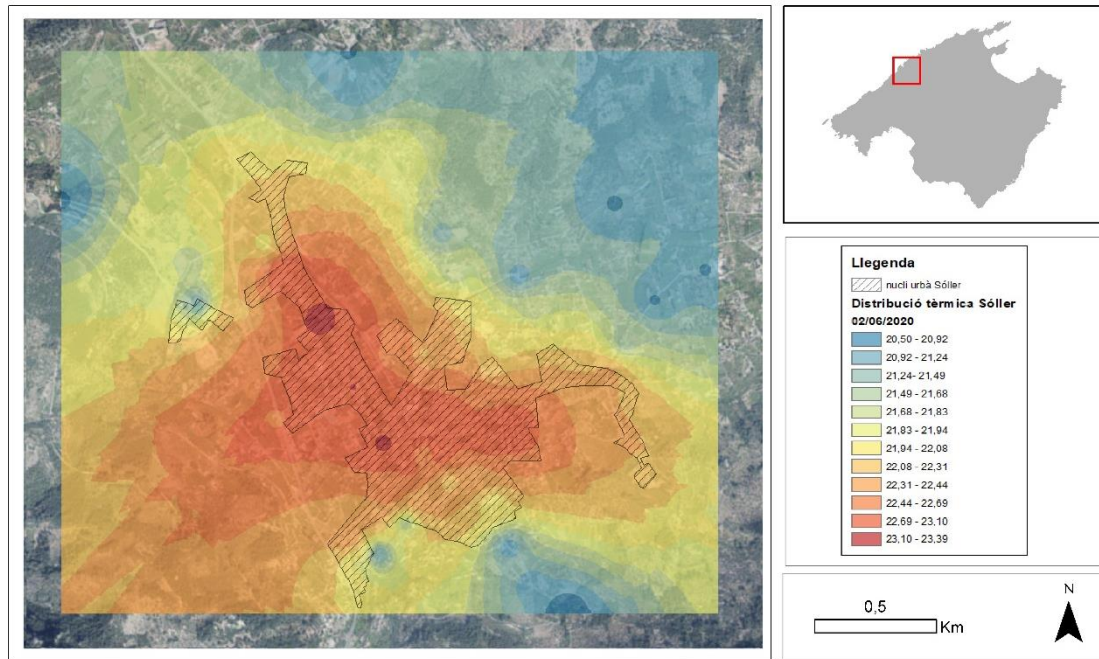


Figura 13. Distribució de la temperatura (°C) al nucli de Sóller i la seva perifèria. Sortida de camp del 13/06/2020.
Font: elaboració pròpia

En primer lloc, ens centrarem en les àrees més càlides del nucli. Si analitzem els mapes podem veure que a les tres sortides de camp hi coincideixen al voltant de l'estació nº 38 les temperatures més càlides del nucli urbà. Es tracta del centre del nucli al carrer de la Rectoria (figura 15) on hi trobem un canó urbà i estret amb habitatges de construcció antiga, a més, al final del carrer hi ha una edificació frontal on la qual pot tallar el pas de l'aire i com a conseqüència anular la refrigeració de la zona. Un altre punt càlid que trobem en comú a dues de les sortides es a l'estació nº 43 (figura 16), situat al nord del nucli, al carrer de Sa Mar, un carrer obert que alterna construccions d'entre 1 i 4 plantes i on la totalitat del carrer conta amb cobertura natural. Per acabar els punts calents, ens trobem en que a la sortida del dia 2 de juny del 2020, els punts més calents estan a les estacions nº 37, molt pròxima amb la nº 38 comentada abans i l'estació nº 36 situada al centre, al carrer de Sa Lluna, on les seves dimensions son reduïdes per donar pas a un sol vehicle i on les edificacions varien entre 3 i 4 altures donant lloc a un canó urbà molt marcat. Cal comentar que tots els punts calents esmentats de les àrees mes càlides, coincideixen en ser part del transsecte número 2 on aquest traça per la part mes central del nucli.



Figura 14. Estació nº 38. Canó urbà al carrer de sa Rectoria. Font Google earth



Figura 16. Estació nº 43. Carrer de Sa Mar.
Font Google earth



Figura 15. Estació nº 35. Carrer de Sa LLuna.
Font Google earth

Per altra banda, pel que fa a les zones més fredes, podem determinar clarament que es situen a les zones més exteriors de la perifèria del nucli urbà, dins zones rurals. Podem observar que es confirma la tònica de la illa de calor ja que de manera que ens allunyem de l'àrea urbana i ens introduïm dins els horts de regadiu, es a dir zona rural, la temperatura minva lleugerament. En primer lloc tenim l'estació nº 1, a l'inici del primer transsecte, on aquesta ha tingut les temperatures més fredes durant les tres sortides. Es tracta d'una àrea rural, amb olivars, a la que li hem de sumar una altitud de 119 metres sobre el nivell del mar, sent l'estació situada a més altitud. Una altra zona on les temperatures han estat de les més fredes durant les tres sortides, la trobem al final del primer transsecte a l'est del nucli i en direcció a Fornalutx on hi tenim les estacions nº 24 i 25, aquestes estan situades dins el típic paisatge de la perifèria de Sóller, entre horts de regadiu. La darrera zona freda on coincideixen les dades de les tres sortides, la trobem al final del segon transsecte, en direcció a Deià. Es tracta dels voltants de l'estació nº 47, la qual esta rodejada per sòl forestal i es situa a 47 metres sobre el nivell del mar. Per acabar amb les zones fredes, cal remarca les destacables baixades de temperatures que s'han detectat tant a l'estació nº 9, 45 i 57 situades dins nucli urbà però al costat de torrents.

Cal tenir en conta que hi ha zones on la falta de punts de mesura distorsionen lleugerament les ones de colors definides per l'eina de treball (SIG). No obstant, el conjunt de punts traça pràcticament la totalitat del nucli urbà i part de l'exterior que demostren el fenomen de l'illa de calor urbana.

5. Discussió

S'ha realitzat per primer cop un estudi d'illa de calor a un nucli de la Serra de Tramuntana. Considerant una motivació extra el fet de poder investigar l'illa de calor a un nucli amb unes característiques físiques tan singulars com les de Sóller per posteriorment comparar-les amb altres investigacions i extreure'n conclusions. Aquest estudi s'ha realitzat mitjançant el mètode de transectes urbans, l'estudi presenta tres sortides de camp on a través d'aquestes s'extreuen dades de temperatura i humitat de cada una de les 64 estacions dividides en tres transectes que tracen diferents àrees

rurals i urbanes. S'han realitzat tres sortides en horari nocturn i amb les mateixes condicions climàtiques per així poder aconseguir uns resultats rellevants.

El fenomen d'illa de calor es manifesta els 3 dies analitzats i a cada un dels transectes en major o menor intensitat, oscil·lant entre els 0,9 i els 2,9 °C. La ICU mitjana que tenim després de les tres sortides de camp es de 1,8 °C. Els transectes transiten per diferents àrees del nucli donant lloc a que en els transectes núm. 1 i núm. 3 l'illa de calor té una intensitat més dèbil, ja que transiten per la part nord en el cas del transecte núm. 3 i per la part més al sud del nucli en el cas del transecte núm. 1. Pel cas del transecte nº 2 transitem directament pel centre del nucli on hi trobem habitatges més antics, carrers més estrets i formacions de tipus canó urbà. Si analitzem Sóller dins la seva totalitat la ICU màxima de les tres sortides oscil·la entre els 2,2º i els 2,9º, amb una ICU màxima mitjana de 2,5º C. Podem determinar que a les zones més càlides del nucli de Sóller coincideixen elements com la localització d'aquets dins la zona central del nucli i d'edificació antiga amb carrers estrets donant lloc a una difícil refrigeració a la que li hem de sumar una pavimentació la qual absorbeix gran quantitat de radiació. Per altra banda, ens n'adonem que a pesar de que la vegetació és un element que debilita l'illa de calor de les zones urbanes, tenim un punt calent on la cobertura natural no fa aquest efecte esperat, essent una excepció ja que s'ha de dir que Sóller conta amb un nivell elevat de cobertura natural a diferència de altres nuclis com Lluçmajor, Campos o Sa Pobla on les seves ICU son de major intensitat.

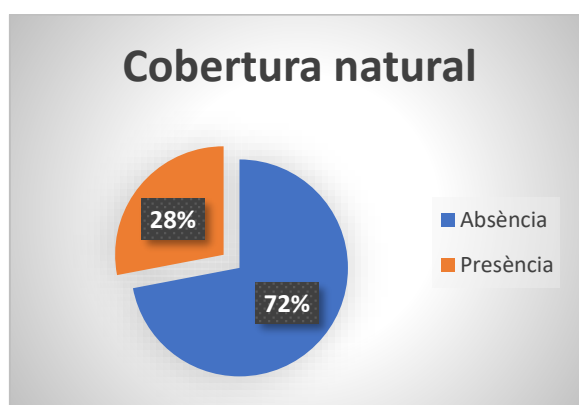


Figura 17. Percentatge d'estacions amb cobertura natural.
Elaboració pròpia.

A més, la situació de Sóller dins la part inferior de la vall l'obliga a haver hagut d'adaptar el seu creixement urbanístic al voltant dels torrents, aquets son un altre element que disminueix la temperatura a diferents àrees de l'interior del nucli. Pel nucli de Sóller hi arriben haver fins a 4 vessants de torrents diferents. A part d'aquets elements és clar que l'illa de calor es veu reduïda així com ens allunyem de la zona urbana, entrant dins zona rural.

Si ens centrem en els càlculs teòrics, Oke (1973, 1987) exposa una fórmula on la diferència tèrmica entre la zona urbana i la zona rural i que es regeix per la grandària de població (P), és a dir, la població que hi resideix. Aquesta fórmula és un tipus de població compacta com ara les Mediterrànies i no com les anglosaxones que tenen una estructura més extensa i fragmentada.

La fórmula per a l'illa de calor urbana màxima ($ICU_{màx}$) tenint en compte que la població de l'àrea analitzada de Sóller conté 10.867 habitants es:

$$r^2 = 0,74 \quad \text{Error} = \pm 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$ICU_{m\grave{a}x} = (2,01 \log P) - 4,06$$

$$ICU_{m\grave{a}x} = (2,01 \log 10\ 867) - 4,06$$

$$= 4,05\ ^\circ\text{C}$$

L'àrea estudiada té una població (P) de 10 867 habitants (IBESTAT, 2018), que correspon al nucli de Sóller i on s'inclou la barriada de L'Horta i la urbanització de sa Sínia. De manera que segons la fórmula de Oke, a Sóller la diferència de temperatura màxima hauria de rondar els 4,05 °C.

A més, com fa (López, 2011) en el seu treball d'Inca, emprarem una altra fórmula proposada per Moreno Garcia (1998) per a ciutats espanyoles i que ens servirà per tenir dues referències. La fórmula de Moreno (1998) intenta aproximar-se a la tipologia de ciutat mediterrània. En aquest cas la fórmula $ICU_{m\grave{a}x}$:

$$ICU_{m\grave{a}x} = (2,62 \log P) - 8,63 \quad r^2 = 0,74 \quad \text{Error} = \pm 0,9\ ^\circ\text{C}$$

$$ICU_{m\grave{a}x} = (2,62 \log 10\ 867) - 8,63$$

$$= 1,94\ ^\circ\text{C}$$

Per tant, veiem com segons la fórmula de Moreno (1998) la $ICU_{m\grave{a}x}$ teòrica hauria d'estar al voltant de 1,94 °C de temperatura, sent la que més s'aproxima a la pràctica. La $ICU_{m\grave{a}x}$ observada al present estudi és de 2,9 °C quedant pràcticament entre la fórmula teòrica de Oke (1973, 1987) i la de Moreno (1988), però aproximant-se més a la segona.

Per poder posar aquest estudi dins el context del coneixement científic actual sobre la illa de calor urbana, s'ha realitzat una recopilació de les dades dels estudis d'illa de calor més pròxims tant en distància com de característiques similars com la superfície o els habitants. Observant la taula 6, veiem una gran diferència amb el nucli de Lluçmajor, més de 3,5 °C, això pot ser derivat per la gran densitat de població de Lluçmajor i la gran quantitat d'edificacions plurifamiliars de més de 4 altures. Campos i Sa Pobla tenen unes característiques similars entre elles ja que són àrees urbanes denses envoltades de zona rural de cultiu. Pollença el nucli amb el que més similitud trobem, tant per la baixa població com per la situació dins una vall, a pesar de que els turons que l'envolten siguin de molt menors dimensions. Però les peculiaritats de Pollença provoquen que la seva $ICU_{m\grave{a}x}$ superi en 1,5 °C la de Sóller. Per acabar la comparativa, tenim la població d'Inca on aquesta s'allunya una mica de les característiques de la resta tant per les dimensions com per la quantitat de població a la que li hem de sumar la indústria que hi ha a través del polígon. La seva $ICU_{m\grave{a}x}$ es de 5,3 °C.

Taula 6. Comparació de resultats amb altres estudis de poblacions de la mediterrània.

| | ICU mitjana | ICU màx. | Superfície (Km ²) | Població | Any mostreig | Punts mostreig | Nº Transectes / estàtic | Repeticions del mostreig | Referència |
|--------------------------|-------------|------------|-------------------------------|----------|--------------|----------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Sóller | 1,8 | 2,9 | 42,75 | 14041 | 2019 a 2020 | 64 | 3 | 3 | Romero A. , 2020 |
| Llucmajor | nc | 6,7 | 327,33 | 34602 | 2012 | nc | nc | nc | Troya y Capo. 2012 |
| Campos | nc | 3,1 | 149,69 | 9765 | 2012 | nc | nc | nc | Troya y Capo. 2012 |
| Pollença | nc | 4,4 | 151,65 | 16088 | 2012 | nc | nc | nc | Troya y Capo. 2012 |
| Sa Pobla | nc | 3,6 | 48,59 | 12709 | 2012 | nc | nc | nc | Troya y Capo. 2012 |
| Inca | nc | 5,3 | 58,34 | 30625 | 2008 | 20 | 2 | 23 | Troya. 2007 |
| Palma | 4,9 | 5,8 | 208,33 | 260510 | 2013 a 2014 | 141 | 3 | 14 | Alomar. 2018 |
| Palma | nc | 7.4 | 208,33 | 399093 | 2002 | 51 | estacions estàtiques | 7 | Ramis. 2002 |
| Lloret de Mar | 3,3 | 6,6 | 48,7 | 38624 | 2010 a 2014 | NC | 3 | 160 | Moreno G., 2017 |
| Barcelona | nc | 8 | 102,15 | 1602386 | 1985 a 1987 | 54 | estacions estàtiques | 54 | Moreno G. , 1993 |
| Hospitalet de Ll. | 2,2 | 4,4 | 12,5 | 253518 | 1993 | NC | nc | NC | López Bustins, 2006 |
| Mataró | 3,1 | 5,5 | 22,53 | 124280 | 1997 | 11 | nc | NC | Pérez G. y Pérez J., 1998 |
| València | NC | 3,4 | 134,6 | 786424 | 1989 | NC | nc | 2 | Caselles, 1991 |
| Alacant | 4,5 | 7 | 201,3 | 22424 | 2014 | NC | nc | 10 | Martinez, 2014 |

Podem veure que a alguns estudis es realitzen moltes més sortides de camp, factor que reforça les conclusions finals, per exemple d'Inca (López, 2007) amb 23 sortides de camp, Palma (Alomar Garau & Llop Garau, 2018) amb 14 sortides o de Lloret de Mar (Moreno, 2017) amb 160 sortides. En el present estudi s'han realitzat tres sortides pel fet de que ens hem trobat en un moment de confinament a causa del COVID-19 i la derivada crisi sanitària. A més, observem que a diferència del sistema de transectes, alguns estudis com el de Palma (Ramis. 2002) i Barcelona (Moreno G.1993) realitzen la recopilació de dades mitjançant estacions estàtiques, sent un sistema més precís però de més elevat cost econòmic.

Per acabar introduïrem algunes idees per reduir la intensitat de la ICU.

- Al centre antic on els carrers son mes estrets, l'únic element públic que es pot modificar es la pavimentació, de manera que s'haurien de cercar materials amb el menor albedo possible ja que els carrers son els principals receptors de la radiació del sol directe.
- Un altre element comú son els vehicles aparcats als carrers on aquets aporten radiació. Una solució seria dinamitzar la circulació ecològica i cercar pàrquings a diferents punts del nucli per així alliberar els carrers del seu estacionament.
- Per altra banda, tant en el creixement del nucli com en nous projectes de rehabilitació d'espais ja existents, s'hauria de tenir en conmppta el disseny urbà.
- En relació al punt anterior, es seguiria la tònica que tenen alguns carrers de Sóller, alimentant els carrers amb cobertura natural.

6. Conclusió

El present estudi determina una sèrie de conclusions sobre el nucli urbà de Sóller:

- A Sóller és manifesta una illa de calor nocturna entre les àrees urbanes i les rurals on la seva màxima intensitat arriba als 2,9 °C.
- En comparació amb altres nuclis, Sóller té una ICU dèbil degut a la morfologia de la ciutat, carrers amb cobertura natural, i per l'existència d'habitatges tradicionals amb jardí i amb un baix nombre d'habitatges plurifamiliars.
- Un element important que provoca que l'illa de calor sigui dèbil, són els torrents. Pel nucli hi acaben vesant 4 torrents diferents provocant un efecte regulador de la temperatura. En tots els casos examinats amb les estacions de temperatura, aquesta sofreix una davallada considerable.
- La distribució tèrmica de Sóller segueix un patró comú, on tenim a la zona central i antiga del nucli l'àrea més càlida així com al nord del nucli al carrer de sa Mar.
- En general, a mesura que ens allunyem del centre del nucli hi trobem carrers més amples on les temperatures són més baixes i en tot cas quan sortim de l'àrea urbana les temperatures son mes fredes.
- Degut a la localització del nucli dins una vall algunes estacions estaven a una altitud mes alta. Entre les variables de temperatura i altitud el coeficient de correlació mes elevat ha estat de -0,44 i la mitjana dels tres dies 0,25. Per tant tenim una correlació dèbil. A més, el resultat mes elevat del coeficient de determinació es d'un 20 % i la mitjana dels tres dies un 10,6 %.

Agraïments

Agraïment al meu tutor i doctor Pablo Rodríguez Lozano per la seva perseverança i el bon desenvolupament del treball. I al geògraf Andreu Borràs Garcia per l'ajuda aportada conduint amb la seva moto durant les tres sortides de camp. També agrair al professor Gabriel Alomar Garau el fet d'introduir-me dins la temàtica del present estudi.

7. Bibliografia

- ALOMAR GARAU, G., & LLOP GARAU, J. (2018). La isla de calor urbana de Palma (Mallorca, Islas Baleares): avance para el estudio del clima urbano en una ciudad litoral mediterránea. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 78, 392. <https://doi.org/10.21138/bage.2404>
- CABALLERO, E. (2004). Microclimas Urbanos : La Importancia De Los Materiales. *Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria*, 4, 271–581.
- GUIJARRO, J. A. (1998). Influencia de la urbanización en las series termométricas de Baleares. In IV Reunión de Climatología: El clima y el factor urbano (pp. 305–314). Madrid, February 27–28.
- LÓPEZ GÓMEZ, A., & FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1984). La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano. *Estudios Geográficos*, 174, 5–34.

- LOPEZ-BUSTINS, J.A.; MARTÍN-VIDE, J.; MORENO, M.C. Y RASO, J.M. (2006). Urban heat island intensity in Barcelona and the western mediterranean oscillation. Panel in The sixth International Conference on Urban Climate, 12-16 de junio de 2006, Goteborg, Suecia. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona. <http://www.ub.edu/gc/Documentos/LopezBustins_etal_IAUC06.pdf>.
- MARTÍNEZ, J. (2014). Estudio de la isla de calor de la ciudad de Alicante. *Investigaciones Geográficas*, nº 62, p. 83-99.
- MORENO, M.C. (1990). Bibliografía sobre Climatología urbana: la isla de calor I. *Revista Geográfica*, vol. 24, nº 1-2, p. 99-109.
- MORENO, M.C. (1993). Estudio del clima urbano de Barcelona: la «isla de calor». Barcelona: Editorial Oikos-tau, p. 193
- MORENO, M.C. (1994). Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *International Journal of Climatology*, 1994, vol. 14, nº 6, p. 705-710.
- MORENO GARCÍA, M. C. (1997). Una propuesta de terminología castellana en Climatología Urbana”. *Investigaciones geográficas*, 17, 89–98. doi: <http://dx.doi.org/10.14198/INGEO1997.17.08> Moreno
- OKE, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7, 769–779. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](http://dx.doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- OKE, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*. London: Routledge.
- PÉREZ CUEVA, A.J. (2001). Clima y confort a les ciutats: la ciutat de València. Mètode. [En línea]. Valencia: Universidad de Valencia, Otoño de 2001, nº 31. <<http://metode.cat/Revistes/Monografics/Existeix-la-ciutat-somiada/Clima-i-confort-en-lesciutats-la-ciutat-de-Valencia>>. ISSN 2174-9191.
- PÉREZ GONZÁLEZ, C. Y PÉREZ JIMÉNEZ, M. (1998). La isla de calor de Mataró. In FERNÁNDEZ, F. (Coord.). *Clima y ambiente urbano en ciudades Ibéricas e Iberoamericanas*. Madrid: Parteluz, , p. 293-304.
- RAMIS, C., PERELLÓ, J., & GUAL, M. (2002). La isla de calor urbana en Palma de Mallorca. *Revista española de Física*, 16(1), 39–43. Retrieved from <http://revistadefisica.es/index.php/ref/article/view/1224>
- ROSSELLO, J., & CATALUNYA, U. O. DE. (2019). *Tipus de temps i inundacions a la conca de Sóller de 1950 ns a 2010 Resum. March*.
- SÁNCHEZ-GUEVARA SÁNCHEZ, C., NUÑEZ PEIRÓ, M., & NEILA GONZÁLEZ, F. J. (2017). *El Caso De Madrid Sur. I*, 545–556.
- SARRICOLEA, P., ALISTE, E., CASTRO, P., & ESCOBEDO, C. (2008). Análisis de la máxima intensidad de la isla calor urbana nocturna de la ciudad de Rancagua (Chile) y sus factores explicativos. *Revista de Climatología*, 8(February 2016), 71–84.
- SERRA PARDO, J. (2007). Estudio de la isla de calor de la ciudad de Ibiza. *Investigaciones Geográficas*, 44, 55–73. doi: <http://dx.doi.org/10.14198/INGEO2007.44.03>

- TROYA, J.A. Y CAPÓ, D. (2012). L'illa de calor nocturna a diversos nuclis de població a Mallorca. En ROYÉ, D. et al. (coord.). XIII Coloquio Ibérico de Geografía. Respuestas de la Geografía Ibérica a la crisis actual. Santiago de Compostela: Meubook, , p. 1175-1187.
- TUMINI, I. (2010). Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. *Congreso Internacional Sobre Edificación Sostenible SB10mad*, 1–15. www.sb10mad.com/ponencias/archivos/a/A033.pdf

Annex 1

A continuació tenim el conjunt de dades amb les que s'han realitzat tots els tractaments. En blau tenim les estacions més fredes dels transectes, en gris les estacions fredes dins les àrees urbanes i en vermell les estacions més càlides.

| Transecte | Estació | 16/05/2019 | | | 02/06/2020 | | | 13/06/2020 | | | Punts GPS | Altitud | Tipus de sòl Rural/ Semirural/urbà | nº de plantes habitatge colindant | Cobertura Natural Presència / absència | Observacions |
|-----------|---------|---------------|------|-------|---------------|------|-------|---------------|------|-------|---------------------|---------|--|--|---|------------------------------|
| | | Temp. (°C) | Hum. | Hora | Temp. (°C) | Hum. | Hora | Temp. (°C) | Hum. | Hora | | | | | | |
| 1 | 1 | 17,2 | 52,3 | 21:57 | 22,0 | 53,9 | 22:10 | 18,2 | 66,4 | 22:04 | 39.759734, 2.721680 | 119 | Rural | 0 | Presència | Inici Traj.1 |
| 1 | 2 | 17,9 | 51,0 | 21:58 | 21,4 | 56,8 | 22:10 | 18,5 | 65,2 | 22:05 | 39.760644, 2.720439 | 100 | Rural | 0 | Absència | |
| 1 | 3 | 17,8 | 50,3 | 21:59 | 22,6 | 52,3 | 22:11 | 18,5 | 62,2 | 22:06 | 39.762070, 2.719321 | 77 | Semi-rural | 0 | Presència | Cementeri |
| 1 | 4 | 18,1 | 50,1 | 21:59 | 22,7 | 52,8 | 22:11 | 19,1 | 61,9 | 22:07 | 39.763668, 2.718447 | 65 | Urbà | 3 | Absència | C/ Pau Noguera |
| 1 | 5 | 18,4 | 49,0 | 22:00 | 22,7 | 52,7 | 22:12 | 19,5 | 61,0 | 22:08 | 39.764550, 2.717699 | 57 | Urbà | 3 | Absència | |
| 1 | 6 | 18,3 | 40,0 | 22:01 | 22,4 | 53,6 | 22:13 | 19,3 | 58,2 | 22:09 | 39.764562, 2.716270 | 52 | Urbà | 3 | Absència | C/ Unió - C/ Reial |
| 1 | 7 | 18,3 | 49,6 | 22:01 | 22,9 | 52,3 | 22:13 | 19,5 | 59,0 | 22:09 | 39.763761, 2.715257 | 48 | Urbà | 2 | Absència | |
| 1 | 8 | 18,4 | 50,3 | 22:02 | 22,0 | 55,3 | 22:14 | 18,9 | 60,1 | 22:10 | 39.762978, 2.714157 | 47 | Rural | 0 | Absència | Camí sa Torrentera (Torrent) |
| 1 | 9 | 17,9 | 52,3 | 22:03 | 22,1 | 56,2 | 22:15 | 18,6 | 61,3 | 22:10 | 39.761415, 2.711727 | 58 | Urbà | 3 | Absència | |
| 1 | 10 | 18,2 | 51,0 | 22:03 | 22,1 | 59,0 | 22:15 | 19,1 | 60,0 | 22:11 | 39.761415, 2.711727 | 57 | Urbà | 5 | Presència | C/ vell Palma |
| 1 | 11 | 18,5 | 49,5 | 22:04 | 22,5 | 50,3 | 22:16 | 19,6 | 58,2 | 22:12 | 39.763122, 2.711952 | 51 | Urbà | 3 | Absència | Plaça Francesc Saltor |
| 1 | 12 | 18,2 | 48,6 | 22:06 | 22,9 | 51,1 | 22:16 | 19,6 | 56,3 | 22:12 | 39.764288, 2.713302 | 44 | Urbà | 3 | Absència | |
| 1 | 13 | 18,6 | 47,7 | 22:06 | 23,0 | 49,9 | 22:17 | 19,9 | 55,5 | 22:13 | 39.765426, 2.714595 | 43 | Urbà | 3 | Absència | C/ Isabel II |
| 1 | 14 | 18,7 | 47,3 | 22:06 | 23,0 | 50,3 | 22:18 | 20,0 | 55,7 | 22:13 | 39.765579, 2.715144 | 45 | Urbà | 5 | Presència | Plaça Espanya |
| 1 | 15 | 18,6 | 47,1 | 22:07 | 22,6 | 55,0 | 22:19 | 19,8 | 55,1 | 22:14 | 39.765657, 2.715836 | 47 | Urbà | 5 | Presència | Plaça Antoni Maura |
| 1 | 16 | 18,7 | 47,8 | 22:08 | 22,9 | 50,6 | 22:19 | 20,1 | 55,9 | 22:14 | 39.765731, 2.716490 | 48 | Urbà | 3 | Absència | |
| 1 | 17 | 18,6 | 47,6 | 22:09 | 23,0 | 56,1 | 22:20 | 20,1 | 57,2 | 22:15 | 39.766210, 2.717956 | 47 | Urbà | 3 | Absència | |
| 1 | 18 | 18,5 | 49,4 | 22:09 | 23,2 | 56,5 | 22:20 | 20,3 | 59,2 | 22:15 | 39.766541, 2.719246 | 45 | Urbà | 3 | Presència | C/ Sant Jaume |
| 1 | 19 | 18,5 | 49,6 | 22:10 | 23,0 | 57,5 | 22:21 | 20,1 | 61,8 | 22:16 | 39.766818, 2.720118 | 44 | Urbà | 3 | Absència | |
| 1 | 20 | 18,1 | 50,8 | 22:10 | 22,6 | 59,0 | 22:21 | 19,7 | 61,9 | 22:17 | 39.767321, 2.721321 | 40 | Semi-rual | 1 | Absència | C/ Sant Jaume |
| 1 | 21 | 18,0 | 51,3 | 22:11 | 22,2 | 58,7 | 22:22 | 19,5 | 65,5 | 22:17 | 39.768047, 2.723756 | 43 | Semi-rual | 1 | Absència | C/ Sant Jaume |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|---------------------|----|------------|---|-----------|-------------------------------------|
| 1 | 22 | 18,0 | 51,7 | 22:12 | 22,6 | 57,3 | 22:22 | 19,5 | 66,6 | 22:17 | 39.768584, 2.724127 | 43 | Semi-rual | 3 | Absència | Ma 2121. C/ Fornalutx (torrent) |
| 1 | 23 | 17,2 | 54,4 | 22:13 | 22,1 | 59,9 | 22:23 | 18,8 | 64,3 | 22:18 | 39.770180, 2.725038 | 43 | rural | 0 | Absència | Ma 2121. C/ Fornalutx |
| 1 | 24 | 17,2 | 57,4 | 22:14 | 21,8 | 65,5 | 22:23 | 18,4 | 66,9 | 22:18 | 39.771776, 2.726694 | 47 | rural | 0 | Absència | |
| 1 | 25 | 17,3 | 57,8 | 22:15 | 21,4 | 64,8 | 22:24 | 18,4 | 67,4 | 22:19 | 39.772634, 2.728883 | 53 | rural | 0 | Absència | |
| 1 | 26 | 17,4 | 57,2 | 22:16 | 21,9 | 62,9 | 22:24 | 18,6 | 66,8 | 22:19 | 39.773541, 2.729419 | 56 | rural | 2 | Absència | Final Traj. 1 C/ Fornal. |
| 2 | 27 | 17,4 | 56,8 | 22:19 | 21,2 | 67,4 | 22:28 | 18,4 | 68,5 | 22:22 | 39.775036, 2.723778 | 53 | rural | 0 | Absència | Inici Traj. 2 C. L'ermita |
| 2 | 28 | 17,5 | 55,6 | 22:20 | 21,5 | 66,2 | 22:29 | 18,6 | 65,1 | 22:23 | 39.773857, 2.721643 | 51 | rural | 0 | Absència | |
| 2 | 29 | 17,4 | 53,0 | 22:21 | 21,6 | 66,5 | 22:30 | 18,6 | 64,0 | 22:24 | 39.773453, 2.719594 | 44 | Semi-rural | 2 | Absència | Camí S'ermita |
| 2 | 30 | 17,5 | 55,4 | 22:22 | 21,5 | 68,5 | 22:30 | 18,5 | 64,3 | 22:24 | 39.772290, 2.719637 | 36 | Semi-rural | 2 | Absència | Camí ses Moncades |
| 2 | 31 | 17,6 | 54,7 | 22:23 | 22,0 | 64,4 | 22:31 | 18,9 | 62,0 | 22:25 | 39.770929, 2.720420 | 35 | rural | 0 | Absència | |
| 2 | 32 | 18,3 | 52,3 | 22:23 | 22,3 | 64,3 | 22:31 | 19,2 | 59,0 | 22:25 | 39.770302, 2.719615 | 33 | Urbà | 1 | Absència | Camí Ses Font. |
| 2 | 33 | 17,8 | 52,3 | 22:24 | 22,3 | 59,9 | 22:32 | 19,1 | 58,6 | 22:26 | 39.770046, 2.718993 | 33 | Semi-rural | 2 | Absència | Camí Ses Fontanelles |
| 2 | 34 | 18,0 | 51,3 | 22:25 | 22,4 | 56,3 | 22:32 | 19,3 | 57,5 | 22:26 | 39.768995, 2.718352 | 34 | Urbà | 2 | Absència | Col·legi. C/ de les Ànimes |
| 2 | 35 | 18,8 | 49,1 | 22:26 | 23,0 | 53,9 | 22:33 | 19,9 | 58,0 | 22:27 | 39.767914, 2.718044 | 39 | Urbà | 3 | Absència | C/ Sa Lluna |
| 2 | 36 | 18,5 | 49,7 | 22:27 | 23,0 | 53,2 | 22:33 | 20,0 | 58,1 | 22:27 | 39.767230, 2.716493 | 41 | Urbà | 4 | Absència | |
| 2 | 37 | 18,7 | 48,8 | 22:27 | 23,4 | 53,2 | 22:34 | 20,3 | 57,0 | 22:28 | 39.766488, 2.715447 | 41 | Urbà | 4 | Presència | Plaça Constitució, CENTRE |
| 2 | 38 | 19,3 | 47,8 | 22:28 | 23,1 | 53,8 | 22:35 | 20,5 | 55,2 | 22:28 | 39.766001, 2.713052 | 41 | Urbà | 3 | Absència | Gran Via |
| 2 | 39 | 18,4 | 50,6 | 22:29 | 22,4 | 55,5 | 22:35 | 20,2 | 57,2 | 22:29 | 39.767263, 2.712200 | 37 | Urbà | 3 | Presència | Gran Via "grans arbres" |
| 2 | 40 | 19,0 | 46,2 | 22:30 | 22,6 | 55,9 | 22:36 | 20,4 | 57,7 | 22:29 | 39.768158, 2.711535 | 32 | Urbà | 3 | Presència | Rotonda Gran Via |
| 2 | 41 | 18,9 | 47,7 | 22:31 | 22,7 | 56,7 | 22:36 | 20,3 | 58,4 | 22:30 | 39.768760, 2.711852 | 31 | Urbà | 3 | Presència | C/ de la Mar |
| 2 | 42 | 18,7 | 46,3 | 22:32 | 22,4 | 54,9 | 22:37 | 20,3 | 59,9 | 22:31 | 39.769978, 2.710635 | 22 | Urbà | 2 | Presència | |
| 2 | 43 | 19,3 | 44,7 | 22:33 | 22,6 | 55,0 | 22:37 | 20,6 | 57,7 | 22:31 | 39.770613, 2.709986 | 24 | Urbà | 4 | Presència | C/ de la Mar (nova urbanit.) |
| 2 | 44 | 19,0 | 45,0 | 22:34 | 22,4 | 55,7 | 22:38 | 20,3 | 57,6 | 22:32 | 39.772485, 2.708087 | 19 | Urbà | 6 | Presència | |
| 2 | 45 | 18,3 | 50,0 | 22:35 | 20,9 | 68,9 | 22:39 | 19,2 | 60,2 | 22:32 | 39.773788, 2.706751 | 17 | Rural | 0 | Presència | V.68 Pont Barona |
| 2 | 46 | 17,4 | 55,4 | 22:36 | 21,6 | 56,5 | 22:40 | 18,9 | 65,7 | 22:33 | 39.772773, 2.703444 | 27 | Rural | 0 | Absència | Ma10 Ca. Deià |
| 2 | 47 | 17,5 | 55,5 | 22:38 | 20,5 | 64,3 | 22:41 | 19,0 | 68,4 | 22:34 | 39.773613, 2.700500 | 41 | Rural | 0 | Absència | |
| 2 | 48 | 17,1 | 57,3 | 22:38 | 21,3 | 55,9 | 22:41 | 18,4 | 68,2 | 22:34 | 39.775147, 2.697153 | 59 | Rural | 0 | Absència | Final Traj. 2 C. Deià |
| 3 | 49 | 17,8 | 52,4 | 22:40 | 21,3 | 57,1 | 22:42 | 18,7 | 66,6 | 22:36 | 39.771665, 2.703058 | 34 | Semi-rural | 1 | Presència | Inici T. 3/ P. Son Angel (Deportiu) |
| 3 | 50 | 18,2 | 46,3 | 22:40 | 21,6 | 56,2 | 22:42 | 19,4 | 60,2 | 22:36 | 39.770946, 2.705962 | 27 | Semi-rural | 1 | Absència | Rotonda Kühn |
| 3 | 51 | 18,4 | 43,1 | 22:41 | 21,4 | 60,2 | 22:43 | 19,7 | 56,8 | 22:37 | 39.769474, 2.706842 | 31 | Rural | 0 | Absència | Carretera Ma-11 |
| 3 | 52 | 18,7 | 41,3 | 22:42 | 21,2 | 63,0 | 22:44 | 19,9 | 55,9 | 22:38 | 39.766845, 2.707755 | 37 | Rural | 0 | Absència | Rotonda benzina |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|-----------------------|----|------------|---|-----------|-----------------------------------|
| 3 | 53 | 18,8 | 42,1 | 22:43 | 22,5 | 58,0 | 22:45 | 20,0 | 54,6 | 22:38 | 39.767408, 2.709741 | 31 | Urbà | 2 | Presència | |
| 3 | 54 | 18,4 | 47,6 | 22:44 | 22,5 | 57,7 | 22:46 | 20,0 | 59,6 | 22:39 | 39.768439, 2.712171 | 31 | Urbà | 3 | Absència | Camí Camp de s'Oca (urbà) |
| 3 | 55 | 18,0 | 48,3 | 22:45 | 22,5 | 58,8 | 22:47 | 19,8 | 58,5 | 22:39 | 39.769288, 2.713276 | 29 | Urbà | 2 | Absència | Parc es camp de s'Oca (Parc-urbà) |
| 3 | 56 | 18,4 | 47,0 | 22:46 | 22,5 | 58,5 | 22:47 | 19,8 | 59,9 | 22:40 | 39.769357, 2.713989 | 29 | Urbà | 3 | Absència | Bar Sa Picada (urbà) |
| 3 | 57 | 18,0 | 50,8 | 22:47 | 21,7 | 63,2 | 22:48 | 19,4 | 65,5 | 22:40 | 39.769441, 2.715007 | 26 | Urbà | 0 | Absència | Pont torrent (urbà) |
| 3 | 58 | 18,2 | 51,0 | 22:47 | 22,5 | 59,5 | 22:48 | 19,6 | 69,5 | 22:41 | 39.770482, 2.715825 | 27 | Urbà | 2 | Presència | |
| 3 | 59 | 18,2 | 50,2 | 22:48 | 22,7 | 60,1 | 22:49 | 19,2 | 68,2 | 22:42 | 39.771084, 2.716954 | 27 | Urbà | 3 | Absència | Supermercat SPAR (urbà) |
| 3 | 60 | 17,6 | 54,2 | 22:49 | 22,3 | 61,0 | 22:49 | 18,9 | 70,2 | 22:43 | 39.772508, 2.716399 | 27 | Urbà | 3 | Presència | Sa Tavneta (urbà) |
| 3 | 61 | 17,9 | 52,1 | 22:50 | 21,6 | 68,0 | 22:50 | 18,7 | 69,0 | 22:43 | 39.773925, 2.715889 | 29 | Semi-rural | 3 | Absència | Camí de ses Argiles (rural) |
| 3 | 62 | 17,8 | 52,5 | 22:51 | 21,9 | 64,1 | 22:50 | 19,1 | 69,5 | 22:44 | 39.776876, 2.71320428 | 30 | Rural | 0 | Absència | |
| 3 | 63 | 17,7 | 51,6 | 22:52 | 21,0 | 71,3 | 22:51 | 18,5 | 69,2 | 22:46 | 39.778415, 2.712480 | 39 | Semi-rural | 3 | Absència | |
| 3 | 64 | 17,7 | 54,1 | 22:52 | 20,7 | 73,5 | 22:52 | 18,4 | 70,6 | 22:48 | 39.780841, 2.711206 | 45 | Rural | 0 | Absència | Final Traj. 3 C. Lluç (rural) |

Annex 2

Fotografies de la localització de cada estació dels transectes.

Nº 1



Nº 2



Nº 3



Nº 4



Nº 5



Nº 6



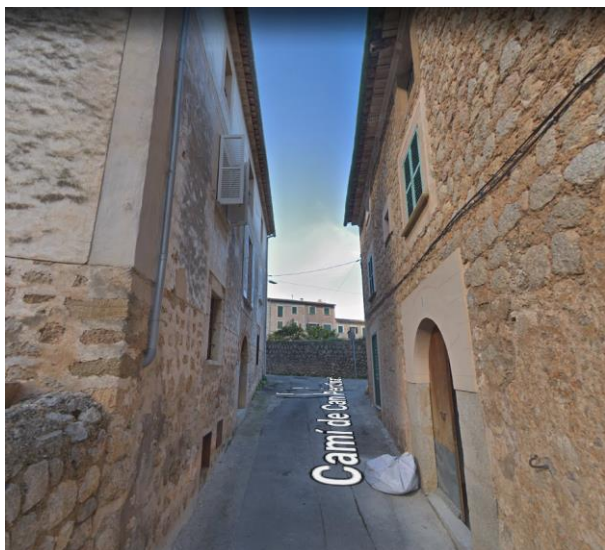
Nº 7



Nº 8



Nº 9



Nº 10



Nº 11



Nº 12



N° 13



N° 14



N° 15



Nº 16



Nº 17



Nº 18



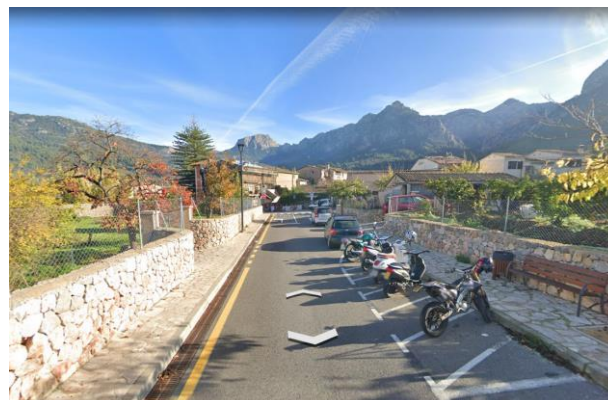
Nº 19



Nº 20



Nº 21



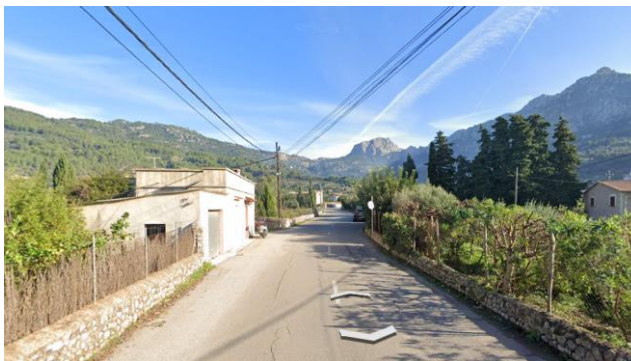
Nº 22



Nº 23



Nº 24



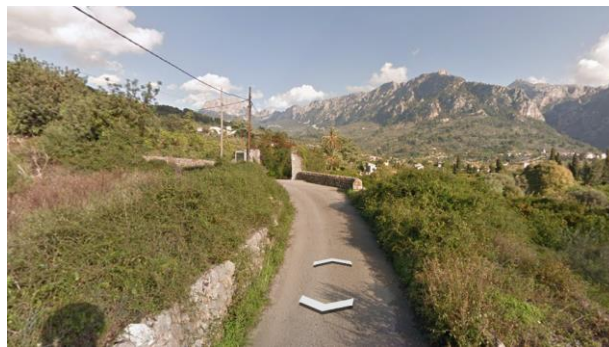
N° 25



N° 26



N° 27



N° 28



N°29



N° 30



N° 31



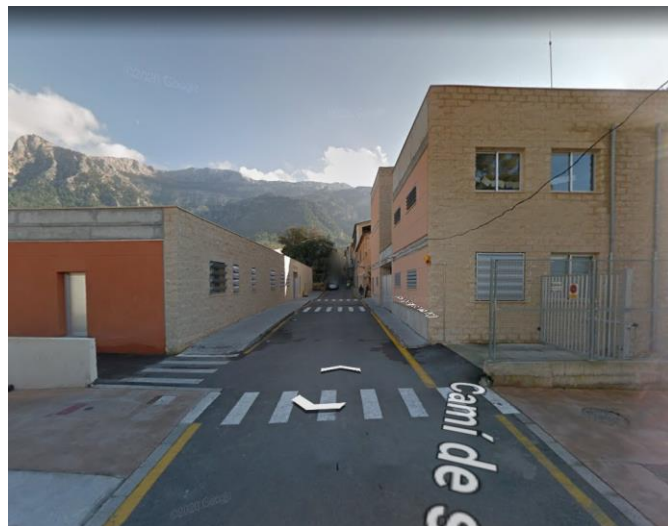
Nº 32



Nº 33



Nº 34



Nº 35



Nº 36



Nº 37



N° 38



N° 39



N° 40



Nº 41



Nº 42



Nº 43



N° 44



N° 45



N° 46



Nº 47



Nº 48



Nº 49



Nº 50



N° 51



N° 52



N° 53



N° 54



Nº 55



Nº 56



Nº 57



N° 58



N° 59



N° 60



Nº 61



Nº62



Nº 63



Nº 64



