

# Resumen - Tesina Máster SIG

**ESTUDIO DE INDICADORES AMBIENTALES MEDIANTE  
IMÁGENES HIPERESPECTRALES PARA LA EVALUACIÓN DEL  
IMPACTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL ESTADO DE LA  
VEGETACIÓN Y DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

**Máster en Sistemas de Información Geográficos**

**Tech Talent Center - UPC School**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH**

**Autor: Javier García Robles**

**Tutora: Blanca Botey Sánchez de Rojas**

**Promoción: 2017-2019**

## 1. Introducción

Los estudios de variación climática o ambientales mediante imágenes de satélite generalmente están enfocados a indicadores individuales (índices de vegetación, variación de temperatura de la superficie, humedad de la superficie y pérdida de superficie forestal, coeficientes de zonas quemadas, extensión de recursos hídricos, etc.). Dichos estudios difícilmente combinan diferentes tipos de información para establecer una afectación final teniendo en cuenta diversos parámetros y ponderándolos en uno final que pueda resumir la situación global de una zona o región teniendo en cuenta las características del tipo de superficie analizada.

La presente tesina titulada ESTUDIO DE INDICADORES AMBIENTALES MEDIANTE IMÁGENES HIPERESPECTRALES PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL ESTADO DE LA VEGETACIÓN Y DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, pretende hacer una aproximación multicapa combinando diferentes tipos de información geoespacial de naturaleza y formato distinto para el estudio de delimitación de áreas con degradación forestal, proponiendo como novedad una combinación de seis índices espectrales diferentes y el resumen de los mismos en un índice apropiado para medir la degradación forestal y otro índice apropiado para resumir la evolución de los recursos hídricos.

Para realizar dicho estudio, se ha escogido la zona del Algarve, al sur de Portugal, que sufrió un incendio severo en agosto de 2018 en la Sierra de Monchique y que se extendió hacia el sur-este rápidamente debido a los fuertes vientos afectando más de 25 mil hectáreas y dejando atrás cientos de desplazados y daños económicos innumerables. La propuesta ha sido estudiar si en esa zona existía degradación forestal, tal y como se apuntó desde la asociación ecológica Quercus que permitiera prever que era una zona de alto riesgo y por lo tanto tener mayores precauciones y posibles medidas de mitigación adicionales.

## 2. Objetivos y alcance

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), adscrita al Ministerio para la Transición Ecológica, acaba de presentar un avance de los datos del Open Data Climático, que se publicará en abril de 2018 con las evidencias más relevantes de los impactos del cambio climático en España en los últimos 40 años, que ponen de manifiesto que hay más de 32 millones de personas directamente afectadas por sus consecuencias. Según el informe el verano es cada vez más extenso y cálido. En concreto la estación se ha alargado, de media, unos 9 días por década. De esta forma, el periodo estival actual abarca prácticamente 5 semanas más que a comienzos de los años 80.

A partir de este claro ejemplo de integración de datos de naturaleza diferente, se ha pensado en elaborar a partir de información de imágenes Landsat, capas de coberturas de terreno y unidades administrativas, dos índices de calidad ambiental. El primero y foco principal de este estudio sería el índice de calidad ambiental forestal, que reflejara la afectación del cambio climático en la vegetación y masas forestales con el objetivo claro informativo de

vulnerabilidad/propensión de una zona a sufrir incendios y de destacar otras posibles alteraciones ambientales. Adicionalmente se quiere usar también la información conjunta para presentar la idea de un índice de calidad de recursos hídricos, pero dándole un menor énfasis dentro del proyecto.

La problemática de interés geoespacial que se ha detectado como necesaria e interesante de profundizar es cómo evaluar, procesar y finalmente mezclar datos de naturaleza distinta con el fin de poder obtener información relevante a diferentes niveles de abstracción. A partir de este índice a nivel continuo, se ha buscado representarlo a nivel multiescalar.

Algunos de estos datos han sido difíciles de obtener, por lo que el presente proyecto, ha tenido una parte importante de selección y colección de los datos adecuados para dar sentido y coherencia a la información final presentada. Es importante recalcar que, dentro del estudio, se incluyen fundamentos estadísticos para sostener la base científica en el que se apoya la metodología, aparte de los diferentes estudios validados y de uso diario de índices espectrales.

### 3. Ámbito del estudio

#### 3.1. Área de interés

El ámbito del estudio de esta tesina se centra en la zona del Algarve, en el sur de Portugal. Concretamente se quiere estudiar la zona de la Sierra de Monchique, parte de la red Natura 2000 PTCO0037 Monchique, que durante la primera quincena de agosto de 2018 sufrió un incendio forestal devastador y que recurrentemente suele sufrir incendios severos tal como ocurre generalmente en el sur de Portugal durante los meses de verano.

El incendio se inició, aproximadamente a las 13 horas del día 3 de agosto de 2018 y fue dominado durante la mañana del día 10 de agosto. Sin embargo, no fue erradicado en su totalidad hasta el 18 de agosto de 2018. El incendio tuvo inicio en la localidad de Perna da Negra, en el concelho de Monchique y posteriormente se extendió a parte de los municipios de Silves y Portimão. El incendio se saldó con 41 heridos y cerca de 27 000 hectáreas de área quemada durante los siete días de duración.



Figura 3-1: Las llamas del incendio alcanzando a la población de Monchique el día 6 de agosto de 2018. En aquel momento afectaba ya a las comarcas de Monchique, Silves, Odemira y Portimão.

#### 3.1. Recopilación de datos

Para poder obtener realizar el estudio ambiental se precisa partir de datos crudos que nos permitirán procesar, mezclar y finalmente analizar los diferentes datos procedentes de fuentes y naturaleza distinta.

## Capas administrativas

En Portugal existen Distritos Administrativos y Judiciales. Los Distritos Administrativos, constituyen la división administrativa de Portugal Continental, estando subdivididos en Municipios, que también están subdivididos a su vez en Freguesias). Se utilizará la capa vectorial que divide el territorio en estas unidades administrativas.

## Imágenes Landsat

Una de las informaciones básicas es la información proveniente de satélites hiperespectrales que reflejen la magnitud geofísica en diferentes momentos temporales de las diferentes coberturas del suelo.

Se descargaron diferentes imágenes multibanda LANDSAT cubriendo la zona de interés. Por otro lado, se recopilaron datos de temperatura media, máxima y mínima los días de adquisición de las imágenes LANDSAT en las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona estudiada y se cruzaron ambas informaciones. La Tabla 3-1 muestra los datos que ayudaron a la selección de las imágenes más idóneas en condiciones climatológicas y estacionales para poder ser comparadas.

	Imagen Histórica	Imagen Pre-evento	Imagen Post-evento
Fecha y hora	1986	2017	2018
Sensor	LANDSAT 7	LANDSAT 8	LANDSAT 8
Estación	Verano	Verano	Verano
Temperatura media del día	24.8°C	24.1°C	22.1°C

Tabla 3-1: Imágenes usadas para estimar la evolución ambiental histórica en la zona del Algarve.

## Capa Corine Land Cover

Se trata de un inventario de tipos de cubierta de suelo, clasificación en 44 clases distintas, cuya unidad mínima cartografiada Minimum Mapping Unit (MMU) por defecto son 25 hectáreas. La capa Corine nos permitirá clasificar el mapa de cubiertas en diferentes clases genéricas y agrupar los resultados espacio-temporales coherentemente en función de la cobertura concreta que analizamos.

### 3.1. Jerarquía de la información propuesta

Este proyecto se ha planteado siguiendo una jerarquía de información, partiendo desde el nivel de información más crudo que son las imágenes LANDSAT y los índices espectrales calculados individualmente para cada imagen, científicamente avalados y que están relacionados con la respuesta geofísica del terreno, pasando por un nivel 1 que correspondería a analizar esta información teniendo en cuenta el mapa de cubiertas que ofrece la capa Corine, hasta un

segundo nivel donde se mostrarían una tematización en función de la degradación ambiental a nivel regional, usando las divisiones administrativas de Portugal (freguesías).

Una vez alcanzado el nivel dos, se plantea desarrollar una metodología que evalúe la degradación ambiental que ha podido sufrir una zona forestal o recurso hídrico en un periodo de tiempo determinado, mediante técnicas de comparación de cambios. Este último análisis, tiene como objetivo representar de una manera entendible a actores de decisiones y ver regiones con vulnerabilidades y afectaciones ambientales, evaluado en un periodo temporal significativo o donde haya podido ocurrir un evento disruptivo que impacte en la calidad ambiental de la zona. Esta información se va a trasladar a un nivel administrativo mediante mapas y visores que ofrezcan información fácilmente interpretable por parte de la población no acostumbrada a trabajar con datos GIS, pero que si pueden tomar decisiones político-ambientales.

En la Figura 3-2 se ofrece un esquema resumen del proceso jerárquico de niveles

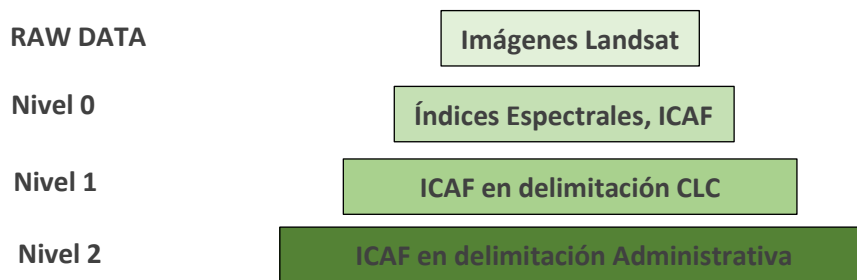
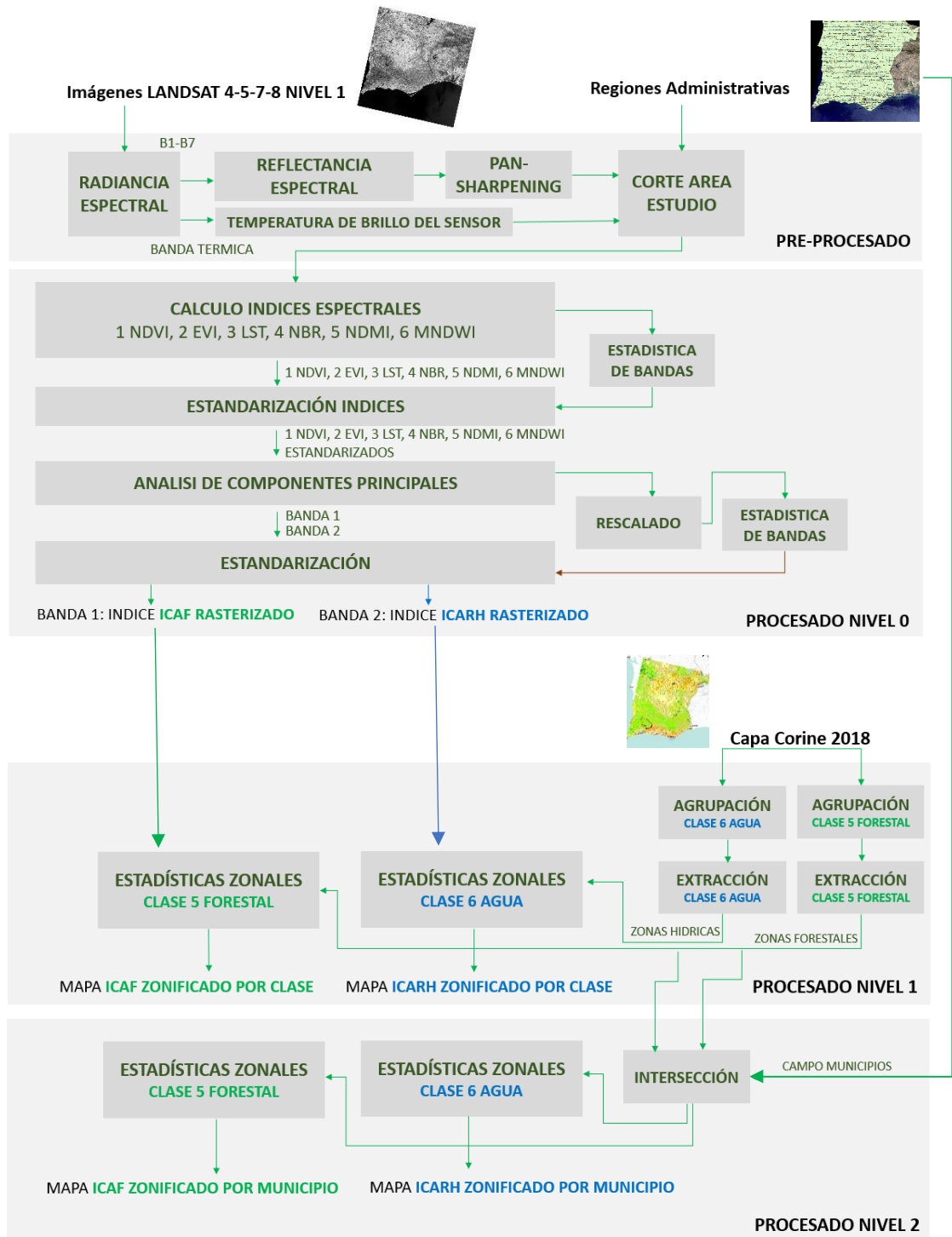


Figura 3-2: Resumen de la jerarquía de niveles de información propuesta en el proyecto.

## 4. Metodología

La metodología seguida en la presente tesina se ha dividido en cuatro grandes bloques. El pre-procesado o preparación de las diferentes bandas espectrales de las imágenes Landsat. El procesado nivel 0 que es la propia extracción, cálculo de los diversos índices espectrales, pruebas de diferentes combinaciones y la eventual estimación de los mismos en un único índice ambiental. El procesado nivel 1 consiste en trasladar esta información continua y detallada que puede proporcionar un estudio ráster multibanda a un nivel de resumen mayor delimitando las zonas de clasificación al tipo de coberturas forestales de la capa Corine y trabajando ya en formato vectorial. Por último, el procesado nivel 2, consiste en una zonificación de la información anterior a un nivel jerárquico mayor, clasificando mediante unidades administrativas (freguesías), siguiendo trabajando en formato vectorial.

Diagrama de trabajo de la metodología:



#### 4.1.1. Obtención de los índices ICAF e ICARH

Una vez obtenido el ráster de salida, resultante de realizar el análisis de componentes principales, de N dimensiones que son las mismas que el número de índices espectrales de entrada que resume. En este caso estamos operando con 6 índices espectrales, por lo tanto, el espacio vectorial de la salida será de 6 bandas.

Se identifican las dos primeras bandas como las vitales para poder resumir la información. Estas bandas corresponderán respectivamente al ICAF e ICARH. Se bautiza la banda número 1 del PCA como ICAF, donde los valores altos corresponderán a valores de vegetación vigorosos y a condiciones ambientales favorables y los valores bajos responderán a zonas de baja o nula respuesta de vigorosidad de la vegetación. Por otro lado, la banda número 2 del PCA será el ICARH, o la homóloga a la anterior para los recursos hídricos. Véase Figura 4-1.

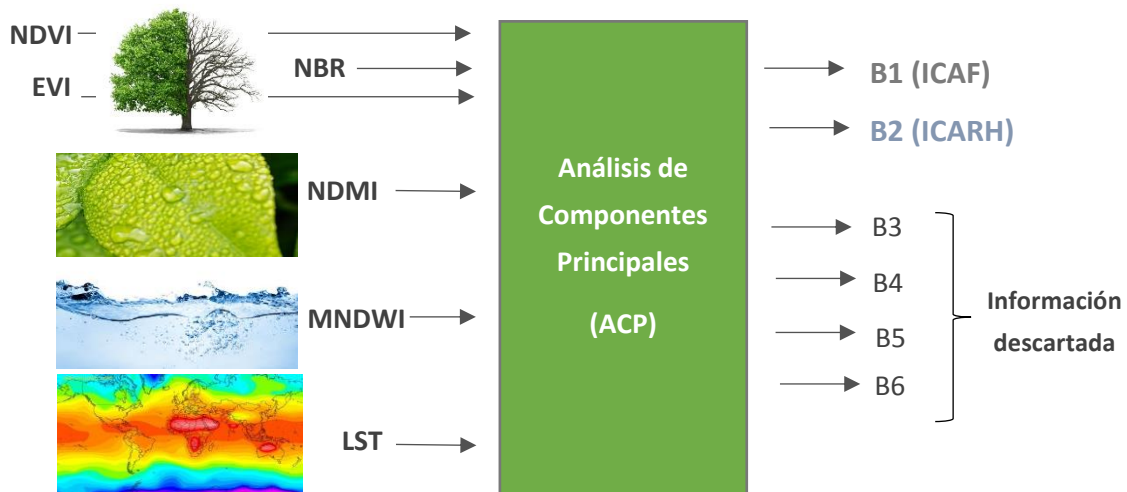


Figura 4-1 Esquema de la entrada y salida del paso de Análisis de Componentes Principales (ACP).

Para comprobar que los índices ICAF e ICARH resumen los índices asociados a la vegetación y agua respectivamente, se realiza el paso de comprobación de estadística de bandas, incluyendo los 6 índices espectrales y la banda 1 y 2 del Análisis de Componentes Principales (ACP o PCA). El resumen estadístico permite comprobar la correlación cruzada entre los diferentes índices entre ellos y la correlación cruzada de los mismos con las bandas del ACP. Si esta correlación es alta entre los índices NDVI, EVI, NDMI, LST y NBR con el ICAF, el resultado arrojaría una buena integración o fusión en uno solo. Se puede observar también si la banda 2 tiene una buena correlación con la banda MNDWI, y por lo tanto es viable para estimar la evolución de los recursos hídricos.

## 5. Resultados

Antes de empezar a evaluar los índices conjuntamente y estandarizar, se buscó entender que era lo que se estaba midiendo exactamente. Para ellos se hizo una detección de cambios en los seis índices espectrales estudiados. Algunos de ellos eran muy reveladores, como por ejemplo el cambio en el nivel del NBR entre 2017 y 2018 o el aumento de temperatura en la zona del incendio debido a las brasas (véase Figura 5-1).

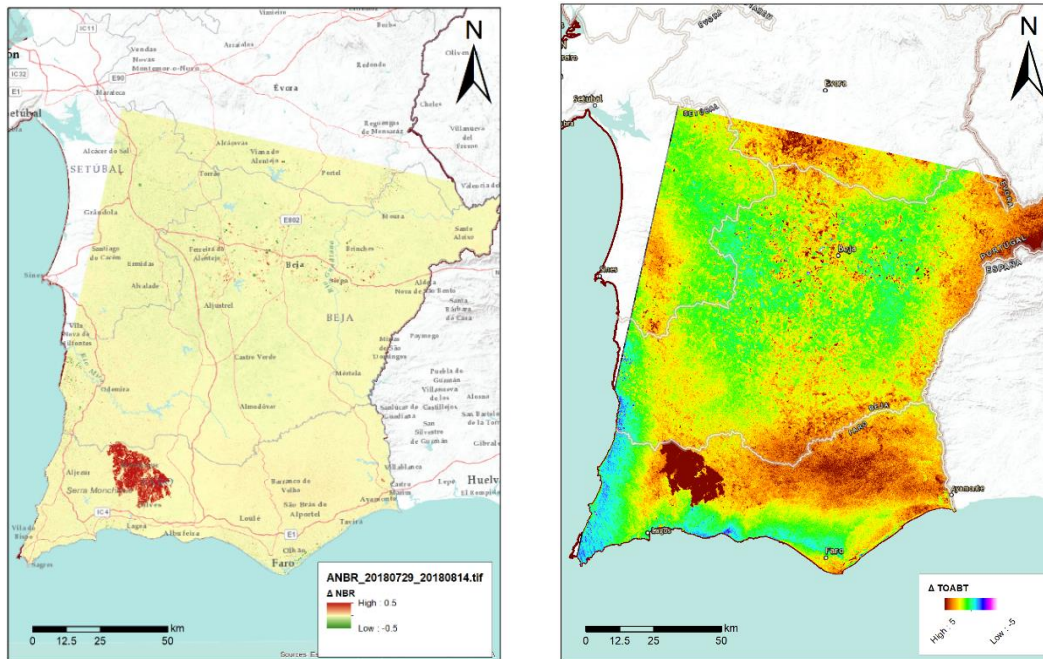


Figura 5-1: Incremento del NBR entre final de julio de 2018 y mediados de agosto de 2018 en la zona del incendio (a) y diferencia de temperatura entre las mismas fechas (b), donde se aprecia la zona del incendio como una superficie en brasas con temperatura entre 15 y 20 grados por encima de la situación en 2017.

La Figura 5-2 muestra la diferencia del ICAF entre julio de 1986 y agosto de 2017, en un zoom general mientras que el zoom concreto se centra en la zona que ardería un año más tarde. Se aprecia degradación posiblemente precursora en la zona de la Sierra de Monchique, destacada en tonos naranjas y rojos. Se observa pérdida de calidad ambiental forestal también en algunas zonas al norte de Beja.

Una vez obtenidos los resultados a nivel de cobertura de suelo, se plantea subir un nivel jerárquico más y mostrar la información del ICAF a nivel administrativo. Para ello, en vez de calcular las estadísticas zonales usando la capa Corine del ICAF en formato ráster, usaremos la capa administrativa. En el caso de Portugal, usaremos las freguesías que serían un equivalente a las circunscripciones municipales españolas (Figura 5-3).



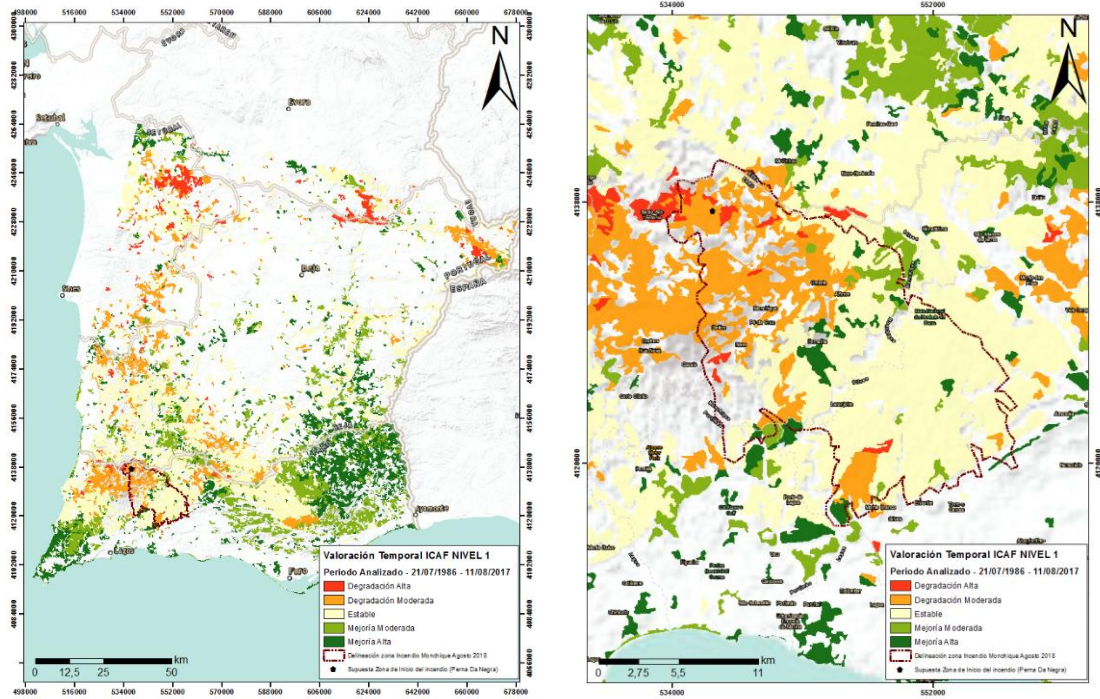


Figura 5-2: Valoración Temporal ICAF a NIVEL 1, capa de cubiertas de superficie, entre julio de 1986 y agosto de 2017, donde se ha tematizado en cinco clases y donde se aprecia una degradación existente en la Sierra de Monchique y en algunas zonas al norte de Beja.

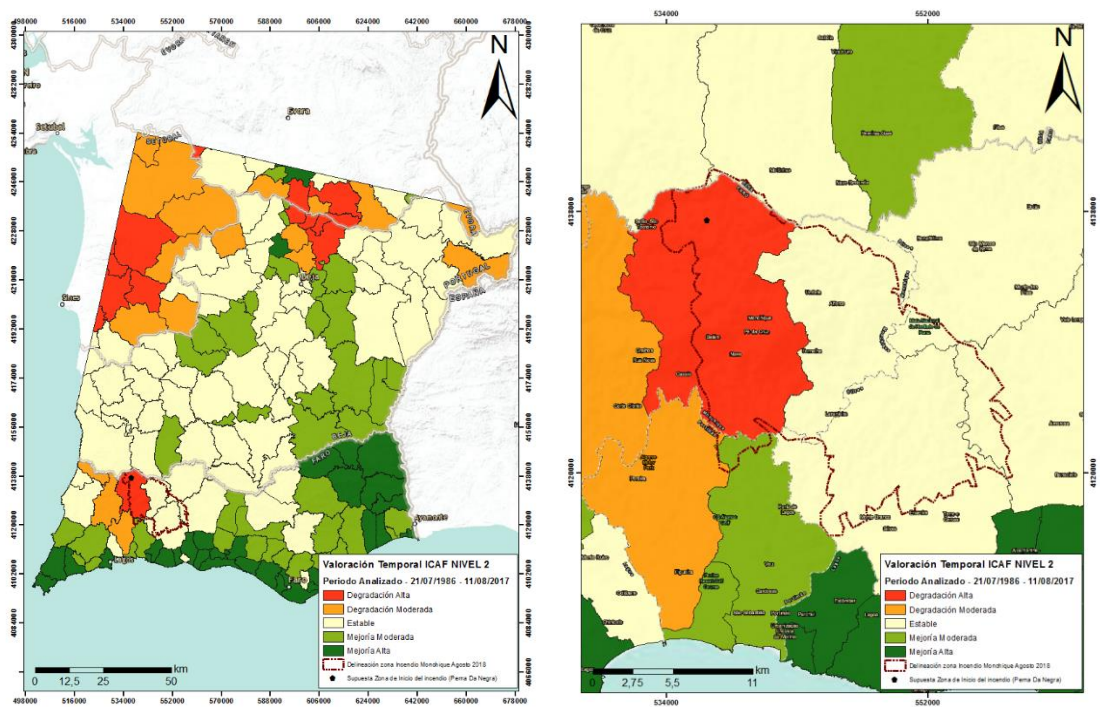


Figura 5-3: Valoración Temporal ICAF a Nivel 2, capa de cubiertas de superficie, entre julio de 1986 y agosto de 2017, se aprecia una degradación existente en las Freguesías de Monchique. Marmeleite y Mexilhoeira Grande en la Sierra de Monchique, donde un año después ocurriría un incendio de grandes dimensiones.

## 6. Conclusiones

La principal conclusión de la tesina, es que el ICAF ha detectado que en la zona de Monchique existía degradación antes del incendio con respecto el 1986 como base del estudio. Según la clasificación zonal de Nivel 2. La freguesía de Monchique sufría degradación severa y Marmeleite y Mexilhoeira Grande sufrían degradación moderada. Si bajamos un nivel y observamos la clasificación 1, también se observa una concentración de zonas altamente y moderadamente degradadas alrededor de la población de Monchique, afectando a gran parte de este espacio protegido Natura2000.

Así mismo, la valoración temporal entre antes y después del incendio, refleja la idoneidad de la información satelital para delinear exactamente el área afectada por el incendio ya que a nivel ráster la traza del incendio es perfectamente visible. En los niveles de información propuestos N1 y N2, también se traslada esta degradación a nivel municipal en Monchique, Alferce y Silves. Alferce es la freguesía que más degradación presenta, situada al este de Monchique donde prácticamente toda su extensión ardió.

Esta tesina ha intentado incorporar la integridad de materias abarcadas dentro del master SIG. Para ello se ha buscado la base científica y operativa del trabajo con formatos continuos o rásters, utilizando las imágenes LANSAT y los índices espectrales. Se ha trabajado la parte de SIG en el mapeo, la operativa con las capas Corine y administrativas de división de municipios y en el volcado de información del nivel continuo al nivel zonal. Por último, se ha querido dar una pequeña pincelada, sin ser el objetivo prioritario al tema del web y la visualización. Para ello se ha montado un pequeño visor usando la tecnología *Leaflet* con las informaciones más relevantes obtenidas en el proyecto.

## 7. Visor

Se puede acceder al visor de nivel 1 en la siguiente dirección URL:

[https://javiergarciarobles.github.io/visor\\_tesina\\_n1.html](https://javiergarciarobles.github.io/visor_tesina_n1.html)

y al visor del nivel 2 en la siguiente dirección:

[https://javiergarciarobles.github.io/visor\\_tesina\\_n2.html](https://javiergarciarobles.github.io/visor_tesina_n2.html)

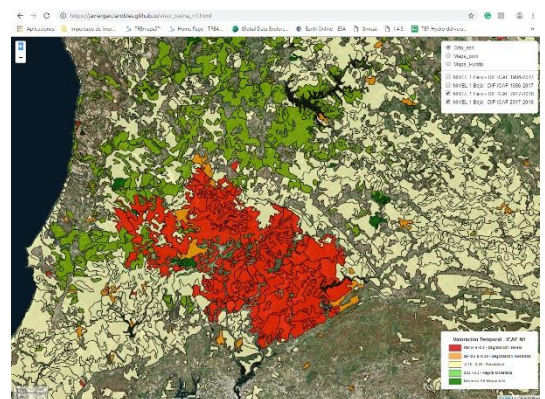


Figura 7-1: Aspecto del Visor en el Nivel 1 entre 2017-2018, donde se aprecia el área del incendio bien delimitada a nivel de la división Corine.