



Curso de extensión universitario de la UNED de Tudela (Navarra)  
**Uso de técnicas de ML y EO en el LIFE Vía de la Plata de Salamanca.**

Beatriz Disodado Calvo-Román Andrés Bondía PMUV



DE LA  
**Vía**  
**PLATA**

**Savia**  
Red verde  
Salamanca

Socio Coordinador:



Beneficiarios Asociados:



31 de enero de 2023

# Introducción

¿De verdad que en **15 minutos** os van a explicar algo de **Inteligencia artificial** y **cambio climático** en Salamanca?, pero si son **arquitectos**....

El objetivo de la exposición es una introducción que anime vuestra curiosidad y permita entender este tipo de procesos y las dificultades asociadas al mismo, a la vez que os mostramos el proyecto **LIFE Vía de la Plata de Salamanca**.

Debido al tiempo disponible no se podrá profundizar en cada uno de los puntos pero **se adjuntan referencias poder continuar en el aprendizaje autónomo** a partir de lo dicho en la presentación.

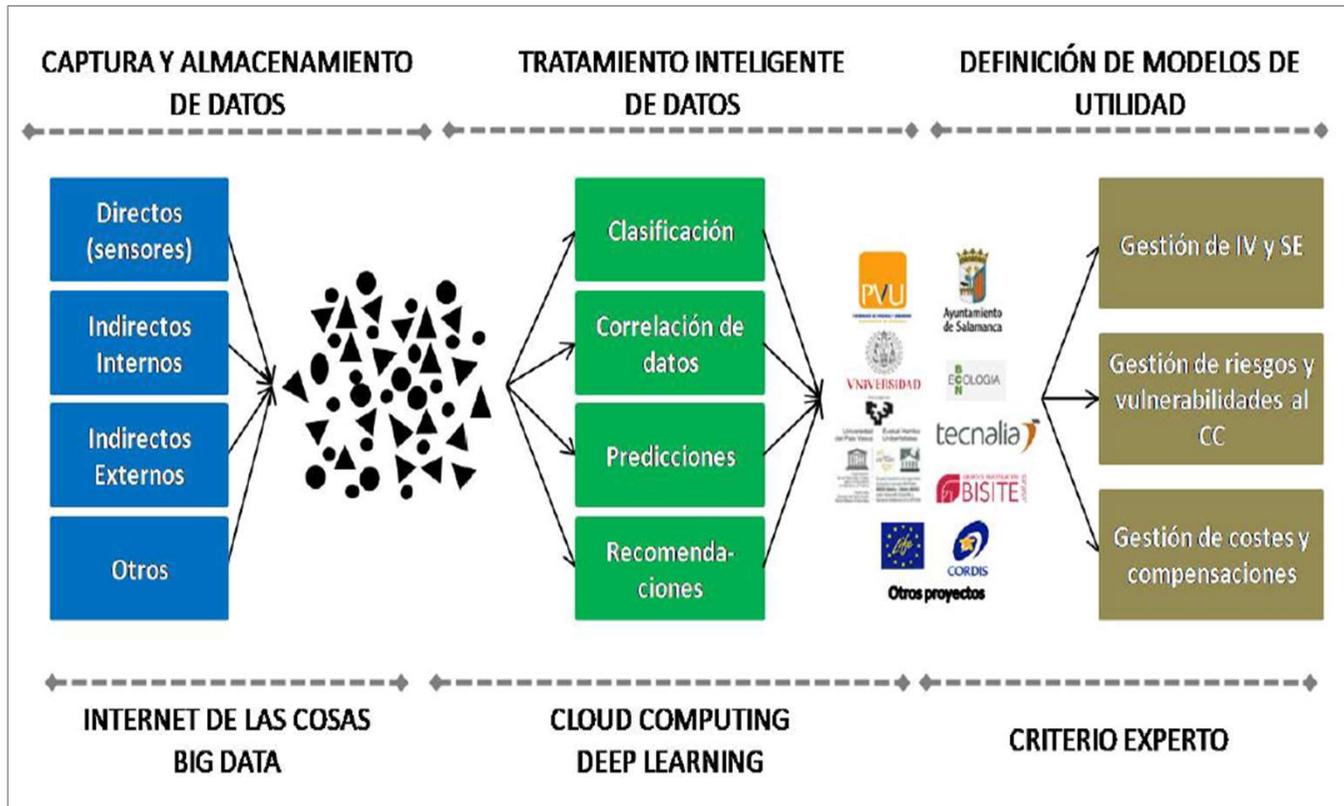


## Esquema inicial y definición en LIFE “Vía de la Plata”



¿Qué es el Machine Learning?  
(Wikipedia):

El aprendizaje automático o aprendizaje automatizado o aprendizaje de máquinas (del inglés, machine learning) es el subcampo de las ciencias de la computación y una rama de la inteligencia artificial, cuyo objetivo es desarrollar técnicas que permitan que las computadoras aprendan. Se dice que un agente aprende cuando su desempeño mejora con la experiencia y mediante el uso de datos; es decir, cuando la habilidad no estaba presente en su genotipo o rasgos de nacimiento.





Lo tenemos claro, pues  
manos a la obra:

¿Qué problema vamos a resolver  
con ML?, ¿Qué datos vamos a  
utilizar?, ¿Quién adquiere los datos  
y los normaliza?, ¿Qué algoritmo  
vamos utilizar para ese problema?,  
¿Cómo lo representamos?

...



No nos entendíamos y comenzamos a utilizar una analogía con la cocina, y funcionó. Veamos porqué:




Table 2: Time spent on various data mining tasks. Sample size was 265 data miners. Source: Rexer Analytics [8]. Reproduced with permission.

TASK	% TIME
Understanding Business Problem	20%
Accessing & Preparing Data	36%
Generating Models	20%
Writing Reports / Presentations	15%
Scoring / Deploying	9%





## ¿Que vamos a cocinar?

*“Islas de calor rellenas de **Zonas Climáticas Locales** en tempura”*





## Algunos **conceptos**

### ¿Qué es una isla de calor?

“Las islas de calor son un fenómeno que se produce en aquellas **zonas urbanas que experimentan temperaturas más altas que las zonas circundantes debido a la actividad humana**”.



### **CONSECUENCIAS DE LAS ISLAS DE CALOR**

Las islas de calor urbanas tienen consecuencias negativas sobre la vida de las personas y el medio ambiente:

#### **Mayor consumo de energía**

La temperatura en las ciudades es superior, especialmente durante las noches de verano. Esto genera un incremento de la demanda de energía para los aires acondicionados, lo que a su vez aumenta el precio de la electricidad.

#### **Impacto sobre la salud**

Las altas temperaturas pueden afectar a la salud de los habitantes de las ciudades, provocando malestar general, problemas respiratorios, insolaciones, deshidratación, cansancio e, incluso, aumentar la mortalidad por golpes de calor.

#### **Mayor contaminación atmosférica**

Las islas de calor empeoran la calidad del aire, ya que en paralelo al incremento del consumo de combustibles fósiles lo hace la emisión de CO2 y otros contaminantes, como el dióxido de azufre (SO2) o los óxidos de nitrógeno (NOx), culpables del efecto invernadero.

#### **Impacto sobre la economía**

Un estudio reciente, publicado por la editorial científica IOP Publishing, indica que los efectos asociados al calentamiento por las islas de calor urbanas podrían duplicar las pérdidas económicas previstas por el cambio climático. *Fuente: Iberdrola*

### ¿Qué relación tiene con el cambio climático?

El cambio climático producirá un **aumento del efecto de Isla de Calor en los núcleos urbanos**.

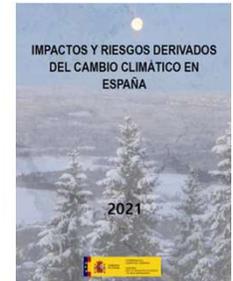


Tabla 7.1 Impactos del cambio climático en áreas urbanas en España (RECC, 2015).

CAUSAS	IMPACTOS SOBRE ECOSISTEMAS URBANOS
<b>Aumento de las temperaturas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento del efecto “isla de calor” en los núcleos urbanos</li> <li>• Mayores necesidades de sombra en las horas centrales del verano</li> <li>• Incremento de las necesidades de riego del verde urbano</li> <li>• Importantes afecciones sobre la salud humana.</li> <li>• Mayor evaporación de aguas de estanques, piscinas y embalses</li> <li>• Mayores periodos de inversión térmica</li> <li>• Más contaminación por menor ventilación con inversión térmica</li> </ul>
<b>Elevación del nivel del mar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundaciones en áreas urbanas costeras</li> <li>• Pérdida de playas en zonas turísticas</li> </ul>
<b>Lluvia torrencial / Sequía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en la escorrentía y en la disponibilidad de agua</li> <li>• Desprendimientos de taludes de carreteras urbanas</li> </ul>
<b>Lluvia torrencial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundaciones por avenida</li> <li>• Sobrecarga de las infraestructuras de alcantarillado</li> </ul>
<b>Sequía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos de interrupciones en el suministro eléctrico de origen hidráulico</li> <li>• Problemas de abastecimiento alimentario</li> <li>• Riesgos de erosión</li> </ul>
<b>Alteración y extinción de especies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de la presencia de determinados parásitos</li> </ul>
<b>Incendios forestales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos de incendios en áreas urbanas próximas a zonas forestales.</li> </ul>

# Las Zonas climáticas locales o LCZ

De las propuestas expuestas por parte de los socios, y en particular de la Geociencias (USAL), aquella que se considera más se adecúa a las condiciones anteriores expuestas en el proyecto y que conlleva la utilización de algoritmos no supervisados de ML y es **transversal a todas el resto de áreas** (CC, GI, ES) es la realización de una propuesta de clasificación de Zonas climáticas locales (LCZ), pero con el detalle de los **datos urbanos a escala local abiertos y accesibles**.

**Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. Bulletin of the the American Meteorological Society, 93(12).**

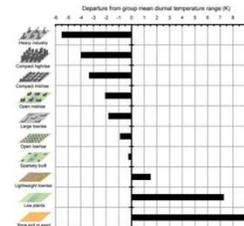


Fig. 4. Simulated values for diurnal temperature range in select local climate zones. Temperature values are representative of the surface-layer air. All zones except low plant cover and bare soil or sand were modelled with an updated version of the Town Energy Balance scheme (Masson 2005). Low plant cover and bare soil or sand were modelled with the Coupled Atmosphere-Plant-Soil scheme (Mahre and Pan 1984).

Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
2. Compact midrise	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	<b>VARIABLE LAND COVER PROPERTIES</b> Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
9. Sparsely built	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	b. bare trees	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
10. Heavy industry	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	s. snow cover	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		d. dry ground	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

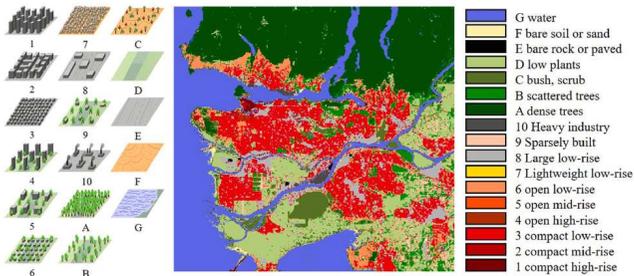
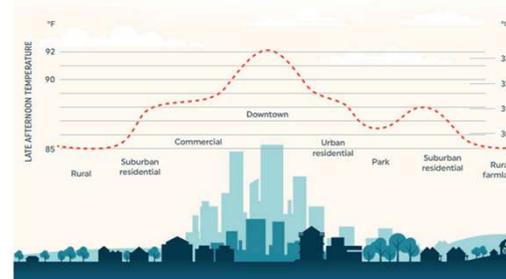


Fig. 1. LCZ definition and an sample LCZ map of Vancouver, Canada. The left subfigure was modified from WUDAPT (Stewart, 2011).

URBAN HEAT ISLAND PROFILE



The average air temperature of a city with 1 million or more people can be 1.8° to 5.4°F warmer on average and as much as 22°F hotter at night than surrounding areas because of the urban heat island effect.17 (Heat Island Group, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2019)



# ¿Qué receta seguimos?

**Dificultad Baja.**

¿Qué hay en la nevera **(datos)**?



## Ingredientes

Para los pimientos: 20 pimientos del piquillo enteros	Para la salsa: 3 cebollas
300 g. de bacalao desalado	4 zanahorias
1 cebolla grande	2 rebanadas de pan frito o tostado
50 g. de harina de trigo y 1/4 cucharadita de nuez moscada (una pizza)	1/2 vaso de vino blanco (a ser posible gallego) y 3 vasos de agua caliente
2 huevos grandes y harina (para pasar los pimientos antes de freír)	Aceite de oliva Virgen Extra suave.
50 g. de mantequilla y 500 ml. de leche entera	Sal (al gusto)

Receta de pimientos rellenos de bacalao

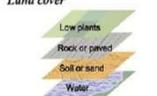


# La receta clásica. Pero no tenemos los ingredientes ni capacidad en el LIFE para prepararlos

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. Bulletin of the the American Meteorological Society, 93(12).

ZONE PROPERTIES	
<b>Sky view factor</b> $\psi_{sky}$ 0 – 1	Fraction of sky hemisphere visible from ground level. Varies with height and spacing of buildings and trees. Affects surface radiational heating/cooling.
<b>Aspect ratio</b> H/W 0 – 3 <sup>+</sup>	Mean height-to-width ratio of street canyons (LCZs 1–7), building spacing (LCZs 8–10), and tree spacing (LCZs A–G). Affects surface airflow and radiational heating/cooling.
<b>Mean building/tree height</b> $z_H$ 0 – 50 <sup>+</sup> m	Geometric average of building heights (LCZs 1–10) and tree/plant heights (LCZs A–F). Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground.
<b>Terrain roughness class</b> 1 – 8	Davenport <i>et al.</i> (2000) classification of effective terrain roughness ( $z_0$ ) for city and country landscapes. Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground. See Table 5 for class descriptions.
<b>Building surface fraction</b> $\lambda_b$ 0 – 100 %	Proportion of ground surface with building cover. Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground.
<b>Impervious surface fraction</b> $\lambda_i$ 0 – 100 %	Proportion of ground surface with impervious cover (paved or rock). Affects surface reflectivity, moisture availability, and heating/cooling potential.
<b>Pervious surface fraction</b> $\lambda_v$ 0 – 100 %	Proportion of ground surface with pervious cover (bare soil, vegetation, water). Affects surface reflectivity, moisture availability, and heating/cooling potential.
<b>Surface admittance</b> $\mu$ 500 – 2,500 <sup>+</sup> J m <sup>-2</sup> s <sup>-1/2</sup> K <sup>-1</sup>	Ability of surface to accept or release heat at local scale. Affects surface heat storage and heating/cooling rates. Varies with soil wetness and material density. In dense tree canopies (LCZ A), the “surface” is undefined and admittance is unknown.
<b>Albedo</b> $\alpha$ 0.02 – 0.5	Surface reflectivity at local scale and under a clear midday sky. Affects surface radiational heating potential. Varies with surface color, wetness, and roughness.
<b>Anthropogenic heat flux</b> $Q_F$ 0 – 400 <sup>+</sup> W m <sup>-2</sup>	Mean annual anthropogenic heat flux density at local scale. Heat sources include vehicle engines, industrial/domestic combustion processes, space cooling/heating, and human metabolism. Varies significantly with latitude, season, and population density.

## APPENDIX: SAMPLE DATASHEETS FOR LOCAL CLIMATE ZONES.

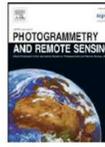
LCZ KEY	ZONE NAME	#
<b>ZONE DEFINITION</b>		
<i>Form:</i> Description of building geometry, construction materials, land cover, tree density, and human activity. <i>Function:</i> Land uses most likely associated with this zone. <i>Location:</i> Expected location of the zone (core, periphery, city, countryside). <i>Correspondence:</i> Comparable zones in the urban classification systems of Oke (2004) and Ellefsen (1990/91).		
<b>ZONE ILLUSTRATION</b>		
<b>Objects</b> 	<b>High-angle photographs</b> (© I.D. Stewart, Can Stock Photo Inc.) 	
<b>Land cover</b> 	<b>Low-level photographs</b> (© I.D. Stewart, Can Stock Photo Inc.) 	
<b>ZONE PROPERTIES</b>		
<b>Sky view factor</b> $\psi_{sky}$ 0 – 1	Fraction of sky hemisphere visible from ground level. Varies with height and spacing of buildings and trees. Affects surface radiational heating/cooling.	
<b>Aspect ratio</b> H/W 0 – 3 <sup>+</sup>	Mean height-to-width ratio of street canyons (LCZs 1–7), building spacing (LCZs 8–10), and tree spacing (LCZs A–G). Affects surface airflow and radiational heating/cooling.	
<b>Mean building/tree height</b> $z_H$ 0 – 50 <sup>+</sup> m	Geometric average of building heights (LCZs 1–10) and tree/plant heights (LCZs A–F). Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground.	
<b>Terrain roughness class</b> 1 – 8	Davenport <i>et al.</i> (2000) classification of effective terrain roughness ( $z_0$ ) for city and country landscapes. Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground. See Table 5 for class descriptions.	
<b>Building surface fraction</b> $\lambda_b$ 0 – 100 %	Proportion of ground surface with building cover. Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground.	
<b>Impervious surface fraction</b> $\lambda_i$ 0 – 100 %	Proportion of ground surface with impervious cover (paved or rock). Affects surface reflectivity, moisture availability, and heating/cooling potential.	
<b>Pervious surface fraction</b> $\lambda_v$ 0 – 100 %	Proportion of ground surface with pervious cover (bare soil, vegetation, water). Affects surface reflectivity, moisture availability, and heating/cooling potential.	
<b>Surface admittance</b> $\mu$ 500 – 2,500 <sup>+</sup> J m <sup>-2</sup> s <sup>-1/2</sup> K <sup>-1</sup>	Ability of surface to accept or release heat at local scale. Affects surface heat storage and heating/cooling rates. Varies with soil wetness and material density. In dense tree canopies (LCZ A), the “surface” is undefined and admittance is unknown.	
<b>Albedo</b> $\alpha$ 0.02 – 0.5	Surface reflectivity at local scale and under a clear midday sky. Affects surface radiational heating potential. Varies with surface color, wetness, and roughness.	
<b>Anthropogenic heat flux</b> $Q_F$ 0 – 400 <sup>+</sup> W m <sup>-2</sup>	Mean annual anthropogenic heat flux density at local scale. Heat sources include vehicle engines, industrial/domestic combustion processes, space cooling/heating, and human metabolism. Varies significantly with latitude, season, and population density.	

# La receta mejorada. Solo con datos del Sentinel 2. Earth Observation. Supervised AI.

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/isprsjprs](http://www.elsevier.com/locate/isprsjprs)

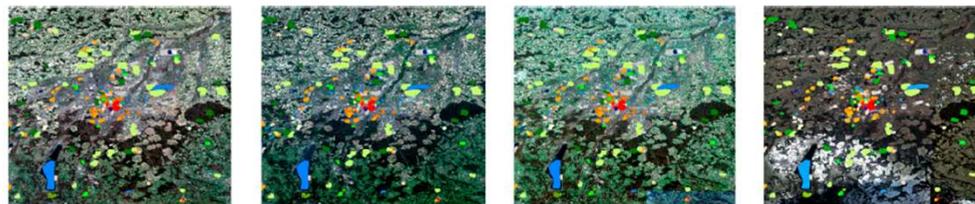



## Local climate zone-based urban land cover classification from multi-seasonal Sentinel-2 images with a recurrent residual network

Chunping Qiu<sup>a</sup>, Lichao Mou<sup>a,b</sup>, Michael Schmitt<sup>a</sup>, Xiao Xiang Zhu<sup>b,a,\*</sup>

<sup>a</sup> Signal Processing in Earth Observation (SPEO), Technical University of Munich (TUM), Arcisstr. 21, 80333 Munich, Germany

<sup>b</sup> Remote Sensing Technology Institute (IMF), German Aerospace Center (DLR), Oberpfaffenhofen, 82234 Wessling, Germany



(a) spring (b) summer (c) autumn (d) winter

Fig. 6. The exemplary multi-seasonal images over Munich, Germany. The colorful labels are the LCZ reference dataset.

C. Qiu, et al.

ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 154 (2019) 151–162



Fig. 12. Land cover maps produced for the seven cities. To present an equivalent size for all test cases, only a part of each city map, covering about 39.7 × 39.7 km<sup>2</sup>, is shown. The GSD of each map is 50 m.



# Y siempre se puede **simplificar** la receta

Menos ingredientes y menos procesos.

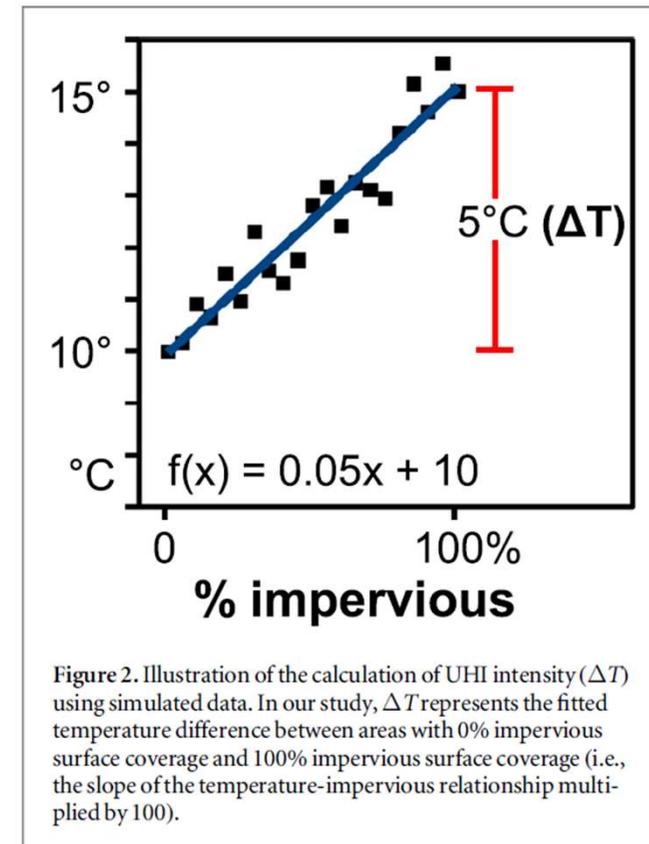
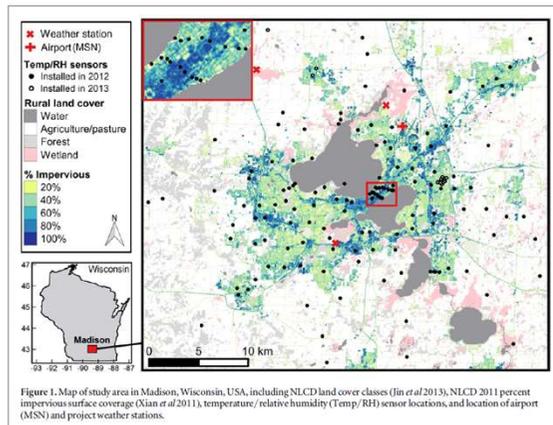


## Urban climate effects on extreme temperatures in Madison, Wisconsin, USA

Jason Schatz<sup>1</sup> and Christopher J Kucharik<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Department of Agronomy, University of Wisconsin-Madison, 1575 Linden Drive, Madison, WI 53706, USA

<sup>2</sup> Nelson Institute Center for Sustainability and the Global Environment, University of Wisconsin-Madison, 1710 University Avenue, Madison, WI 53726, USA





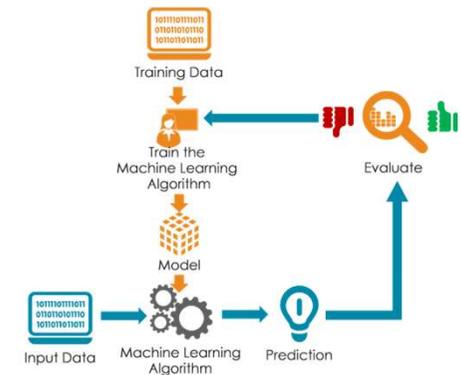
## Construcción del modelo. **Nuestra Receta**

Una vez entendido el problema a resolver y el acceso a la información:

- 1.-Determinación de variables X y obtención desde fuentes.
- 2.-Determinación de variable de salida sobre el que entrenar (y). No necesario en el caso de la clasificación y NS ML
- 3.-Determinación de AOI (tesela que integra el entorno de la ciudad de Salamanca) y formato de datos georeferenciados (vectorial-ráster) en el ejemplo ráster, tesela de 30 m.
- 4.-Recorte de todas las capas al AOI.
- 5.-Rásterización de capas vectoriales. Mapa de calor. Influencia lineal. 200 m.
- 7.-Normalización de valores. Inicialmente valor de 0 a 1 de cada una de las variables a la espera de la evaluación de su resultado.
- 8.-Selección de algoritmo y generación del modelo no supervisado y realizar una clasificación de la ciudad en diferentes ámbitos.
- 9.-Evaluar el resultado y afinar el proceso. Esto se realiza mediante manejo de las variables del algoritmo o mejora y ponderación de variables de acceso, en un proceso circular hasta encontrar un resultado comprensible y exportable. Para considerar esta cuestión debiera intervenir el resto de socios académicos.

### ELABORACIÓN

- 1 - Cortamos el pollo y el conejo a trozos regulares, los salamos, ponemos el aceite a calentar en la paella y lo sofreímos muy bien y lentamente los trozos de carne.
- 2 - Una vez sofrida la carne, añadimos la verdura y la sofreímos.
- 3 - A continuación se añade el ajo, el pimentón y el tomate.
- 4 - Seguidamente se le añaden 2 litros de agua, los caracoles engañados al sol. Todo esto se deja cocer durante 10 minutos.
- 5 - Después se ponen las hebras de azafrán y el arroz repartido por toda la superficie de la paella y se deja cocer a fuego muy vivo durante 8 minutos.
- 6 - A continuación se quita el fuego con la finalidad de que se cueza a fuego lento durante 10 minutos más, para que coja el punto de socarrat.





# ¿Qué ingredientes, cómo los conseguiremos y cómo los preparamos?

Datos públicos de satélites EO.  
Datos abiertos.  
Datos normalizados y replicables. Inspire

**Directos desde la Huerta a tu casa**  
**Información saludable y justa**  
**Compromiso de calidad siempre disponible EU**



## Oportunidad datos de satélites (EO). **Frescos de la huerta a tu casa**



1.-EARTH OBSERVATIONS MISSIONS

Mission	Agency	Service
AGOS	NASA	AGOS: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-2	NASA	AGOS-2: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-3	NASA	AGOS-3: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-4	NASA	AGOS-4: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-5	NASA	AGOS-5: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-6	NASA	AGOS-6: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-7	NASA	AGOS-7: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-8	NASA	AGOS-8: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-9	NASA	AGOS-9: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-10	NASA	AGOS-10: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-11	NASA	AGOS-11: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-12	NASA	AGOS-12: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-13	NASA	AGOS-13: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-14	NASA	AGOS-14: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-15	NASA	AGOS-15: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-16	NASA	AGOS-16: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-17	NASA	AGOS-17: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-18	NASA	AGOS-18: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-19	NASA	AGOS-19: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-20	NASA	AGOS-20: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-21	NASA	AGOS-21: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-22	NASA	AGOS-22: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-23	NASA	AGOS-23: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-24	NASA	AGOS-24: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-25	NASA	AGOS-25: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-26	NASA	AGOS-26: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-27	NASA	AGOS-27: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-28	NASA	AGOS-28: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-29	NASA	AGOS-29: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-30	NASA	AGOS-30: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-31	NASA	AGOS-31: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-32	NASA	AGOS-32: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-33	NASA	AGOS-33: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-34	NASA	AGOS-34: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-35	NASA	AGOS-35: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-36	NASA	AGOS-36: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-37	NASA	AGOS-37: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-38	NASA	AGOS-38: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-39	NASA	AGOS-39: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-40	NASA	AGOS-40: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-41	NASA	AGOS-41: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-42	NASA	AGOS-42: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-43	NASA	AGOS-43: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-44	NASA	AGOS-44: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-45	NASA	AGOS-45: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-46	NASA	AGOS-46: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-47	NASA	AGOS-47: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-48	NASA	AGOS-48: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-49	NASA	AGOS-49: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION
AGOS-50	NASA	AGOS-50: ACQUISITION, GEOSAT, ACQUISITION, WPP, ACQUISITION

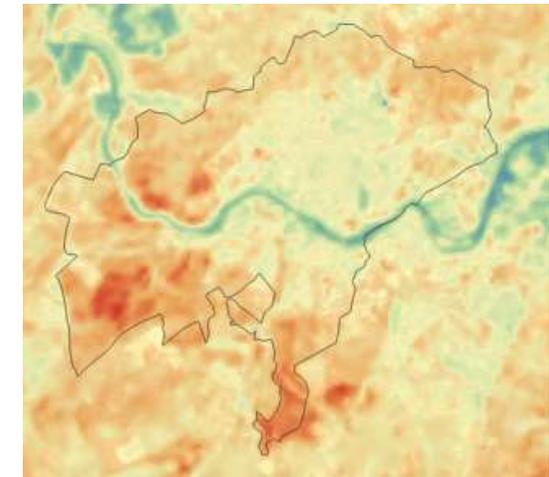


Representación de indicador NVDI de alta resolución en la ciudad de Salamanca. Fuente Copernicus WEKEO en base a datos Sentinel 2

De la conversación continua entre los socios y en particular con la UPV se ha expuesto el interés y la oportunidad con integrar datos de Earth Observation, y el esfuerzo con el programa Copernicus de la UE en las propuestas de análisis urbano en materia de CC, GI, y SE. Entre ellos:

- a.-Sentinel 2 13 bandas del MSI (de 10 a 60 m. de pixel)
- b.-Sentinel 1 SAR (mayor complejidad de interpretación)
- c.-Landsat8 LTS (30 m. periodicidad entre 9 y 7 días).
- d.-Terra Aqua MODIS LST dia noche (1000 m. periodicidad diaria)
- e.-Productos derivados del anteriores como el High Resolution Vegetation Phenology and Productivity del LMS con una frecuencia y resolución alta (Plant Phenology Index (PPI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation (FAPAR) and Leaf Area Index (LAI)).

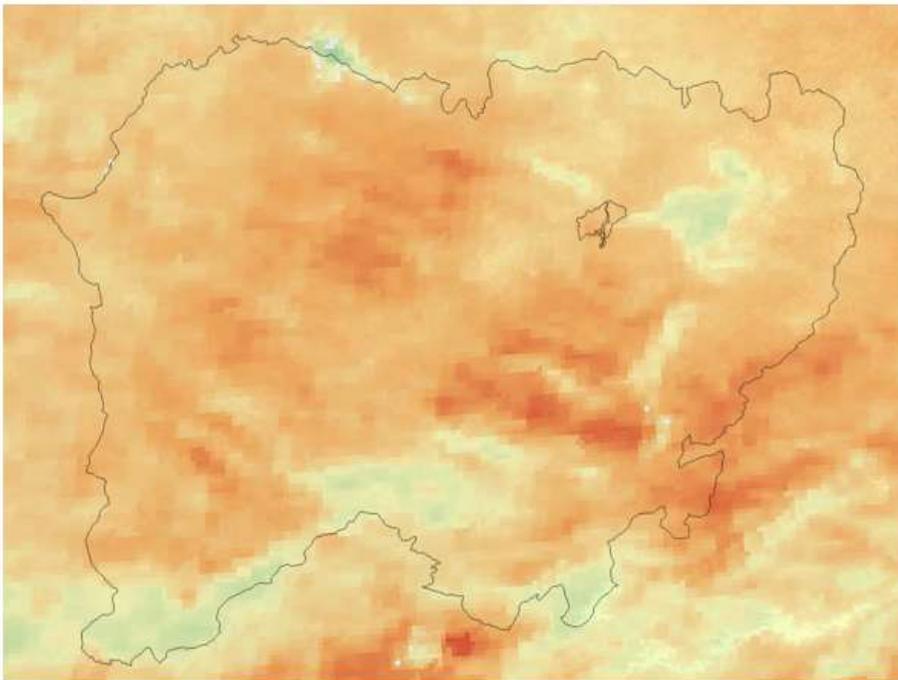
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>



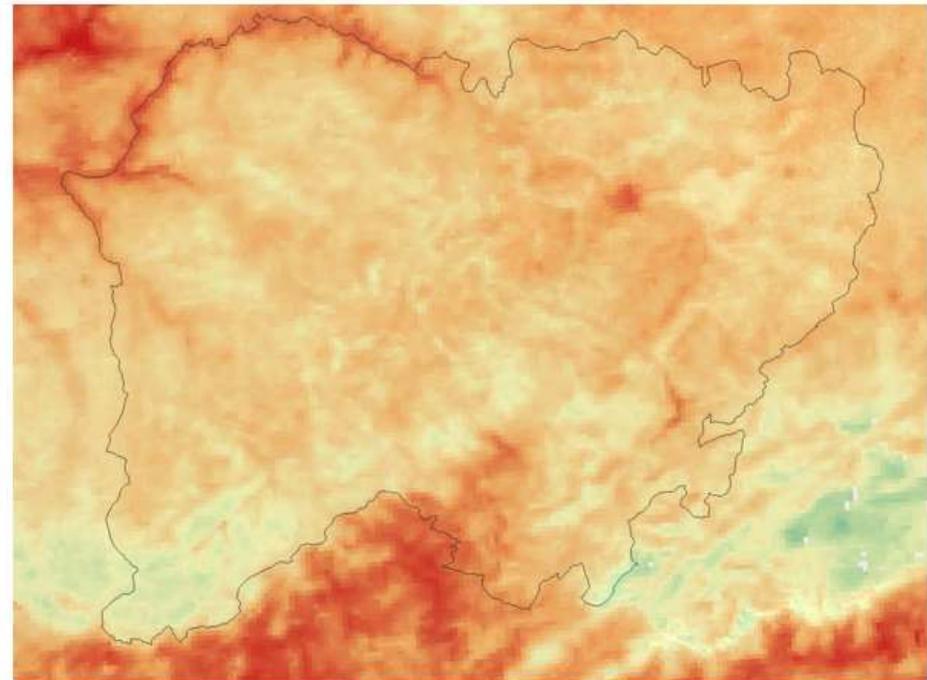
Land Surface Temperature procedente del satélite Landsat en la ciudad de Salamanca. Fuente Elaboración propia en base a datos NASA



Un ejemplo:



TERRA-AQUA Producto MODI 11A1 **DIA** 29 de Julio 2021



TERRA-AQUA Producto MODI 11A1 **NOCHE** 29 de Julio 2021



Fuentes de datos públicas abiertas seleccionadas para clasificar la ciudad (Open Data). **Fuente de información saludable**

Datos de la directiva INSPIRE. Datos homogéneos y normalizados para toda Europa. **Garantía de calidad en un lugar de confianza**



<https://www.idee.es/>



La Directiva Europea Inspire (Directiva 2007/2/CE, Infrastructure for Spatial Information in Europe) establece las reglas generales obligatorias para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea basada en las Infraestructuras de los Estados miembros  
<https://inspire.ec.europa.eu/inspire-directive/2>



<https://www.catastro.minhap.es/webinspire/index.html>



Ingredientes para el prototipo 7 6 variables clasificación urbana orientada a las LCZ. **La lista de la compra**

- 1° **Superficie construida total.** (1 variable) Desde vectorial Mapa de calor 200 m. Campo SUPCONSTT por parcela en la BD DGC
- 2° **Superficie ocupada sobre parcela.** (1 variable). Desde vectorial Mapa de calor 200 m. Campo PARC\_CUB por parcela en la BD DGC.
- 3° **Antigüedad de las construcciones.** (1 variable). Desde vectorial Mapa de calor 200 m. Campo CON\_UNCO1 por parcela en la BD DGC. Ver transformación de 1 a 100.
- 4° **Superficie de uso vivienda por parcela.** (1 variable). M2 de uso residencial. Desde vectorial Mapa de calor 200 m. Campo uso destino vivienda por parcela en la BD DGC.
- 5° **Copenicus** (1 variable). desde Sentinel 2 High Resolution Vegetation Phenology and Productivity del LMS con una frecuencia y resolución alta Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Ver fecha de captura.
- 6° **Landsat 8 Land Temperatura Surface** campo BT10 (1 variable). LC08\_L2SP\_203031\_20210721\_20210729\_02\_T1\_ST\_B10 del 21 de julio de 2021.
- 7° **Arbolado urbano desde inventario municipal.** (1 variable). Desde vectorial Mapa de calor 30 m.

#### INGREDIENTES\* para 4 personas

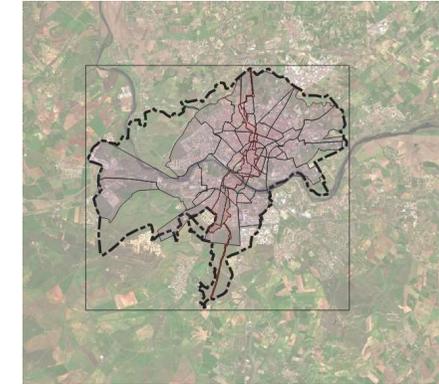
- 400 gr. de arroz de Sueca
  - 800 gr. de pollo
  - 400 gr. de conejo
  - 1 docena docena de "vaquetes" (caracoles)
  - 400 gr. de garrofón
  - 150 gr. de tavella
  - 300 gr. de judías
  - aceite de oliva
  - 1 diente de ajo pelado y picado
  - 1 tomate maduro triturado
  - 1 cucharada de pimentón
  - azafrañ en hebras, sal, ramita de romero
- (optativa)



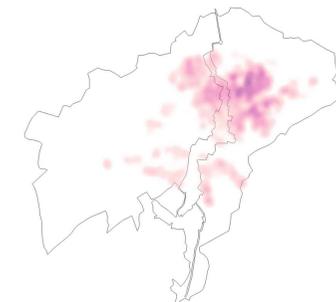
## Preparación y normalización de datos urbanos

**Cortamos la superficie construida de la ciudad en datos de 30 m.**

- a) **Georeferenciación del dato** Debido a la propia escala urbana y de detalle de la actuación, y la existencia de datos, que permite una posible agregación posterior ETRSG 89 HU30 (EPSG 25830-UTM), el WGS84 (EPSG4326-Geográfica),
- b) **Delimitación del área de estudio (AOI).** Se propone un cuadrado de 9.600 m. de lado que incluye el límite municipal de Salamanca. Coordenadas x, y en sistema EPSG 25830:
- c) **Tipo de datos** ráster permite aplicar y sacar el potencial de los algoritmos usuales aplicados en teledetección y Earth Observation, así como en el tratamiento de imágenes. Mapa de calor lineal y 200 m. de influencia
- d) **Granularidad.** Resolución de **30 m. por pixel.** y 102.400 registros de información por término municipal.
- e) **Temporalidad.** Se propone la agrupación de los datos disponibles acorde a medias mensuales normalizadas.



Diferentes ámbitos de estudio en la ciudad de Salamanca. Fuente: Elaboración propia en base a datos IDECyL, Observatorio Urbano de Salamanca

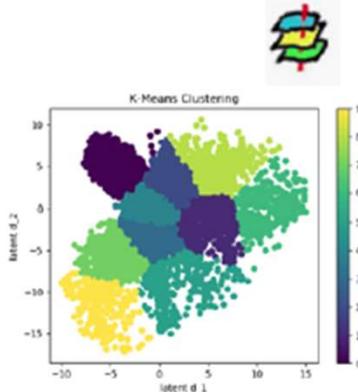
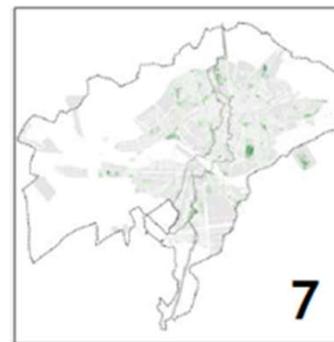
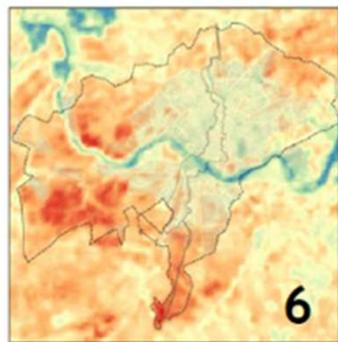
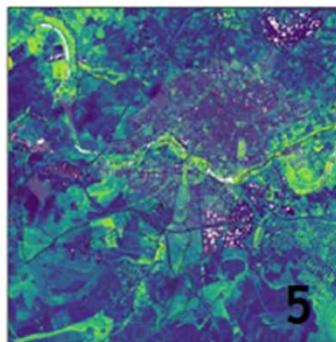
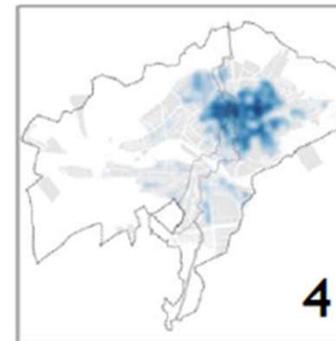
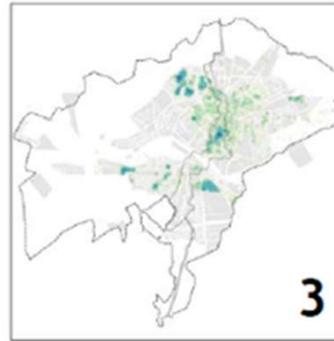
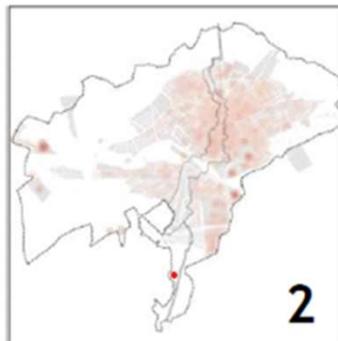
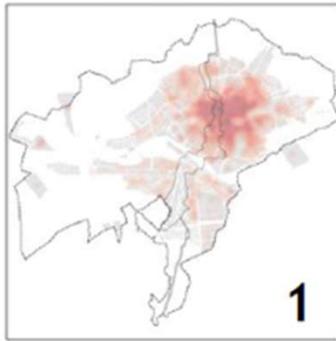


Ejemplo de datos vectoriales y raster geo referenciados. Distribución de la población empadronada. Fuente: Elaboración propia en base a Padrón de Salamanca

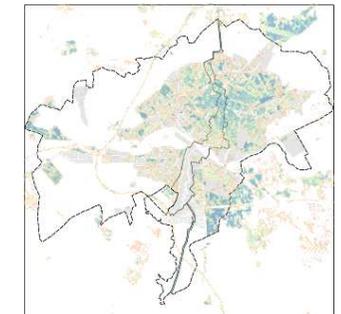


“Mise En place”. Todo preparado

Preparados para cocinar.



8º Capa sellado del suelo e impermeabilidad imperiousness HRL Copernicus.



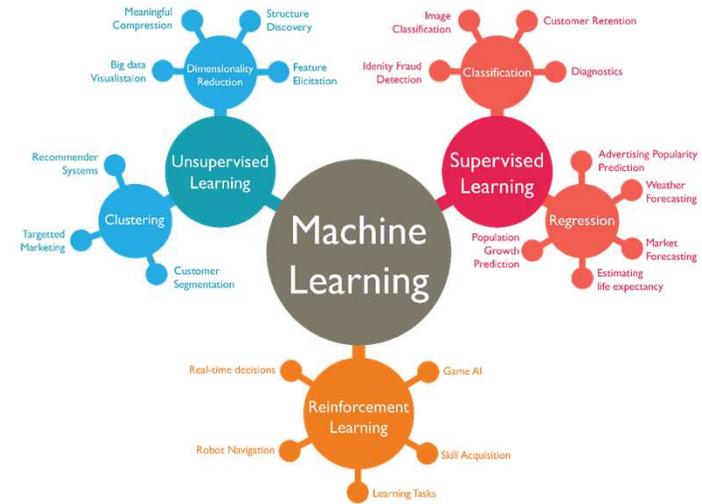
...es el momento de poner el Algoritmo a fuego vivo hasta que hierva



# ¿Cómo los cocinamos?

Asados al horno, fritos, cocidos, baja temperatura, microondas, baño maría...

No hay tiempo y somos novatos:  
**Robot de cocina** (Non supervised-Clustering)





# Clustering K-means 102.400 puntos x 7 atributos

- 200 gr. de arroz
- 20 Minutos
- Programa 1
- 100°
- 1 Litro de agua en la cubeta

Valores de las variables normalizadas por cada punto

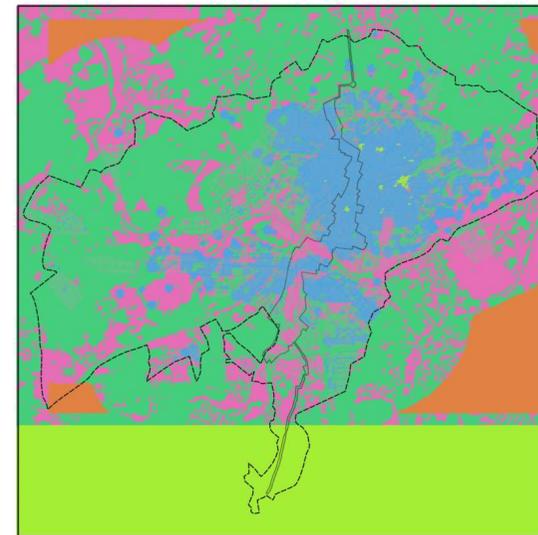
	1_SUPCONST	2_SUPOCUPA	3_AÑOS_20	4_RES_SUM	5_NVDI_AO	6_LC08_202	7_ARBOL_IN
19	167748,90625	19042,46094	2,59807	118154,10156	0,02033	0,48837	0
10	167684,37500	21396,87500	0,9737	111834,51563	0,12549	0,50178	0,25412
31	167579,87500	19528,06641	2,66986	114254,36719	0,07001	0,47967	4,06559
22	167372,75000	21964,74805	1,46188	112035,85156	0,17306	0,50407	0
23	167313,10938	19938,91602	1,84437	114406,21094	0,06306	0,46695	0,92831
34	167311,59375	20715,10156	2,18050	112343,77344	0,03998	0,48287	0,00305
35	166474,21875	20064,51758	1,33598	110440,10938	0,33999	0,46958	4,04171
36	166209,50000	18905,52344	2,85726	117468,85156	0,13208	0,49376	0,02298
27	166082,64063	18641,37891	1,80831	118773,91406	0,08475	0,49788	0,48749
18	165897,26563	22327,45898	2,25632	112492,29688	0,15385	0,49845	0
39	165834,76563	22839,25781	3,13323	113416,88281	0,06353	0,48007	0
10	165709,64063	22761,74023	1,77948	112610,10938	0,11334	0,48138	0
11	165452,57813	22264,56445	3,79646	112710,53125	0,14654	0,50246	0
12	165304,51563	20612,65430	1,53146	108118,36719	0,07016	0,47062	0
3	165301,28125	21680,63872	2,96913	110292,23438	0,14948	0,50418	0
4	165169,67188	21190,17578	2,43733	108053,64844	0,07843	0,49708	0
5	164725,71875	22218,77344	5,33484	93524,08594	0,10092	0,49456	0
16	164461,92188	18745,55664	3,89417	116370,98438	0,14388	0,49788	4,81574
7	163854,71875	18854,55469	2,60287	115856,75781	0,13213	0,49765	4,93114
18	163817,31250	18434,02344	3,48040	115030,46875	0,1776	0,47188	1,48867
9	163740,40625	21778,27930	3,36031	93751,32813	0,11647	0,49273	0
10	163520,75000	22736,81445	4,42779	113048,57813	0,20073	0,4776	0
11	163520,53125	22602,86133	6,54212	89514,99219	0,10261	0,49513	0
12	163396,84375	18683,68359	3,33955	114465,84375	0,18399	0,46397	7,57403
3	163345,43750	18427,61523	3,38206	115958,28125	0,08161	0,49788	5,00208
14	163196,23438	22305,27148	7,52337	90165,79688	0,12831	0,49238	0



Ventana de algoritmo K-Mens en Qgis en apoyada en la biblioteca Python SciPy

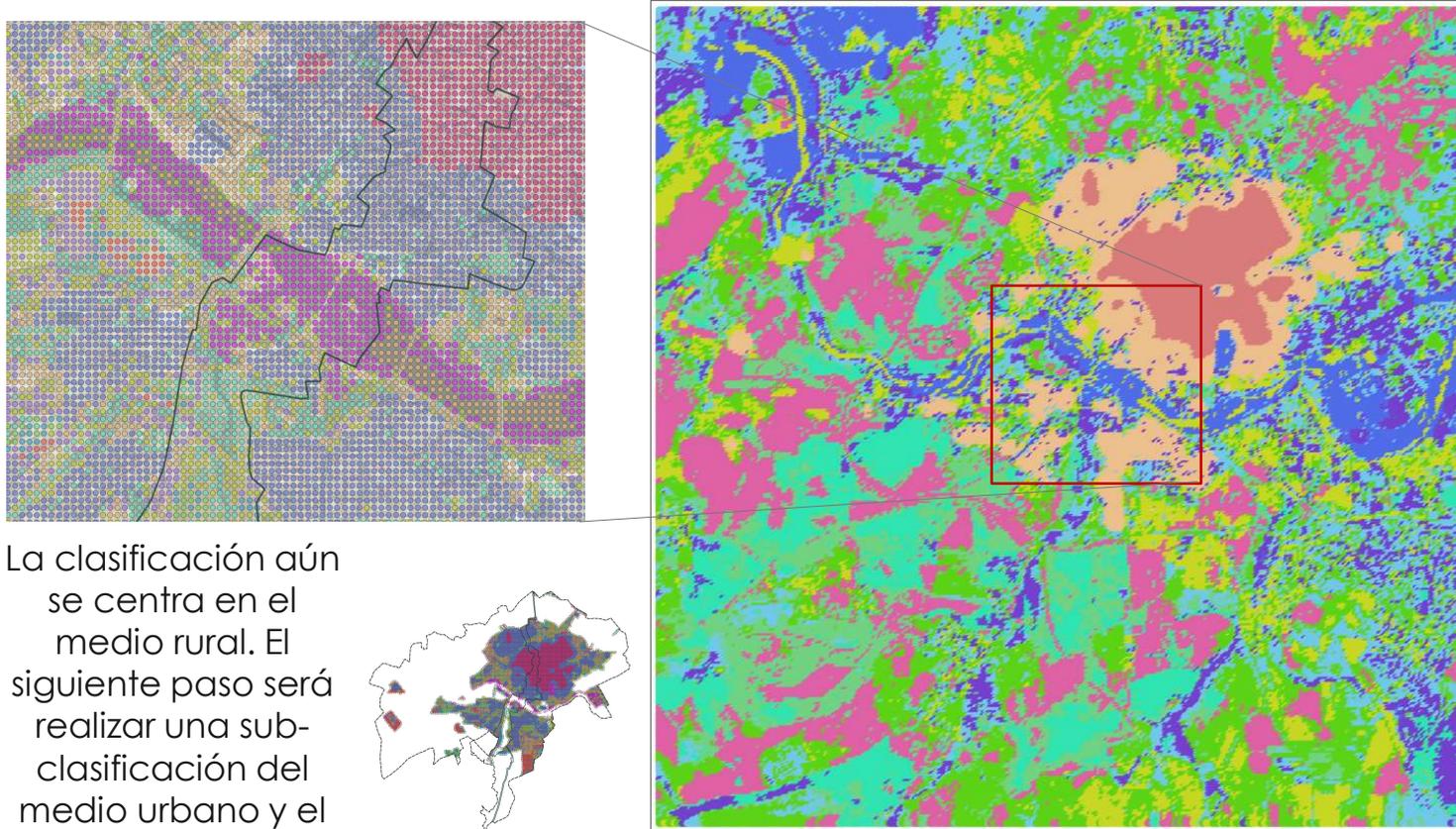


Iter 15 Resultado después de 4 horas. Problemas de normalización. 10 Clases!!!

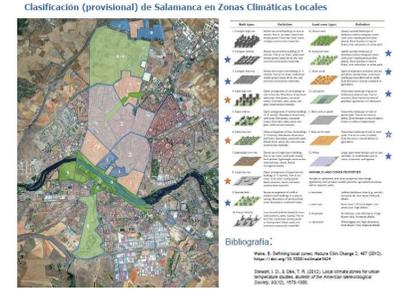
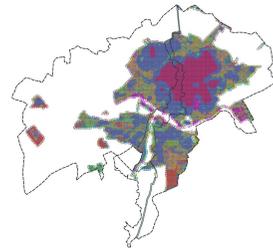




# Clustering K-means. Iter 2 10 Clases

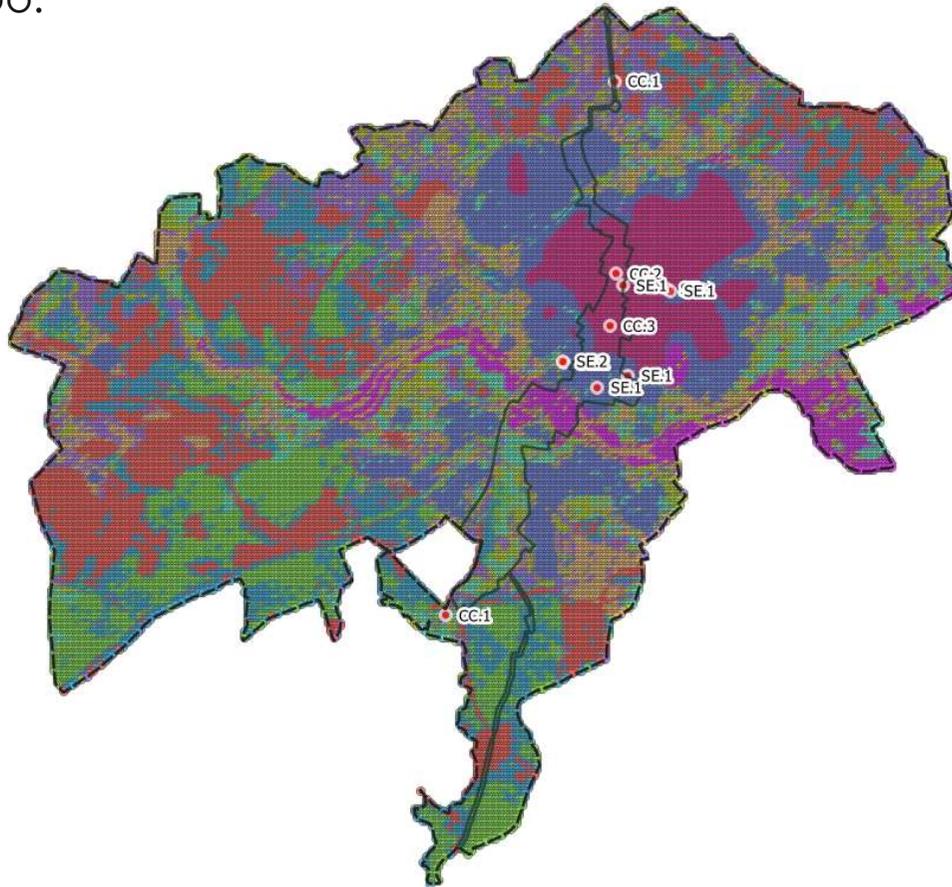


La clasificación aún se centra en el medio rural. El siguiente paso será realizar una subclasificación del medio urbano y el rural por separado



# Acción C1

Sigue la cocción con la participación del equipo:



Resultados sobre el término municipal.

Con el objetivo de emplear este modelo para acotar el área de interés al área urbana, se llevan a cabo varias simulaciones, teniendo en cuenta la importancia de las variables que más peso pueden tener en el clustering que se desea obtener. Se considera que el clustering que mejor caracteriza esta área, es el que se muestra en la Figura 5. En esta simulación se ha aplicado un peso de la variable SUPCONST (superficie construida) diez veces superior al resto de variables. Con lo obtenido en este clustering se selecciona el área definida por los clústeres 0 y 2 como el área considerada como urbana.

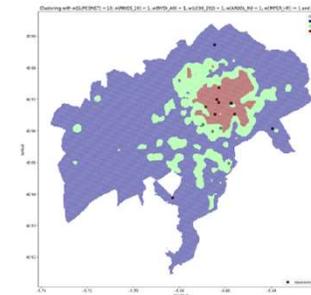
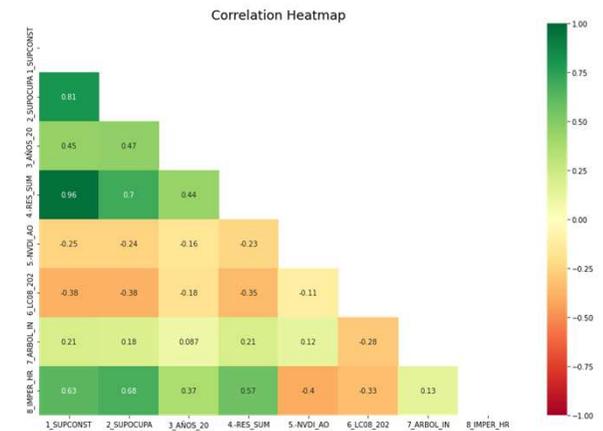


Figura 5. Clustering del término municipal de Salamanca, K=3.





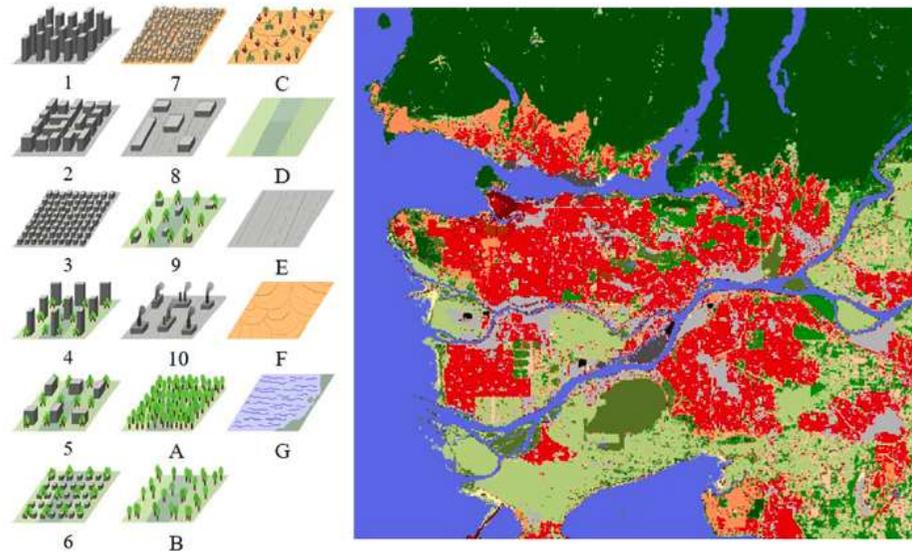
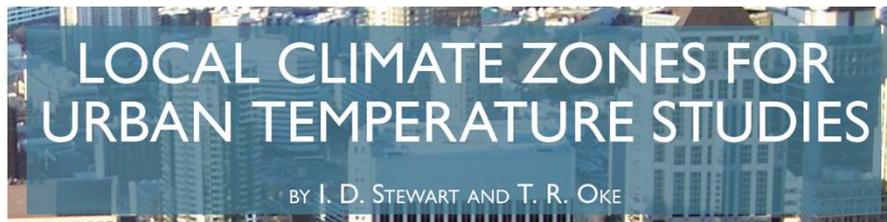
# Tiene buena pinta, pero: ¿sabe bien?, ¿es saludable?...es útil



Atención al truco del autómata turco



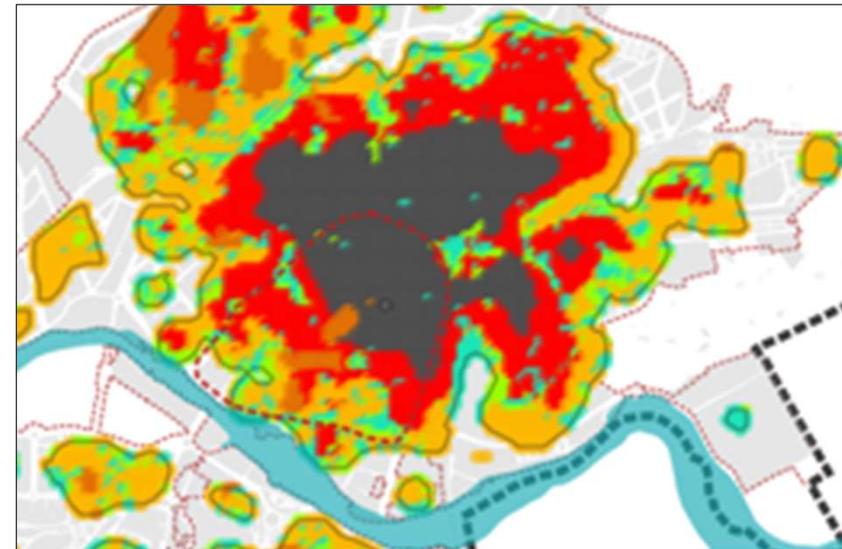
Ya tenemos nuestro plato acorde a los objetivos



Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012).

### CARACTERIZACIÓN URBANA DE LAS ÁREAS RESULTANTES DEL MODELO ML

LIFE19 CCA/ES/001188 Vía de la Plata





Durante el proceso nos hemos dado cuenta de la potencialidad del análisis urbano con este tipo de métodos

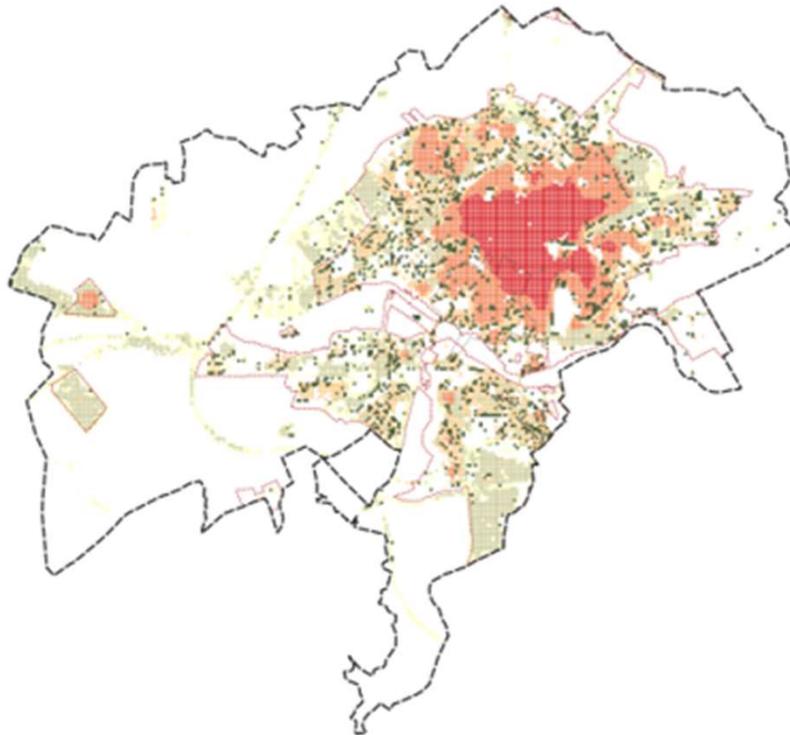
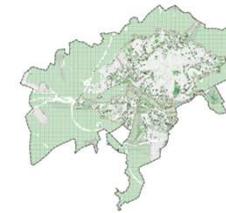


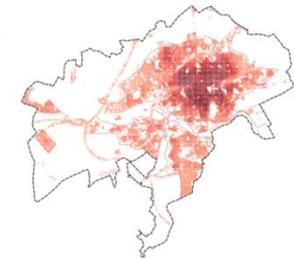
Ilustración 5 Nueva clasificación de la zona urbana después de las correcciones efectuadas. Fuente: Elaboración propia

Zonas favorables



Un ejemplo es la combinación de las zonas consideradas como rurales y su combinación con las clases que se caracterizan por mayor presencia de zonas verdes. El resultado ya permite evaluar las zonas de mayor interés de intervención para el avance de la infraestructura verde en red.

Zonas desfavorables



En contraste con lo anterior, se ha realizado otro tipo de análisis a partir de los centroides de la clase predominante y central. A este respecto recordar que mediante el algoritmo de Clustering K-Means, no solo se estima la agrupación de elementos en base a sus características, sino que además de la clase se realiza una estimación desde cada elemento a ese centroide, lo que permite clasificar cada elemento analizado según lo cerca que se encuentra de las características de dicho centroide. Analizando el conjunto de la muestra en base a las distancias a la referencia de la zona central podemos evaluar aquellas zonas que disponen de esas características y cuales se encuentran más alejadas. El gráfico que se muestra es un ejemplo de lo mismo.

Conjunto histórico



Para finalizar este documento exponer también el interés novedoso de aplicar estos métodos en el análisis comparado de la ciudad en relación con las zonas relevantes de patrimonio cultural. En la imagen siguiente las zonas del entorno del Plan de Gestión, y del Conjunto Histórico BIC, junto con las clases de mayor interés ambiental de la clasificación y con la capa de variable de arbolado público.



# Con una caracterización urbana orientada a la evaluación de la Isla de Calor y la adaptación al cambio climático con datos abiertos, EO, e Inspire, en base a procedimientos de Machine Learning. ¿Pero eso es todo?

Caracterización urbana de las áreas resultantes del modelo de ML para LCZ Abril 2022

Zona: 1  
Nombre:

Clase en modelo: 1  
**Zona central densa**

Caracterización urbana de las áreas resultantes del modelo de ML para LCZ Abril 2022

Zona: 2  
Nombre:

Clase en modelo: 5  
**Ensanches densos**

Caracterización urbana de las áreas resultantes del modelo de ML para LCZ Abril 2022

Zona: 5  
Nombre:

Clase en modelo: 2-3  
**Espacios libres arbolados**

DESCRIPCIÓN	Área (m <sup>2</sup> )	Nº puntos	%
1.488.600	1654	17%	

Zona transformada del centro tradicional al norte de la Plaza Mayor y primeros ensanches de gran densidad constructiva y residencial, al norte.

VARIABLES EN MODELO	
1-Superficie construida DGC	292.227,159
2-Superficie ocupada DGC	23.142,914
3-Antigüedad de la construcción DGC (NO INCL)	4.299
4-Uso residencial DGC (NO INCL)	147.507,522
5-NVDI Copernicus	242
6-LANDSAT LST	734
7-Inventario arbolado municipal	2.159
8-Impermeabilidad HRL Copernicus	1.163

OTRAS VARIABLES DESTINO DGC	
Destino residencial	1.142
Destino aparcamiento	1.244
Destino comercial	893
Destino oficina	250
Destino industrial	17
Destino hostelería	616
Destino alojamiento	603

OTRAS VARIABLES PADRON 2020	
Número de personas empadronadas	1.358.223
Índice de personas mayores	789,169
Índice de elementos catalogados	324
Índice de equipamientos	453
Índice de espacios libres públicos	220



DOCUMENTACION FOTOGRAFICA DE ZONAS TIP



DESCRIPCIÓN	Área (m <sup>2</sup> )	Nº puntos	%
1.849.500	2055	21%	

Segundo crecimiento más ordenado, y espacios transformados con menor densidad.

VARIABLES EN MODELO	
1-Superficie construida DGC	198.440,625
2-Superficie ocupada DGC	31.022,409
3-Antigüedad de la construcción DGC (NO INCL)	4.485
4-Uso residencial DGC (NO INCL)	109.127,258
5-NVDI Copernicus	244
6-LANDSAT LST	930
7-Inventario arbolado municipal	3.557
8-Impermeabilidad HRL Copernicus	1.349

OTRAS VARIABLES DESTINO DGC	
Destino residencial	976
Destino aparcamiento	1.070
Destino comercial	491
Destino oficina	97
Destino industrial	27
Destino hostelería	318
Destino alojamiento	321

OTRAS VARIABLES PADRON 2020	
Número de personas empadronadas	1.800.449
Índice de personas mayores	558,787
Índice de elementos catalogados	158
Índice de equipamientos	575
Índice de espacios libres públicos	434



DOCUMENTACION FOTOGRAFICA DE ZONAS TIP



DESCRIPCIÓN	Área (m <sup>2</sup> )	Nº puntos	%
1.868.400	2076	21%	

Unificación de los modelos 2 y 3. Tejidos urbanos de mayor presencia de espacios no construidos y arbolados. Recordar que se han quedado fuera los espacios asimétricos a entorno rural.

VARIABLES EN MODELO	
1-Superficie construida DGC	94.214,364
2-Superficie ocupada DGC	22.886,143
3-Antigüedad de la construcción DGC (NO INCL)	1.753
4-Uso residencial DGC (NO INCL)	51.705,154
5-NVDI Copernicus	887
6-LANDSAT LST	941
7-Inventario arbolado municipal	8.809
8-Impermeabilidad HRL Copernicus	431

OTRAS VARIABLES DESTINO DGC	
Destino residencial	508
Destino aparcamiento	705
Destino comercial	206
Destino oficina	57
Destino industrial	50
Destino hostelería	130
Destino alojamiento	189

OTRAS VARIABLES PADRON 2020	
Número de personas empadronadas	848.800
Índice de personas mayores	216,803
Índice de elementos catalogados	73
Índice de equipamientos	459
Índice de espacios libres públicos	508



DOCUMENTACION FOTOGRAFICA DE ZONAS TIP



Documento Noviembre 2022 V.1



Documento Noviembre 2022 V.1



Documento Noviembre 2022 V.1

## LCZ COMPACT HIGH-RISE

**DEFINITION**

**Form:** Dense mix of tall buildings to tens of stories. Buildings free-standing, closely spaced. Buildings variable in height. Sky view from street level significantly reduced. Steel, concrete, and glass construction materials. Land cover mostly paved. Few or no trees. High space heating/cooling demand. Heavy traffic flow. **Function:** Commercial (office buildings, hotels); residential (apartment towers). **Location:** Core (central business district, "downtown"); periphery. **Correspondence:** UCZ1 (Oke 2004); Dc1 and Dc8 (Elfesen 1990/91).

**ILLUSTRATION**

**High angle**

**Low level**

**PROPERTIES**

**Sky view factor**  
0.2 - 0.4

**Canyon aspect ratio**  
> 2

**Mean building height**  
> 25 m

**Terrain roughness class**  
8

**Building surface fraction**  
40 - 60%

**Impervious surface fraction**  
40 - 60%

**Permeous surface fraction**  
< 10%

**Surface admittance**  
1,500 - 1,800 J m<sup>-2</sup> s<sup>-12</sup> K<sup>-1</sup>

**Surface albedo**  
0.10 - 0.20

**Anthropogenic heat flux**  
50 - 300 W m<sup>-2</sup>

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012).



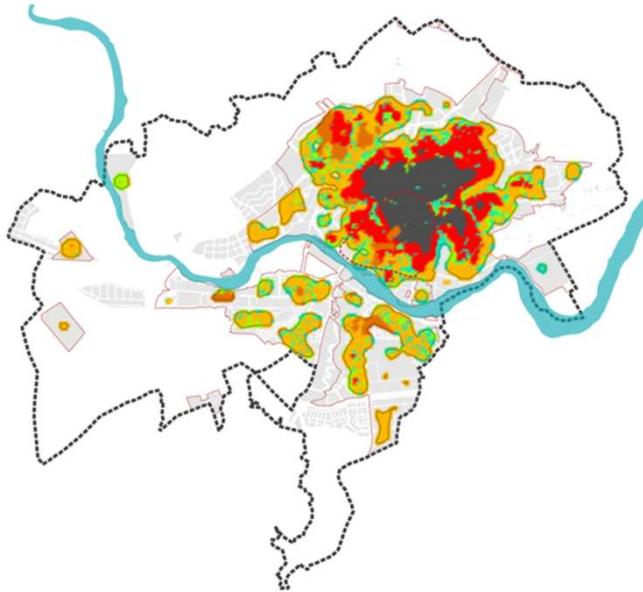
...nos encontramos a la espera de la **cata y degustación**, el **contraste experto** y el **“peer review”**, la **comprobación de los datos cuantitativos in-situ** con la **sensorización Smart-city (MES)**, y la **evaluación de la replicabilidad del modelo**.



Imagen de sensor de las estaciones MES a instalar en el recorrido del LIFE Vía de la Plata



*bon appétit!*



[www.lifeviadelaplata.com](http://www.lifeviadelaplata.com)

[info@lifeviadelaplata.com](mailto:info@lifeviadelaplata.com)



Gobierno de Navarra  Nafarroako Gobernua



**N** LIFE NADAPTA

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología



*¡Muchas gracias por la atención!*



**Vía**  
DE LA  
**PLATA**

**Savia**  
Red verde  
Salamanca

----- [www.lifeviadelaplata.com](http://www.lifeviadelaplata.com) -----

info@lifeviadelaplata.com