

Emissions lumíniques i natura de la llum en entorns urbans

Vicenç Palà
CS-PCOT



ICGC
Institut
Cartogràfic i Geològic
de Catalunya



Generalitat
de Catalunya

Objectiu

- Mesurar/cartografiar les emissions lumíniques de les àrees urbanes, donades les seves implicacions mediambientals, energètiques i de salut. Avaluar l'impacte de les accions municipals sobre l'enllumenat.



Una mica de “revisió” (I)

- **2001:** Llei d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn.
- **2005:** Decret d'aprovació del Reglament de desenvolupament de la Llei del 2001.
- **2008:** L'Oficina per a la Prevenció de la Contaminació Lumínica (OPCL), contacta l'ICGC (aleshores ICC) per tal d'esbrinar les possibilitats de cartografiar les emissions lumíniques nocturnes des de l'aire.
- **2008:** Reial Decret 1890/2008, pel qual s'aprova el Reglament d'eficiència energètica en instal·lacions d'enllumenat exterior.
- **2009-2010:** ICGC proposa i elabora dos estudis per OPCL:
 - **DMSP-OLS:** satèl·lit (dades de 2001/2002, 2005 i 2008)
 - **CASI:** sensor aeroportat propietat de l'ICGC



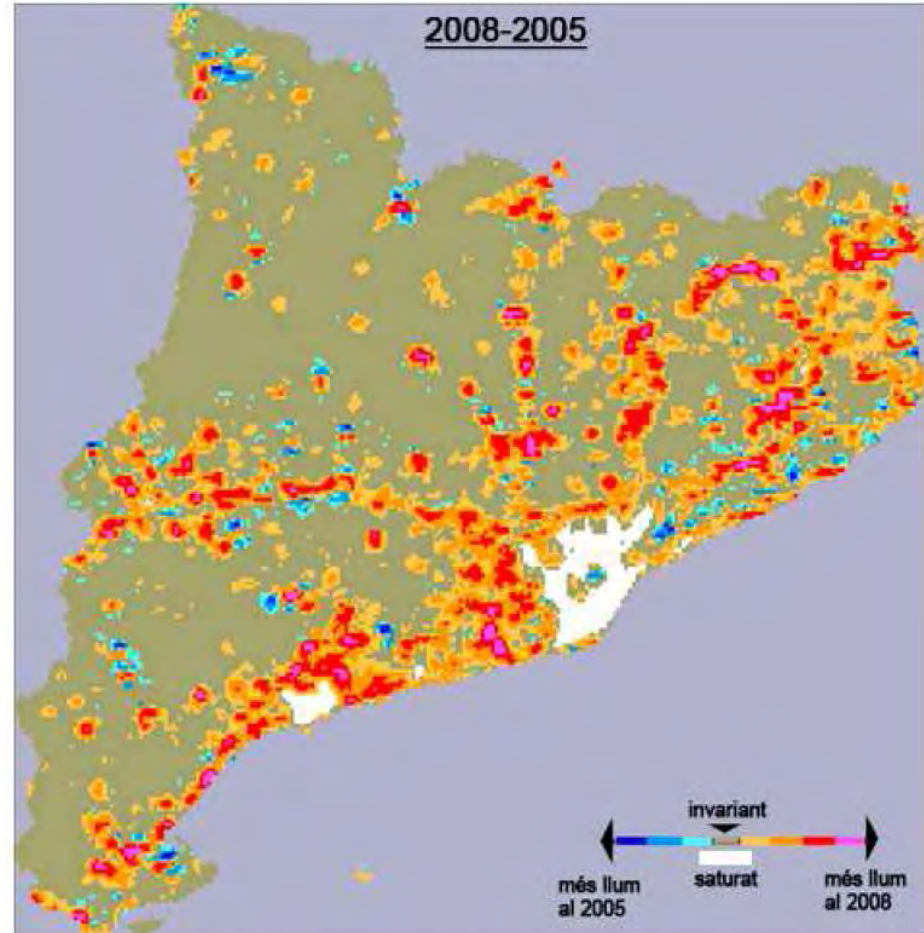
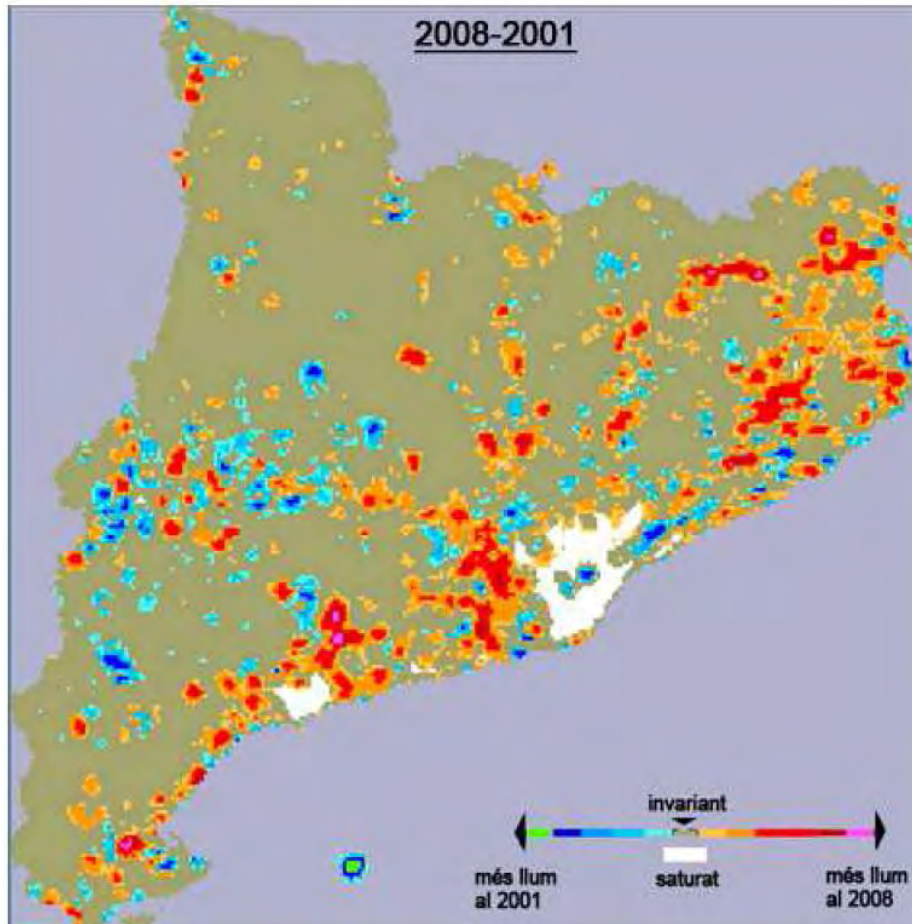
Una mica de “revisió”(II)

- **2011:** Es publica al DOGC una resolució donant publicitat a la sentència del Tribunal Superior de Justícia de Catalunya que el 2007 declarava nul el Decret del 2005.
- **2012:** Vol CASI nocturn per l'ajuntament de Sant Cugat
- **2014:** Vol CASI i DMC per l'ajuntament de Sant Cugat
- **2014:** Vol AisaEAGLE-II i DMC per Rubí, Sant Cugat i Cerdanyola
- **2015:** Decret de desplegament de la llei 6/2001, d'ordenació ambiental de l'enllumenat per a la protecció del medi nocturn
- **2015:** Proves ICGC-USC d'hiperespectralitat terrestre nocturna amb AisaEAGLE-II
- **2016.** Estudi tipologia llum i emissions dins programa *Sostenibilitat Urbana per Municipis*



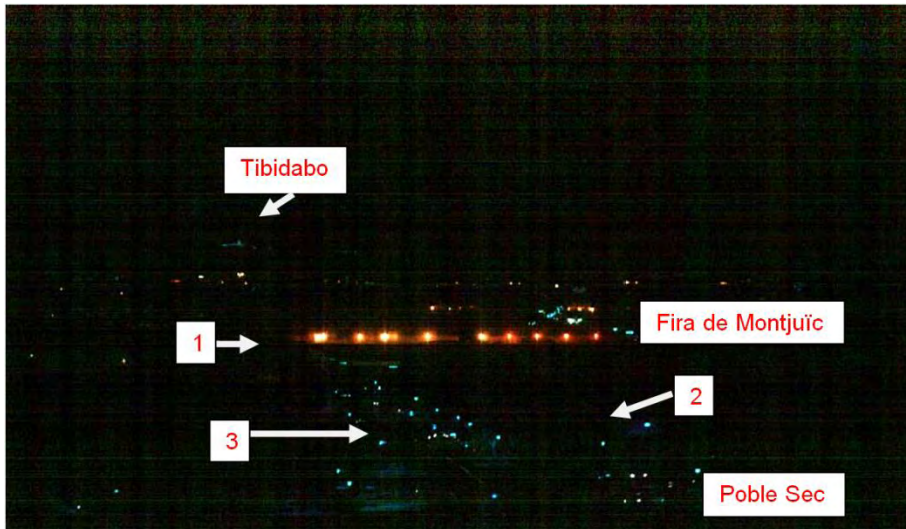
Projectes per l'OPCL: DMSP-OLS

- Poca resolució espacial (550 m)
- Poc rang dinàmic i saturacions (0-63)
- Manca de calibratge



Cartografia de les diferències de brillantor a Catalunya, derivades del tractament de les composicions anuals d'imatges OLS de 2008, 2005 i 2001.

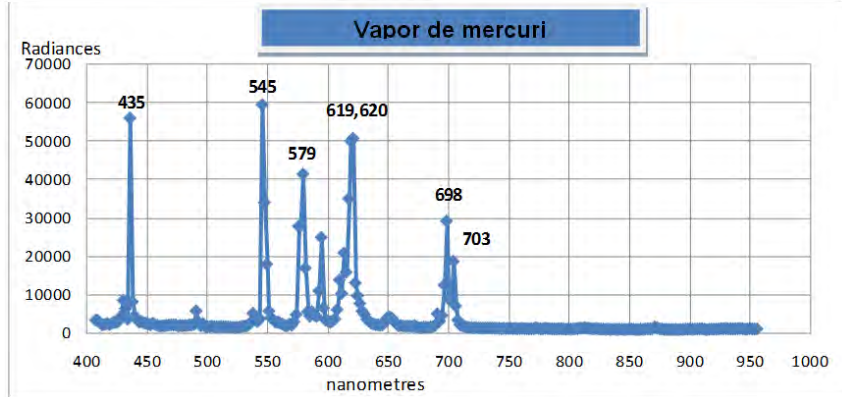
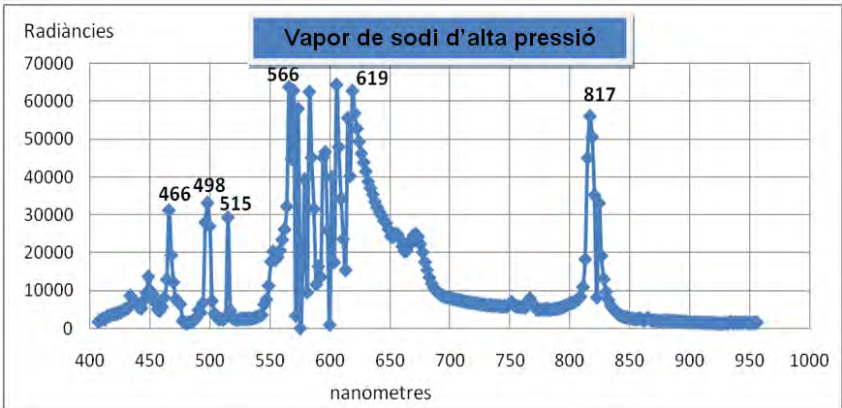
Projectes per l'OPCL: vols CASI (I)



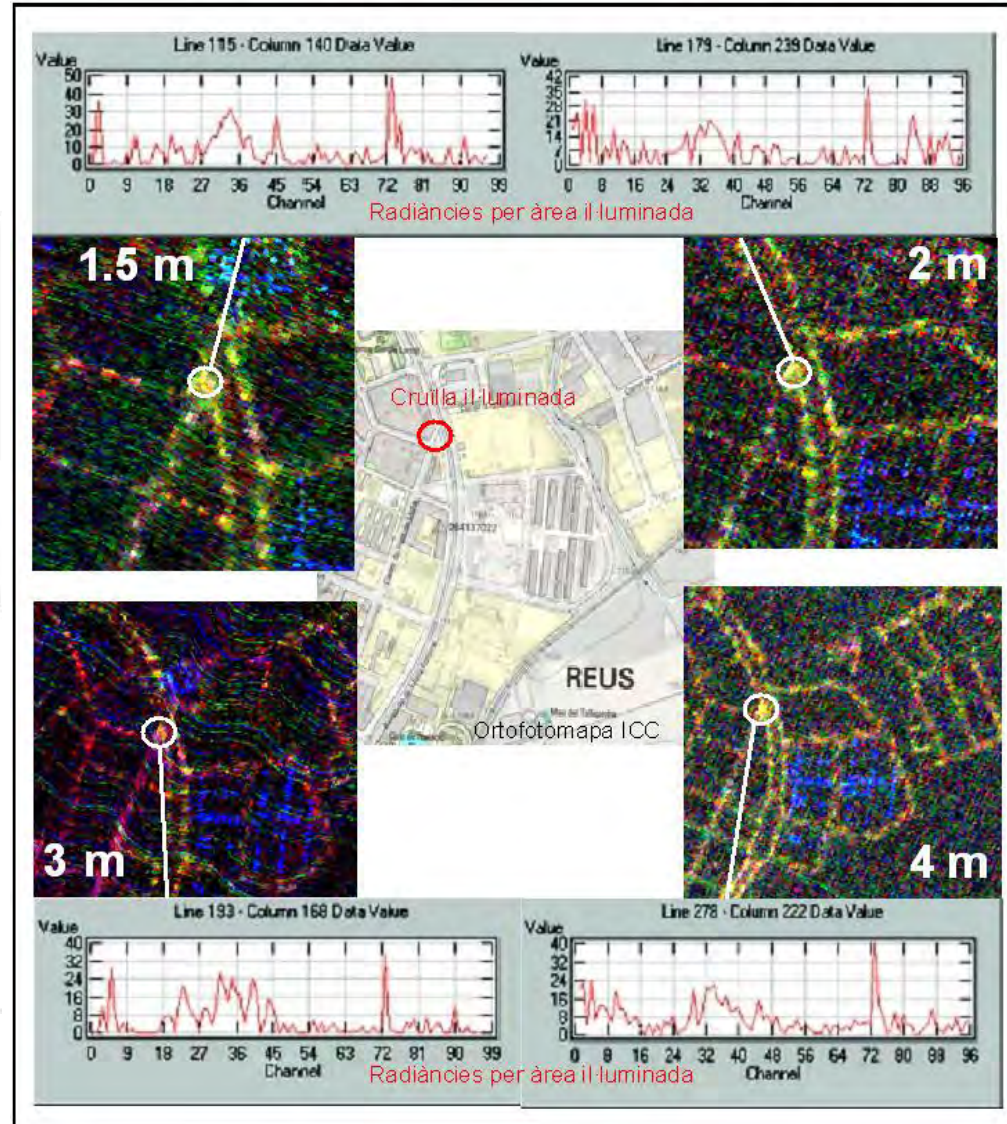
- Treball en 4 fases:
 - Proves en captura terrestre
 - Laboratori
 - Vols (parametrizació i d'exploració)
 - Procés
- Poca sensibilitat a la il·luminació nocturna.



Projectes per l'OPCL: vols CASI (II)

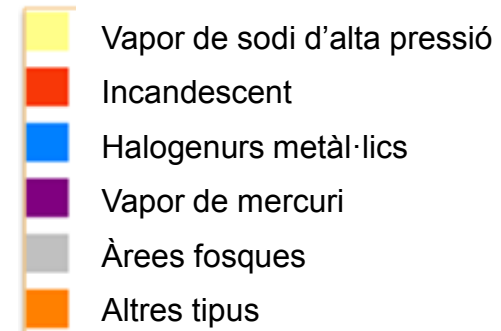


Identificació espectral de las làmpades al laboratori

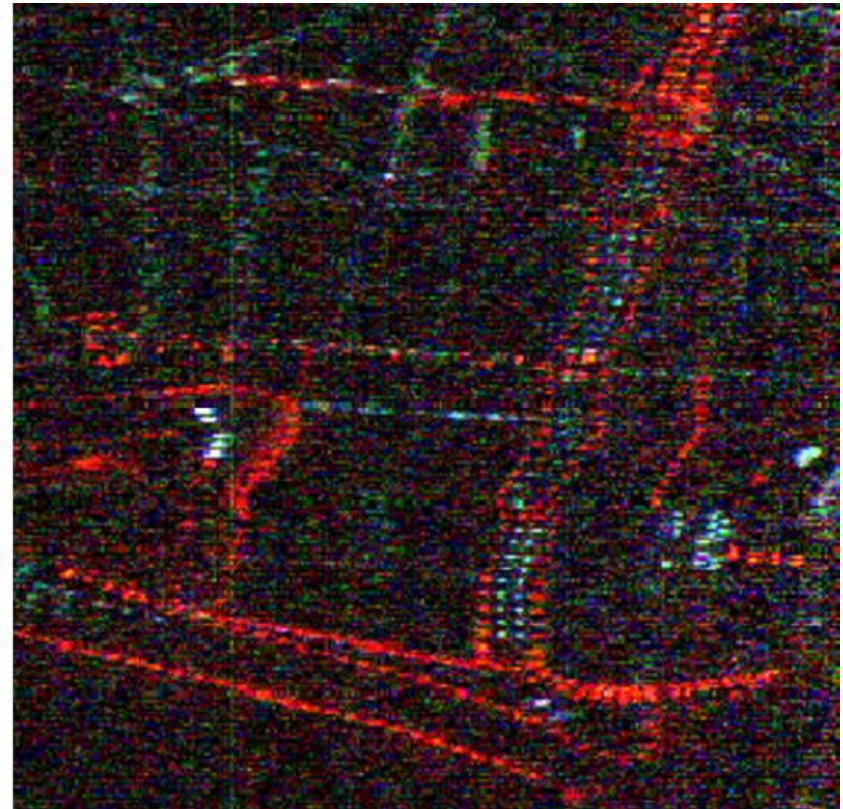
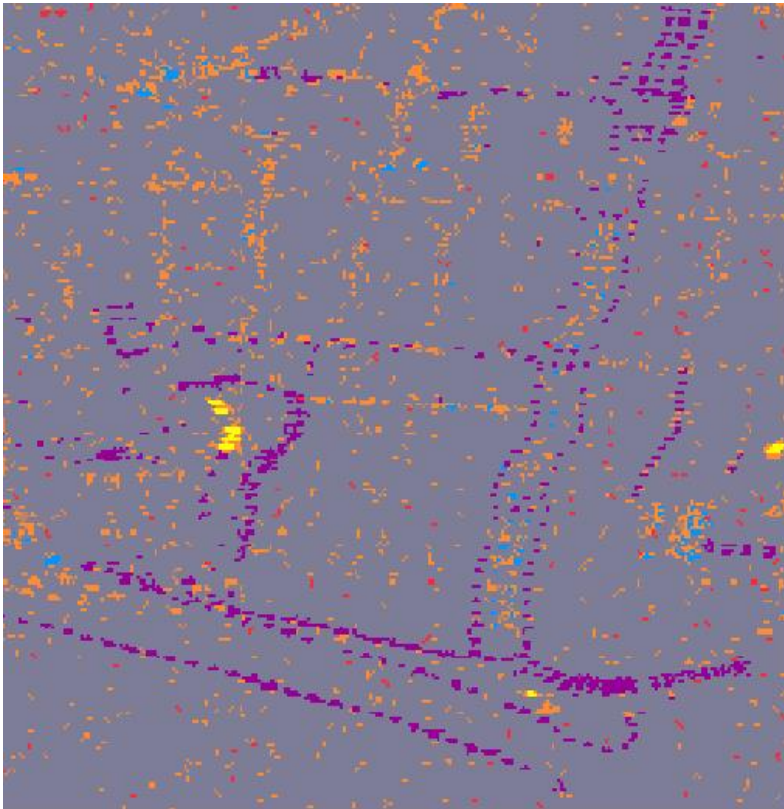


Primers vols

Projectes per l'OPCL: vols CASI (III)

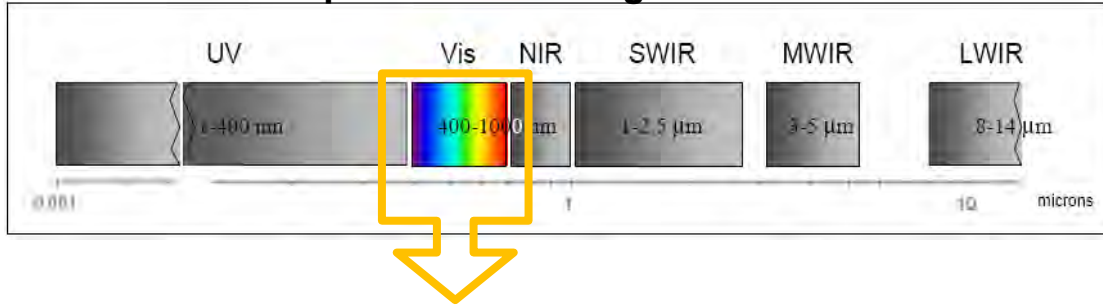


Classificació espectral a Tarragona ciutat

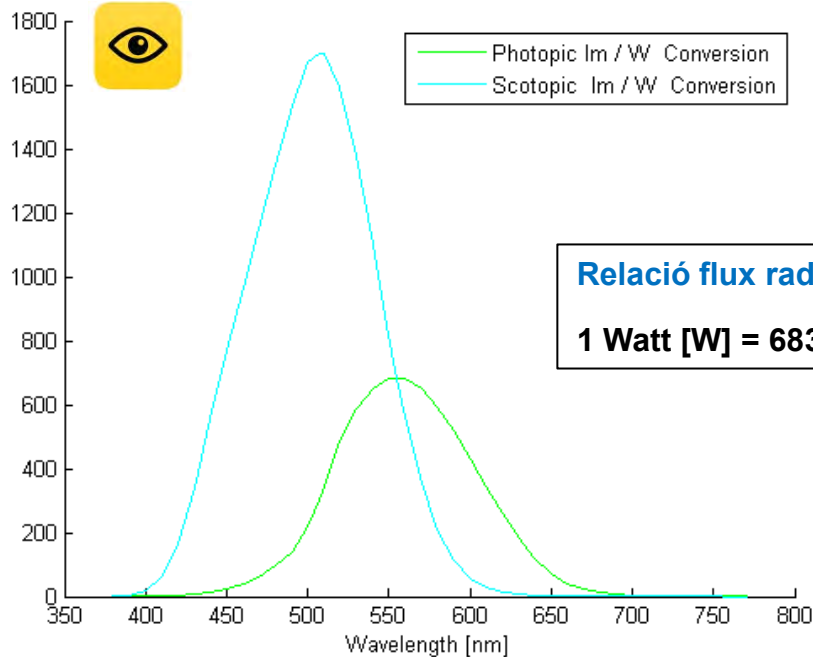


Funció de lluminositat fotòpica en la visió humana

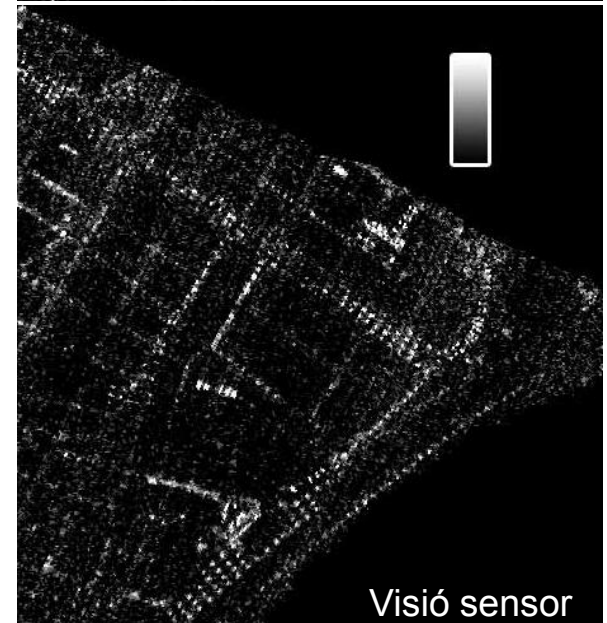
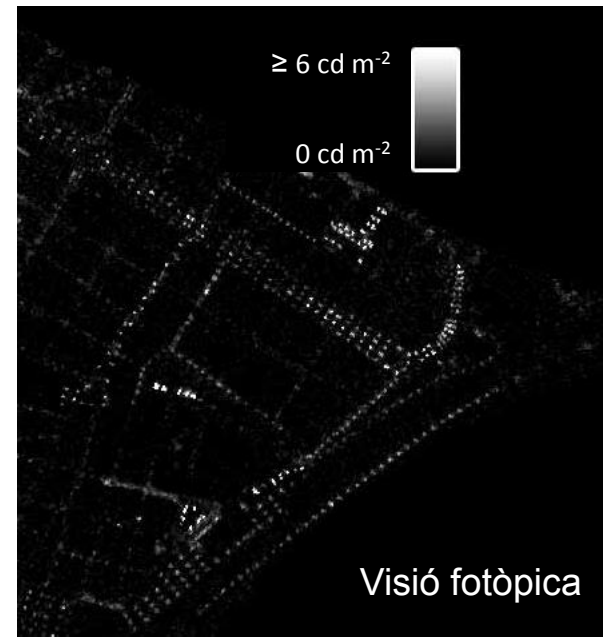
Espectre electromagnètic



Sensibilitat Visió Humana



Relació flux radiant vs flux lluminós
1 Watt [W] = 683 lm @555nm



Sensors aeroportats

ICGC útils per la captura nocturna



Sensor	CASI 550	Aisa EAGLE II	DMC 26
Tipus	Sensor d'escombrat	Sensor d'escombrat	Càmera fotogramètrica
Camp de visió	40.4°	38°	69°
Rang espectral	400 – 950 nm (288 bandes màxim)	400 - 970 nm (256 bandes màxim)	Color infraroig: 4 bandes Pancromàtic: 1 banda
Píxels espacials	550	1024	7680 x13824

Plataformes de l'ICGC i vols nocturns

■ Plataformes

Cessna Caravan



Partenavia P68

■ Vol nocturn

- Restriccions en l'alçada de vol per seguretat (2200 m)
- Evitar llum de la lluna



Vols a Sant Cugat 2012 i 2014

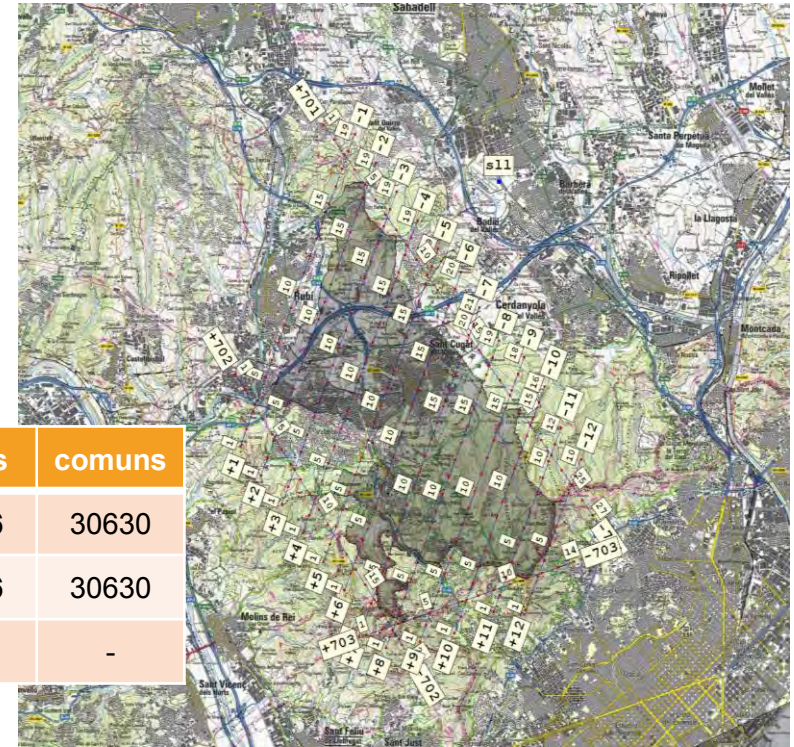
VSAP: Vapor de sodi d'alta pressió

HM: Halogenurs metàl·lics

FLU: Fluorescents compactes o normals

VMCC: Vapor de mercuri de color corregit

any	VSAP	HM	FLU	VMCC	Total	propis	comuns
2012	8472	37736	9753	2815	58776	28146	30630
2014	4839	36871	2148	772	44630	14706	30630
Variació [%]	43%↓	2%↓	78%↓	73%↓	24%↓	-	-



Paràmetres de vol	Vol 2012	Vol 2014	Vol 2014
Sensor	CASI 550	CASI 550	DMC 26
GSD [m]	3	3	0.25
FOV [°]	40	40	69.3 x 42
Alçada de vol [m]	2243	2243	2243
No. de passades	11	11	11
No. bandes espectrals	96	96	4
Resolució espectral [nm]	2.88	2.88	-
Rang espectral [nm]	406.6 – 951.1	406.6 – 951.1	-
Data de vol	12/11/2012	02-03/02/2014	02-03/02/2014
Hora de vol	19:16 – 21:00	23:25 – 1:20	23:25 – 1:20

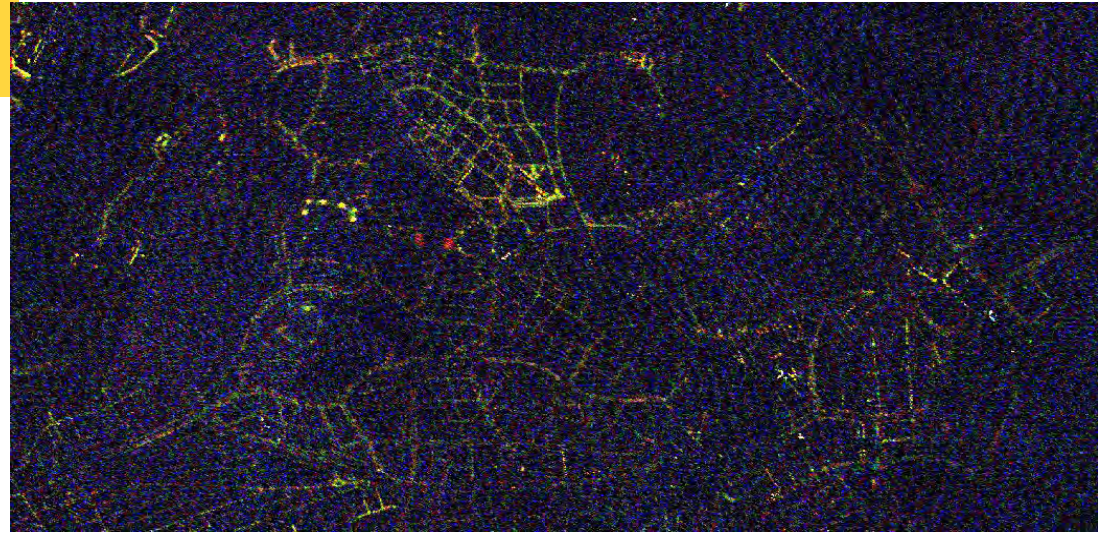
Mapa de luminància amb CASI



Esfera integradora i CASI al laboratori



R=819nm, G=596nm, B=543nm



Mapa de luminància [cd·m²]



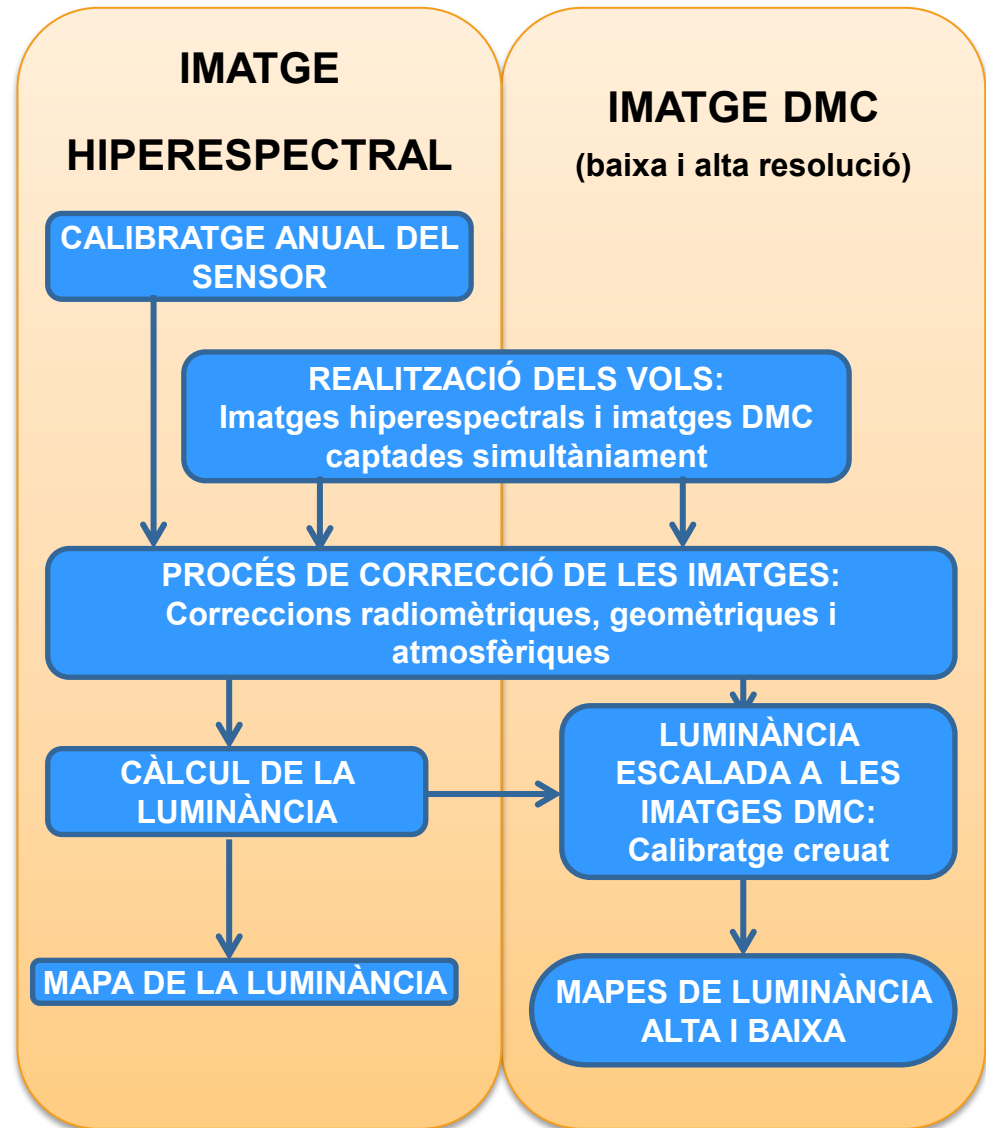
Mapes de luminància per fusió amb DMC: diagrama de flux

Correcció atmosfèrica

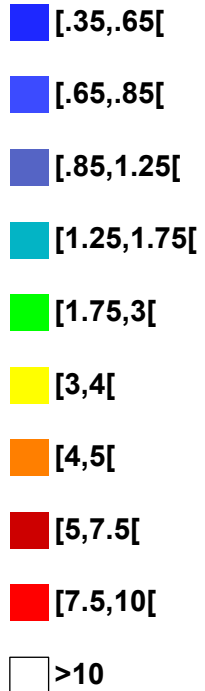
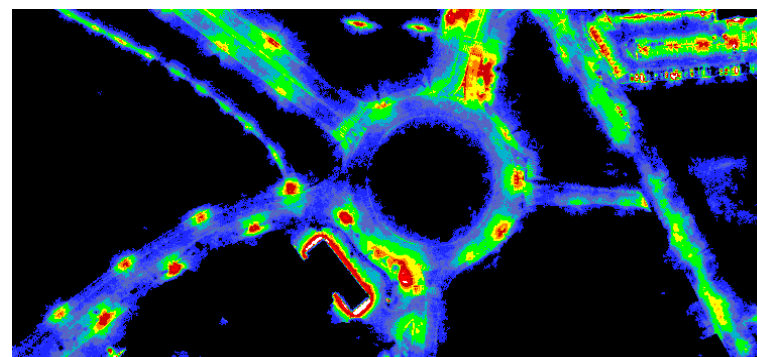
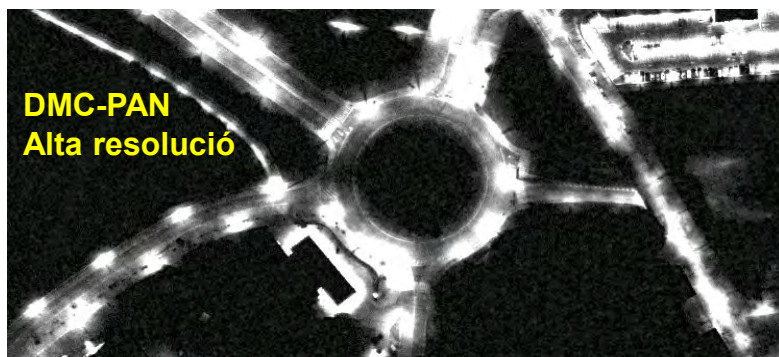
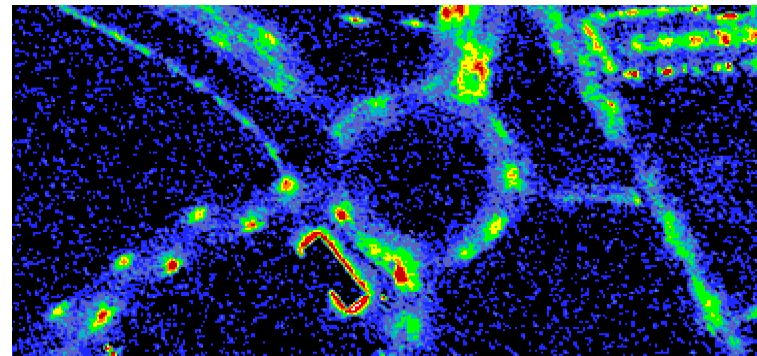
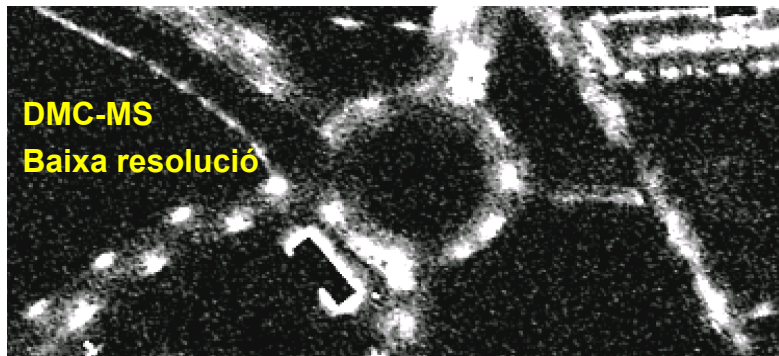
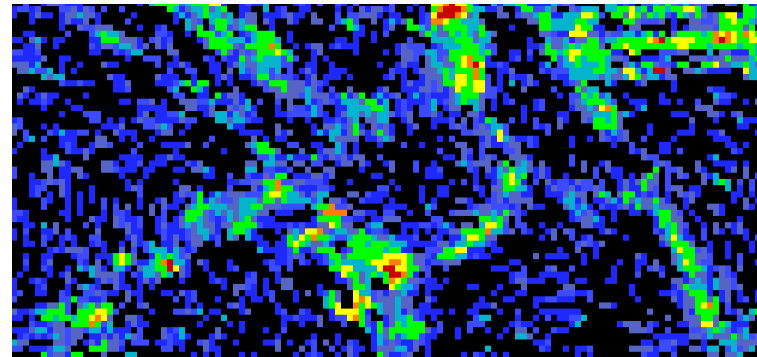
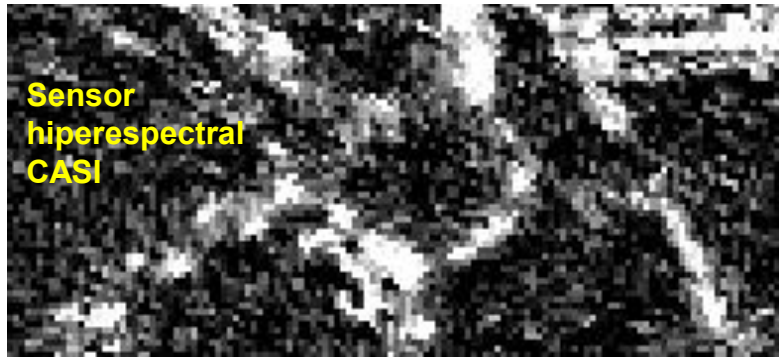
$$F(l, c) = K \sum_{i=1}^{N_{Bands}} \frac{L_i^{@SENSOR}(l, c) - L_i^*(l, c) - L_{n,i}}{\tau_i(x, y, z, x_s, y_s, z_s, CWV)} V_i \Delta \lambda_i$$

- Perfils atmosfèrics NCEP
- Informació meteorològica de la xarxa XEMA
- ModTRAN5.0

Filtrat d'imatge

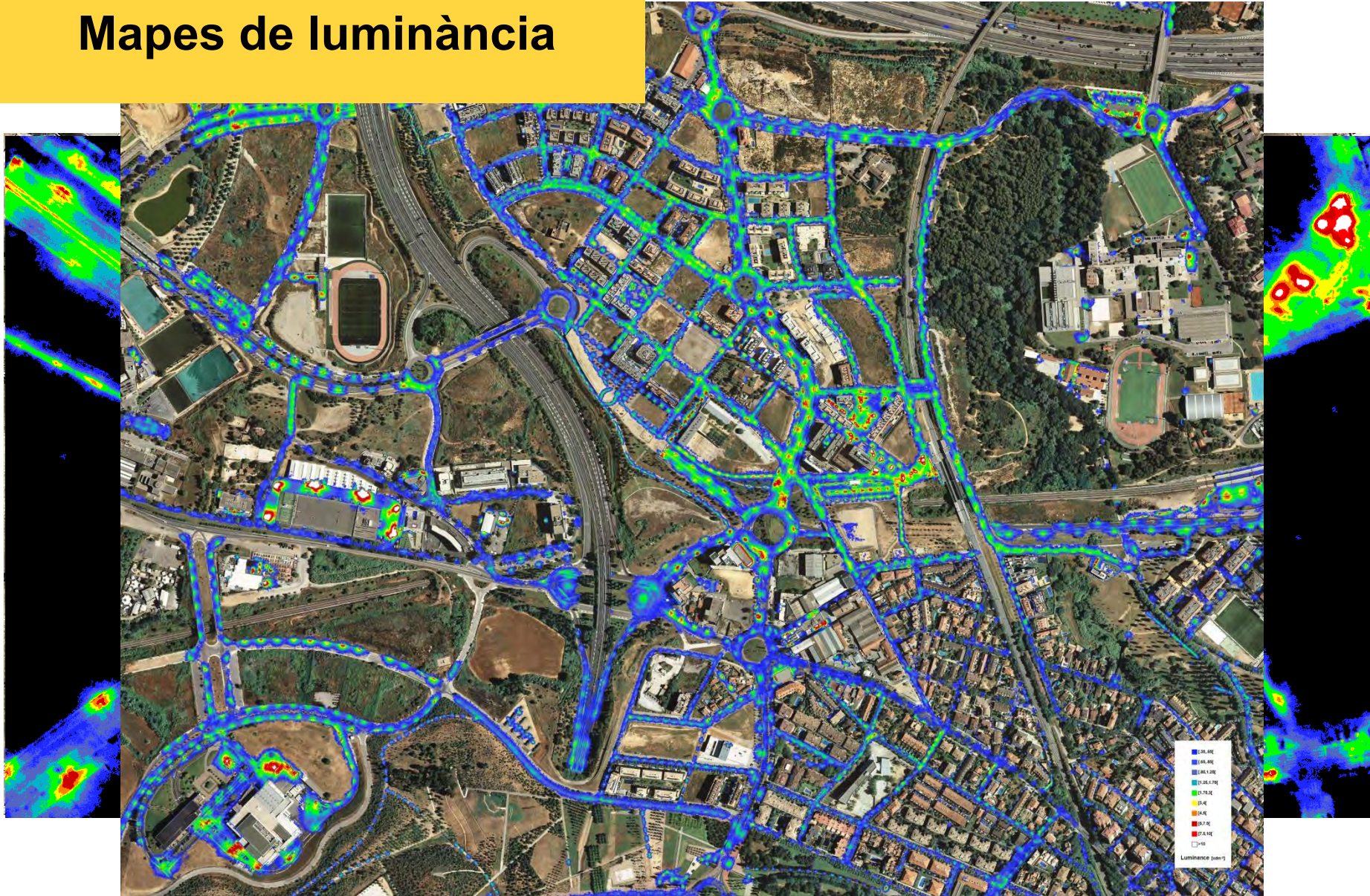


Mapes de luminància



Luminància [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$]

Mapes de luminància



Vols a Rubí, Cerdanyola i Sant Cugat. AISA - 2014



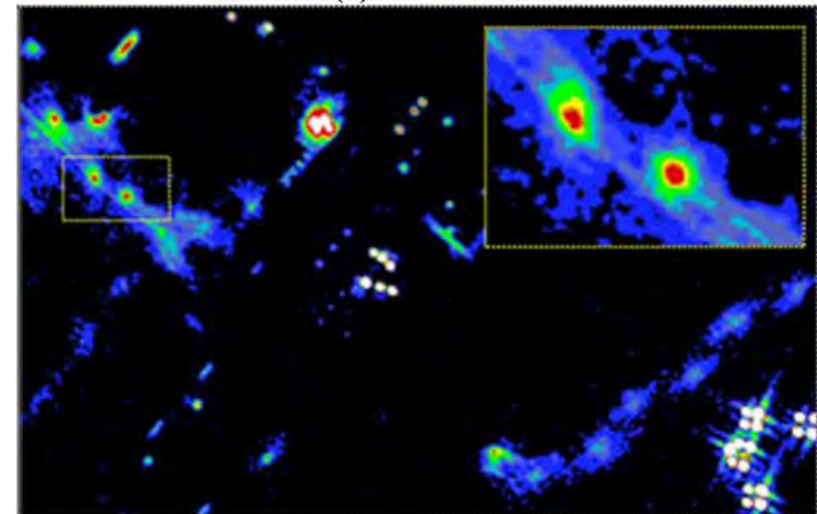
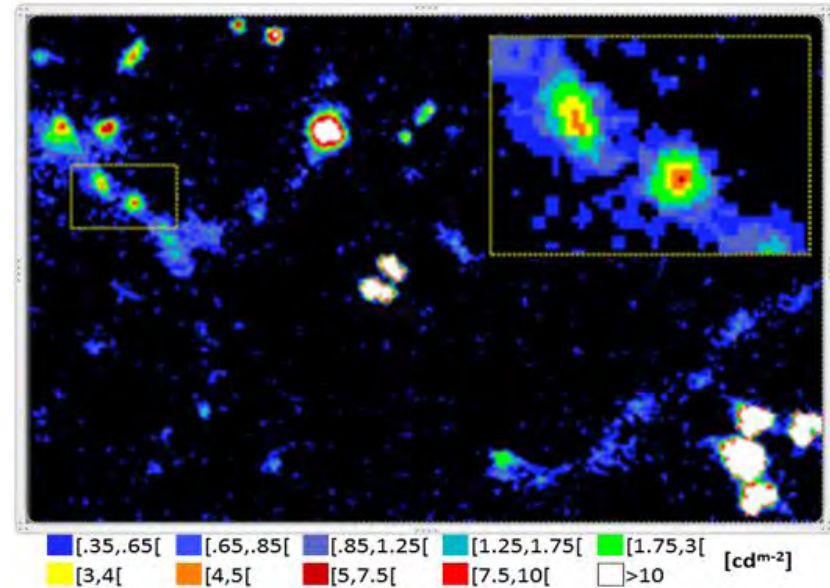
DMC

FOV [°]	69.3 x 42
Detectors al CCD (HR)	13824 x 7680
Detectors al CCD (LR)	3072 x 1920
Nombre de bandes	1(panHR) /4LR
GSD [m]	0.25(panHR)/1(LR)

AisaEAGLE-II

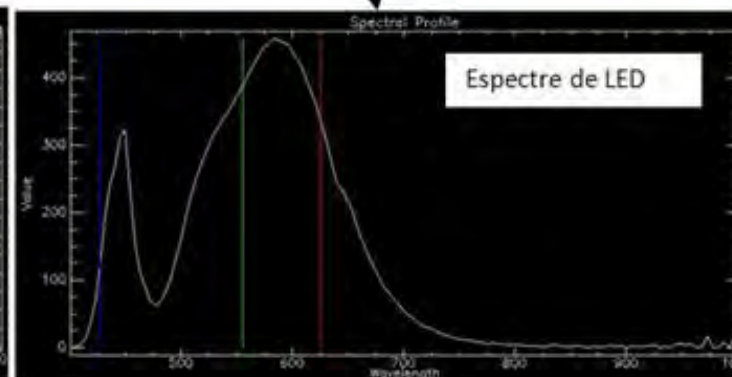
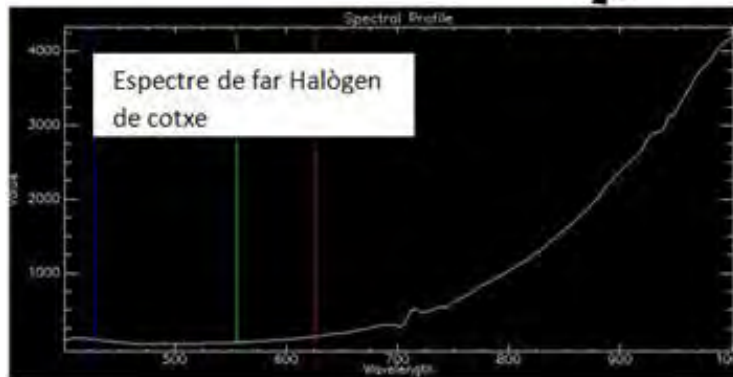
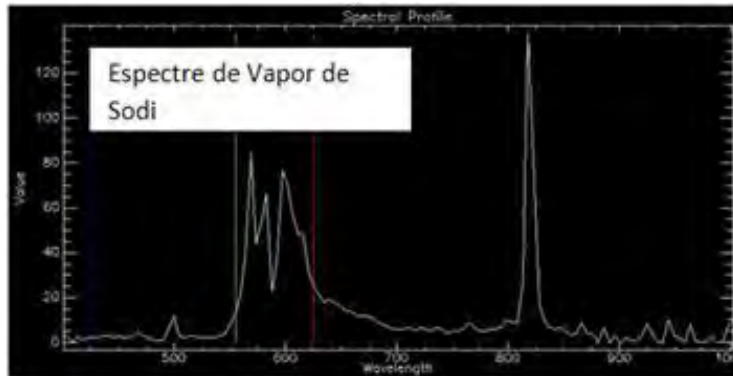
Rang espectral [nm]	406.3-993.8
FOV[°]	37.7
Màxim nombre de bandes	256
Nombre de bandes nocturnes	128
Detectors espacials al CCD	1024
Resolució (GSD)[m]	1.5

Sensor hiperespectral AisaEAGLE-II



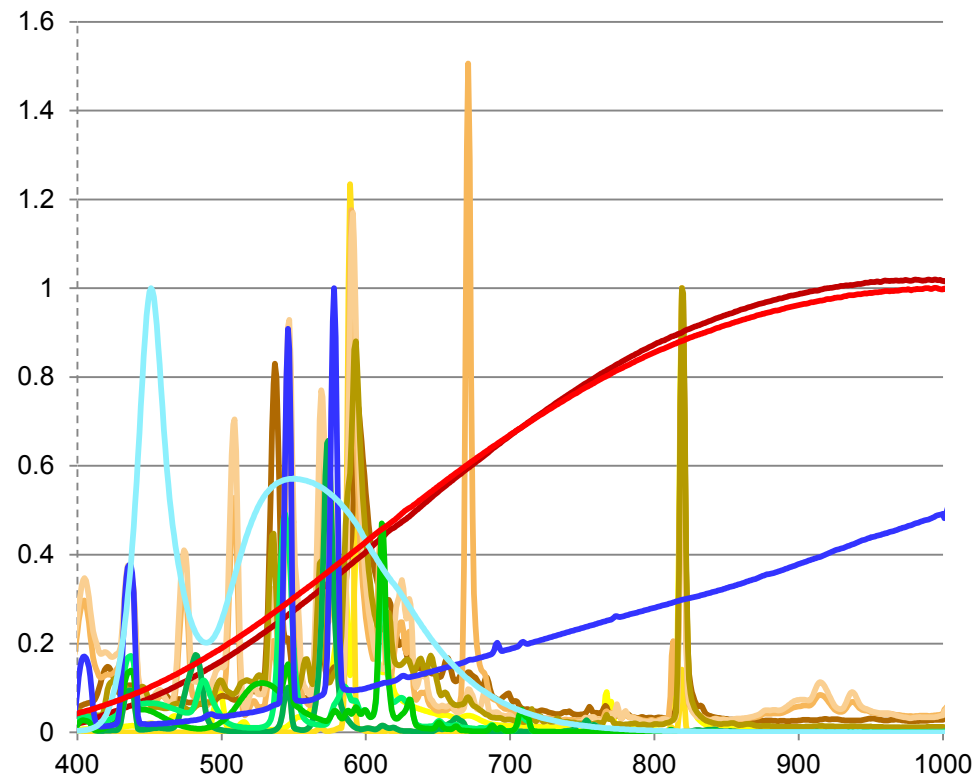
DMC-PAN Alta resolució

Hiperespectralitat terrestre. ICGC-USC 2015

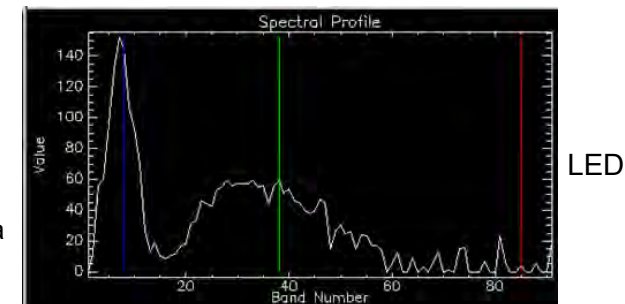
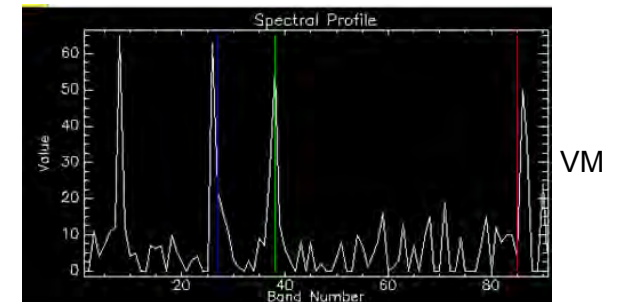
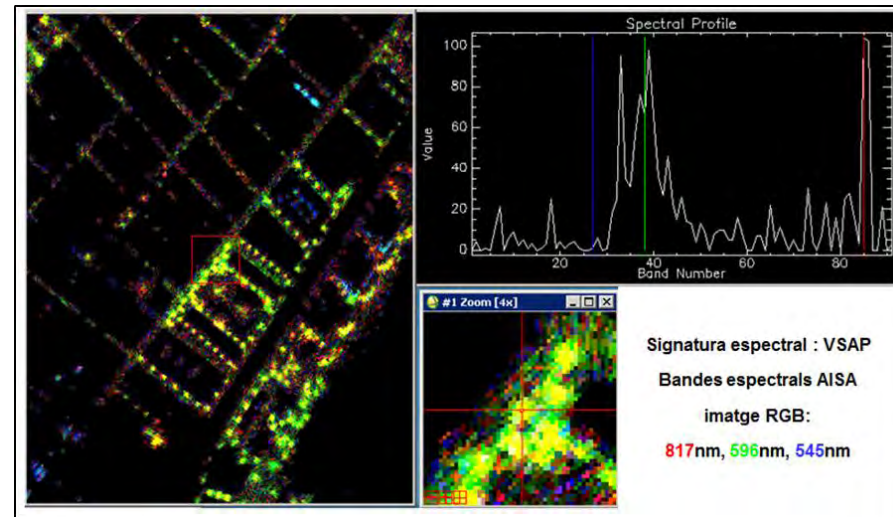


2016 Sostenibilitat Urbana: Natura de la llum

http://ngdc.noa.gov/eog/night_sat/spectra.html



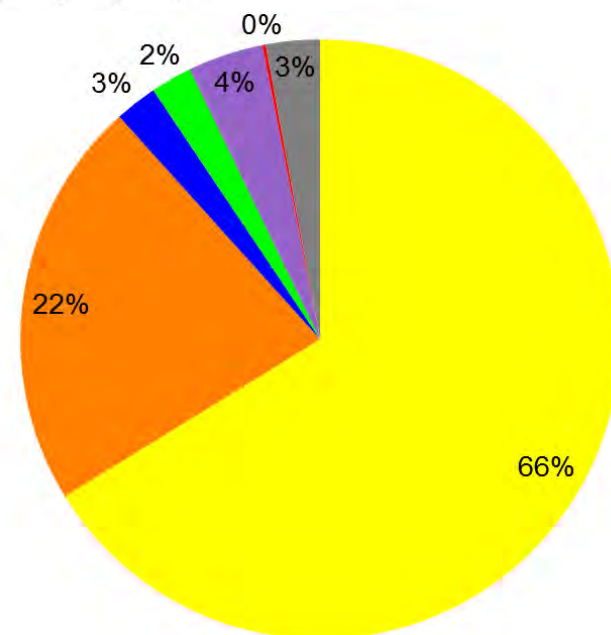
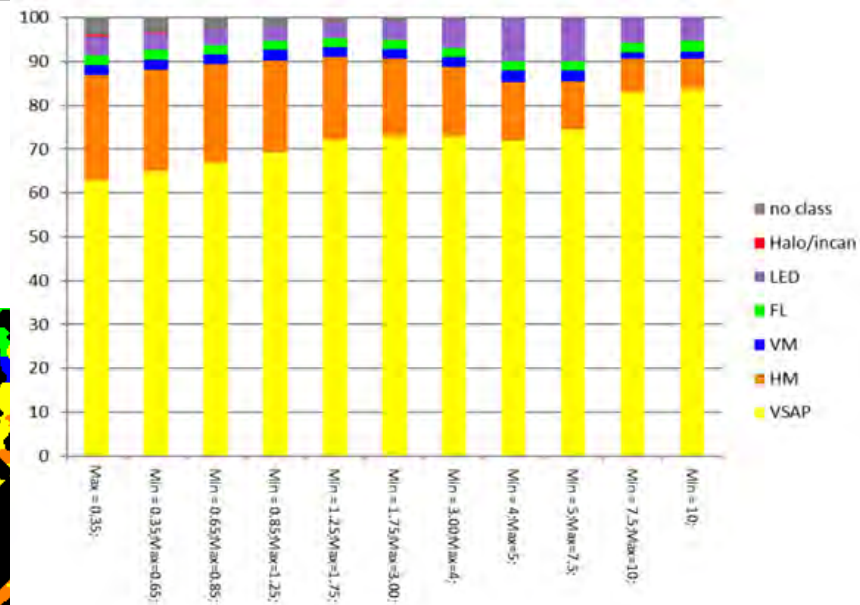
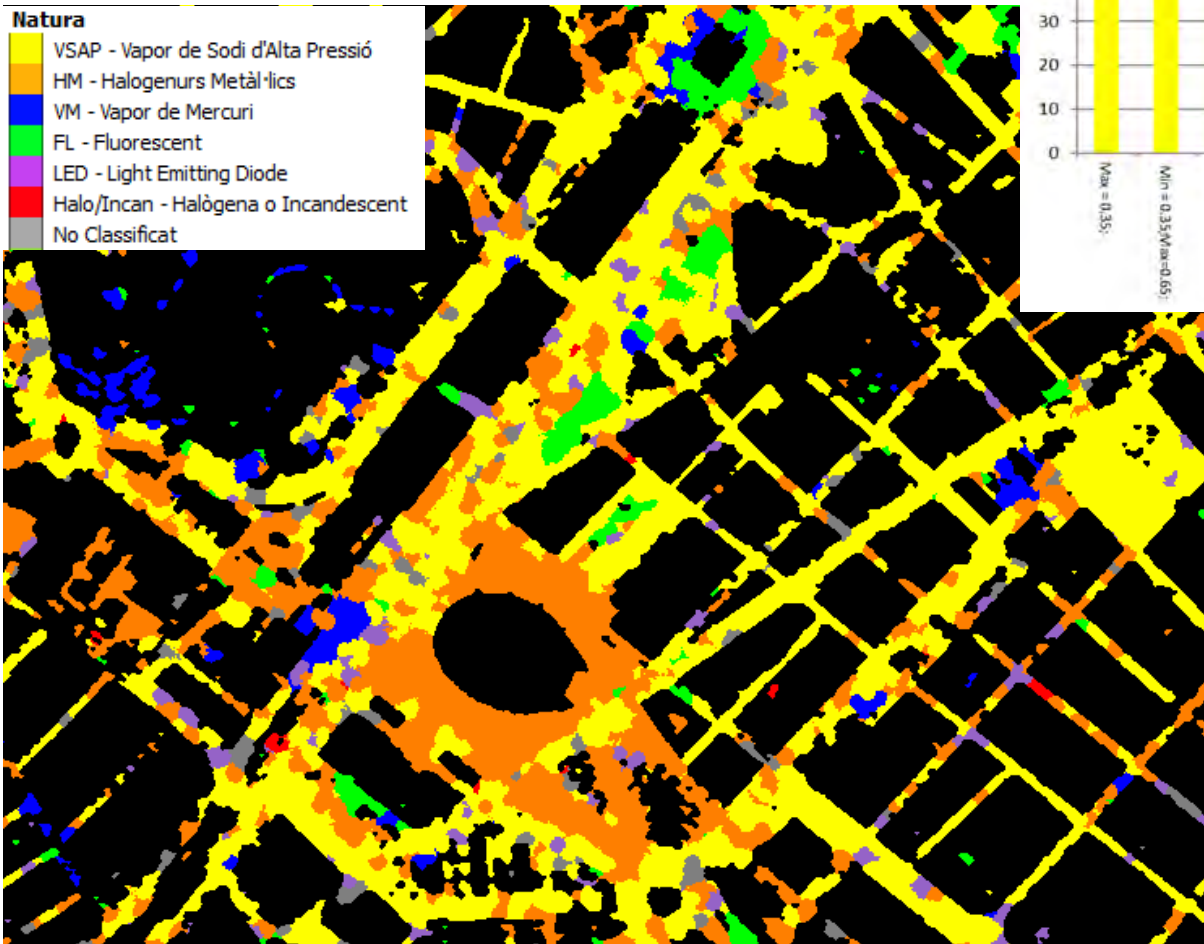
- HPS
- LPS
- MH - T1
- MH - T2
- MH - T3
- MH - T4
- I
- F - T1
- F - T2
- F - T3
- F - T4
- VM
- LED
- Quartz_halogena



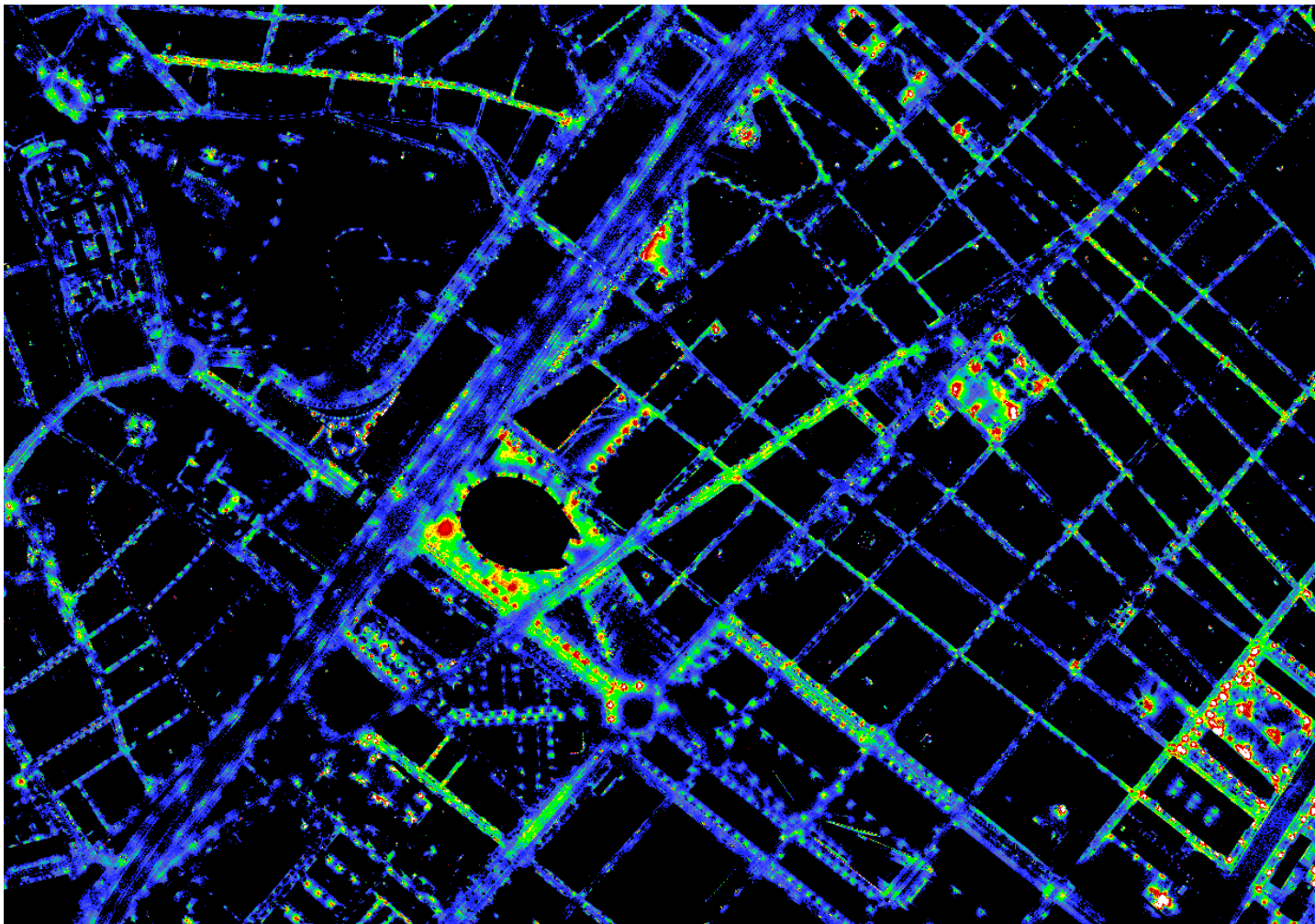
2016 Sostenibilitat Urbana: Natura de la llum

Natura

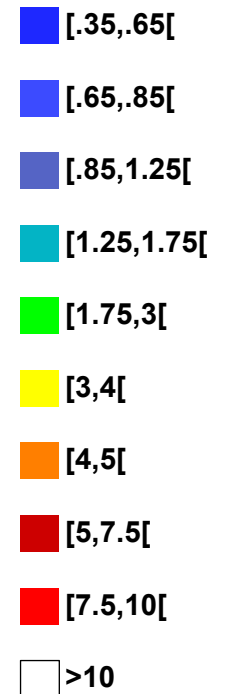
- VSAP - Vapor de Sodi d'Alta Pressió
- HM - Halogenurs Metàl·lics
- VM - Vapor de Mercuri
- FL - Fluorescent
- LED - Light Emitting Diode
- Halo/Incan - Halògena o Incandescent
- No Classificat



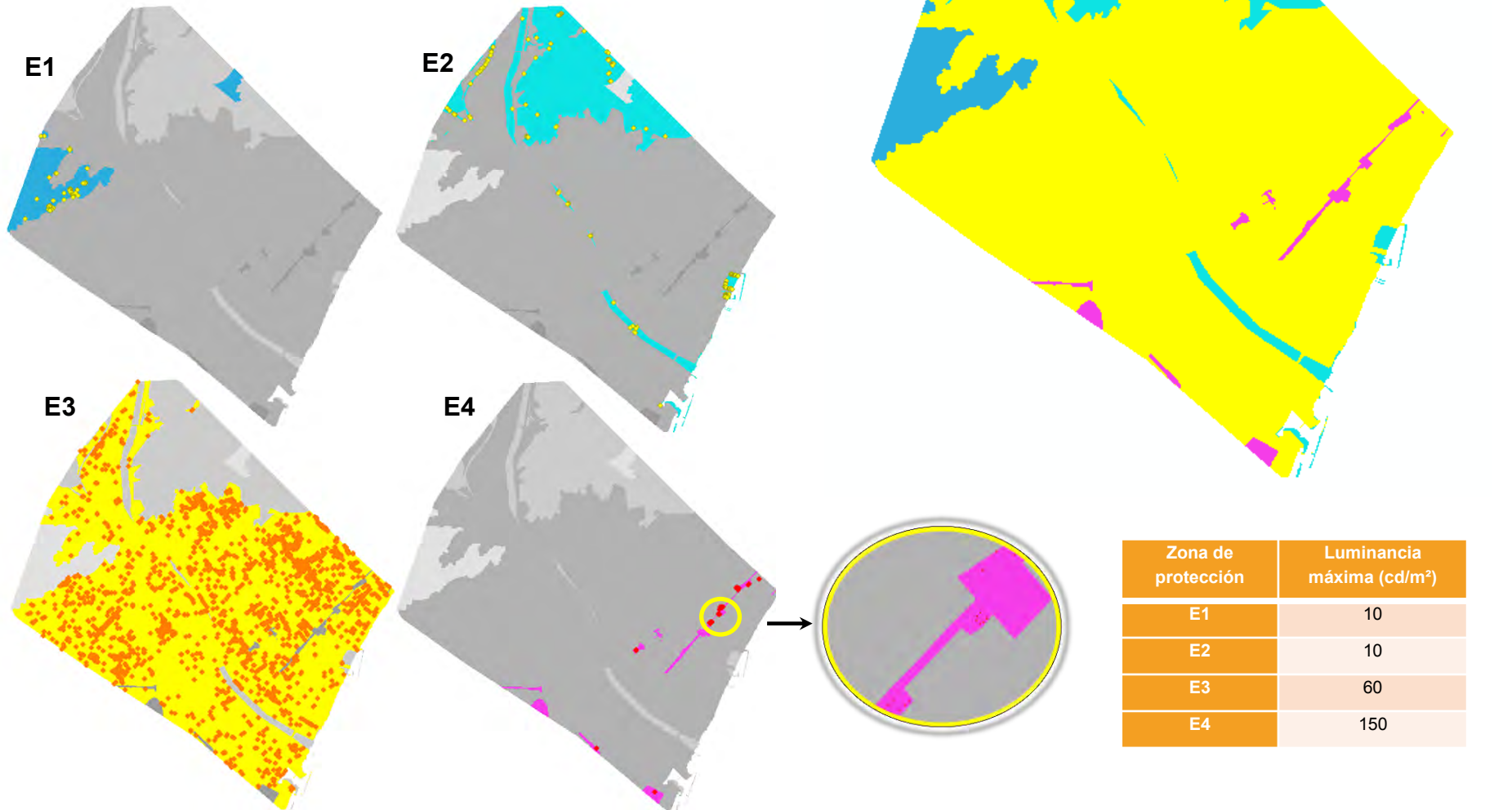
2016 Sostenibilitat Urbana: Luminàncies



Luminància
(cd/m²)



2016 Sostenibilitat Urbana: Zonificació PCL



Conclusions

- Els sensors de teledetecció aeroportats utilitzats han demostrat ser eficaços per monitoritzar l'enllumenat exterior nocturn, podent diferenciar tipus de llum (de làmpades) i permetent obtenir mapes de luminància.
- L'ICGC ha desenvolupat una metodologia per quantificar el flux lluminós de la il·luminació urbana nocturna mitjançant l'ús combinat d'un sensor hiperespectral i una càmera fotogramètrica digital.
- La monitorització de les emissions lumíniques en les àrees urbanes des de l'aire aporta informació útil per al compliment de les normatives específiques en matèria d'enllumenat exterior nocturn i polítiques d'eficiència energètica.

Moltes Gràcies!

vicenc.pala@icgc.cat

CS-PCOT

**Institut Cartogràfic i Geològic
de Catalunya**

Parc de Montjuïc,
E-08038 Barcelona

41°22'12" N, 2°09'20" E (ETRS89)

www.icgc.cat

icgc@icgc.cat

twitter.com/ICGCat

facebook.com/ICGCat

Tel. (+34) 93 567 15 00

Fax (+34) 93 567 15 67

