



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Trabajo Fin de Grado

ELABORACIÓN DE UN GEOPORTAL WEB RELATIVO A INFORMACIÓN FITOSANITARIA Y AGRONÓMICA DE LA PROVINCIA DE JAÉN

Alumno: Juan Vicente Cabello Montes

Tutor: Prof. D. Francisco Javier Gallego Álvarez
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Julio, 2019

Contenido

I. RESUMEN	6
II. INTRODUCCIÓN.....	7
III. OBJETIVOS	8
IV. ANTECEDENTES	8
4.1 Definición de SIG. Componentes	8
4.2 Concepto de Software libre.....	9
4.3 Infraestructura de datos espaciales(IDE).....	9
4.4 Plagas y enfermedades	10
4.4.1 Plagas y enfermedades en el cultivo del olivar	10
4.4.2 Plagas y enfermedades en el cultivo del algodón	15
4.5 Estaciones de control biológico (ECB)	16
4.5.1 ECB Olivar	16
4.5.2 ECB Algodón	20
V. MATERIAL Y MÉTODOS	21
5.1 Material	21
5.1.1 Hardware	21
5.1.2 Software	21
5.1.3 Datos: Recopilación y procesado de la información geográfica de partida.....	25
5.2 Metodología general.....	26
5.3 Sistema de referencia de coordenadas. Georreferenciación	29
VI. MAPAS DE INFORMACIÓN FITOSANITARIA	29
6.1 Cultivo del olivar.....	29
6.1.1 Elaboración de mapas a partir de ECB	30
6.1.1.1 Ubicación óptima de las ECB.....	30
6.1.1.2 Generación de los mapas de plagas.....	35
6.1.2 Elaboración de mapas sin la utilización de ECB.....	39
6.1.2.1 Mapa Zonas vulnerables al repilo	40
6.1.2.2 Mapa de incidencia de barrenillo.....	42
6.2 Cultivo del algodón	43
VII. MAPAS DE INFORMACIÓN AGRONÓMICA.....	46
7.1 Delimitación de zonas susceptibles a laboreos en la cuenca de los embalses de Pedro Marín, Doña Aldonza y Puente la Cerrada	47
7.2 Detección de posibles parcelas de olivar que estén acometiendo el riego sin permiso de la autoridad competente.	51

7.2.1 Descarga de las imágenes de Landsat 8	51
7.2.2 Procesado de las imágenes	53
7.2.3 Obtención del mapa de “Posibles parcelas de olivar con riego irregular”	56
VIII. SERVIDOR DE MAPAS GEOSERVER	62
8.1 Servidor de mapas	62
8.2 Generación de los archivos de metadatos.....	64
8.3 Generación de la base de datos alfanumérica	65
8.4 Implementación del geoportal	70
8.4.1 Elaboración interfaz del geoportal.....	70
8.4.2 Elaboración de los visores (visor de información agronómica y visor de alertas de plagas y enfermedades)	71
8.4.3 Documentación asociada	73
8.4.4 Archivos de metadatos:.....	73
8.4.5 Enlaces de interés:	74
IX. CONCLUSIONES	75
X. BIBLIOGRAFÍA	76

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Galerías sobre las hojas	11
Ilustración 2: Larvas alimentándose de tallos	11
Ilustración 3: Muestra de aceitunas con orificio de salida.....	12
Ilustración 4: Ciclo biológico de la mosca del olivo.....	13
Ilustración 5: Ejemplar adulto de barrenillo	13
Ilustración 6: Ejemplar adulto de algodoncillo.....	14
Ilustración 7: Botón floral envuelto por algodón	14
Ilustración 8: Hojas afectadas por repilo.....	14
Ilustración 9: Adulto de araña roja.....	15
Ilustración 10: Heridas producidas.....	15
Ilustración 11: Larva sobre botón floral	16
Ilustración 12: Ejemplar adulto de heliotis	16
Ilustración 13: Larva sobre tallo	17
Ilustración 14: Larva de prays sobre hoja	17
Ilustración 15: Tallo afectado por masa algodonosa	18
Ilustración 16: Inflorescencias atacadas por prays	18
Ilustración 17: Capturas en trampa.....	19
Ilustración 18: Trampa tipo funnel.....	19
Ilustración 19: Huevos de larvas viables y frutos atacados.....	19
Ilustración 20: Muestra de aceitunas picada por mosca.	20
Ilustración 21: Colocación de trampa cromotrópica.....	20
Ilustración 22: Larva adulta de araña roja.....	20
Ilustración 23: Larva de Heliotis	21
Ilustración 24: Filtrado por uso de suelo de las parcelas cuyo cultivo es distinto al olivar.	31
Ilustración 25: Combinación de capas vectoriales mediante un proceso de merge	31
Ilustración 26: Elaboración del mapa de pendientes a partir del MDE	32
Ilustración 27: Reclasificación del terreno mediante la calculadora ráster	32
Ilustración 28: Mapa de pendiente reclasificado	33
Ilustración 29: Proceso rasterización de capa vectorial.....	33
Ilustración 30: Resultado tras rasterizar la capa vectorial de olivar.	34
Ilustración 31: Capa de ubicación resultado	34
Ilustración 32: Procedimiento para la ubicación óptima de las ECB.....	35
Ilustración 33: Valores aleatorios de ataque de plagas	36
Ilustración 34: Proceso de interpolación en Qgis.....	37
Ilustración 35: Análisis estadístico.	37
Ilustración 36: Calculadora de campos	39
Ilustración 37: Reclasificación MDE mediante calculadora de campos	40
Ilustración 38: Obtención del ráster de orientaciones.....	40
Ilustración 39: Filtrado orientaciones norte.....	41
Ilustración 40: Mapa de orientaciones norte.....	41
Ilustración 41: Capa de zonas vulnerables al repilo en color magenta.....	42
Ilustración 42: Zona afección de barrenillo sobre el municipio de Martos.	43
Ilustración 43: Posibles parcelas de cultivo de algodón.....	44

Ilustración 44: Zonas óptimas para la ubicación de las ECB algodón.....	45
Ilustración 45: Resultado de la operación GetFeature.....	48
Ilustración 46: Mapa de cuencas provincia de Jaén.....	49
Ilustración 47: Cuencas hidrográficas afluentes a los embalses bajo sombreado.....	49
Ilustración 48: Capa vectorial de suelos vulnerables a la erosión(en el Alto Guadalquivir) con un nivel de transparencia del 60% sobre la capa ráster de pendientes reclasificada.	50
Ilustración 49: Selección y descarga de imágenes de Landsat8.....	52
Ilustración 50: Mosaico de imágenes Landsat8 correspondientes a las bandas 4 y 5.....	53
Ilustración 51: Cálculo de NDVI mediante la herramienta Vegetation index	54
Ilustración 52: Combinación de las imágenes NDVI resultantes.....	55
Ilustración 53: Resultado de la unión de las imágenes NDVI.....	55
Ilustración 54: Histograma índices de vegetación en regadío	56
Ilustración 55: Histograma índices de vegetación en secano	57
Ilustración 56: Creación del espacio de trabajo	62
Ilustración 57: Creación del almacén de datos	63
Ilustración 58: Agregación de capas al servidor Geoserver	63
Ilustración 59: Aplicación de estilos SLD y publicación de las capas de información	64
Ilustración 60: Edición de los metadatos de la capa algodoncillo del olivo (Euphyllura olivina)	65
Ilustración 61: Cálculo de los centroides de las parcelas.....	66
Ilustración 62: Identificación en phpMyAdmin.....	67
Ilustración 63: Importación de la base de datos en phpMyAdmin.....	67
Ilustración 64: Visualización de las tuplas de la base de datos parcelario.....	68
Ilustración 65: Consulta SQL sobre la base de datos parcelario	69
Ilustración 66: Comunicación entre la BD y el visor agronómico.....	69
Ilustración 67: Interfaz de usuario del geoportal SIFGEA.....	70
Ilustración 68: Visor de alerta e información de plagas y enfermedades.....	71
Ilustración 69: Visor de información agronómica	71
Ilustración 70: Barra de herramientas de los visualizadores	72
Ilustración 71: Ejemplo de búsqueda por parcela.....	72
Ilustración 72: Documentación Asociada.....	73
Ilustración 73: Metadatos	74
Ilustración 74: Enlaces de interés.....	74

Índice de tablas

Tabla 1: Características técnicas del equipo utilizado.....	21
Tabla 2: Principales servicios OGC soportados. Fuente: http://wiki.osgeo.org	23
Tabla 3: Valores de referencia del índice de plaga	36
Tabla 4: Especificaciones repilo y barrenillo olivo.	39
Tabla 5: Plagas e índices de plaga en algodón. Valores de referencia ficticios.....	46

I. RESUMEN

En este trabajo se presenta la Geomática como una herramienta de desarrollo e innovación en el campo de la agricultura. La aplicación de esta disciplina en el ámbito agrícola supone un gran progreso para la gestión integrada de las plagas en los cultivos, así como para la gestión del territorio.

Se ha creado un prototipo de geoportal web “Sistema de Información Fitosanitaria y Gestión Agronómica” (SIFGEA) orientado a la administración pública. Para tal fin se ha desarrollado un sistema de información geográfica (SIG), de la provincia de Jaén, con información fitosanitaria de las diferentes plagas y enfermedades que afectan a los cultivos del olivo y algodón. En el caso de las plagas, se ha definido una red de puntos de control (Estaciones de Control Biológico) para los que se han simulado los posibles valores de ataque, a partir de la cual se han realizado estimaciones para cada una de las parcelas. En el caso particular del repilo del olivo (*Cycloconim Oleaginum*) se ha desarrollado un estudio para determinar las zonas más vulnerables a padecer la enfermedad.

Por otro lado, se ha incorporado otra información agronómica de interés recopilada, así como la resultante de dos estudios realizados en el marco del trabajo sobre la delimitación de zonas susceptibles a laboreos en la cuenca de los embalses de Pedro Marín, Doña Aldonza y Puente de la Cerrada y la detección de posibles parcelas de olivar que estén acometiendo el riego sin autorización de la autoridad competente, en este segundo caso mediante el empleo de técnicas de Teledetección. Finalmente, toda la información recabada en el SIG se ha publicado mediante la implementación del geoportal web que permite la visualización, consulta y descarga de información al usuario.

Para llevar a cabo este propósito se necesitan ciertos conocimientos, la aplicación de diversas metodologías y el empleo de hardware y software específicos. Se ha recurrido a software con funcionalidades SIG para la generación de la información geográfica, a la implantación de una plataforma servidora de parte del servidor, y al uso de lenguajes de programación para el diseño, elaboración y puesta en funcionamiento del geoportal web.

II. INTRODUCCIÓN

La agricultura es uno de los pilares económicos de la provincia de Jaén, con el olivar que prácticamente es un monocultivo, ronda el 78% de la superficie agrícola de la provincia. Cuenta con unas 550.000 ha y más de 66 millones de olivos que generan el 20% de la producción mundial de aceite de oliva.

La producción media de aceite de la provincia de Jaén supera las 600.000 t por campaña cuyo valor en el mercado equivaldría a unos 1.800 millones de euros y genera más de 12 millones de jornales al año. La industria del olivar genera el 37% del producto interior bruto de la provincia. Además del cultivo del olivar, y con menor importancia, se desarrollan otros cultivos como el cereal con unas 25.000 ha de superficie y un valor económico de producción de 6.000.000 €, el algodón unas 4500 ha y con un valor de producción de 3.150.000 € y el almendro con una superficie de 3200 ha y una producción media de 2 millones de kg que alcanza un valor de mercado de unos 15.000.000 €, entre los cultivos más representativos.

Una de las principales metas en el futuro próximo es mejorar la eficacia de los procesos de producción de alimentos, conseguir unos alimentos de mayor calidad libres de pesticidas, reducir los gastos de las explotaciones y minimizar el impacto de la aplicación de plaguicidas sobre los campos que perjudican gravemente al medio ambiente, su flora y fauna. Otro de los innumerables retos a los que se enfrenta la agricultura moderna es la falta de agua para el riego, la sobreexplotación incontrolada de los acuíferos y el continuo colmatado de los embalses por la erosión del suelo que disminuyen la capacidad de agua embalsada.

Las tecnologías propias de la Geomática pueden ser muy útiles a la hora de afrontar ese tipo de problemas, y en concreto, aplicaciones como los geoportales web basados en sistemas de información geográfica (SIG).

En la actualidad, en Andalucía existe un servicio totalmente gratuito y libre en la web, la Red de Alerta e Información Fitosanitaria (RAIF), proporcionado por la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía. Pero se trata de un servicio muy genérico y complejo de usar, pues requiere ciertos conocimientos para la obtención e interpretación de la información. Además, divide el territorio en grandes zonas biológicas sobre las que asigna homogéneamente un mismo valor, entendiendo que no todas las plagas se comportan ni se distribuyen de forma homogénea, siendo complicado estimar un valor próximo al valor real de una determinada plaga en una explotación concreta.

El presente trabajo tiene la finalidad de crear un geoportal web relativo a información fitosanitaria y agronómica, accesible e intuitivo que sirva de apoyo a la administración y le asesore en materia de sanidad vegetal y afección de plagas de los cultivos, así como aportarle cierta información agronómica para la gestión y mejora del territorio, procurando que sea sencillo e intuitivo y en el cual se pueda obtener de manera pormenorizada la información relativa a cada cultivo consultando la parcela.

Esta herramienta podría emplearse como apoyo a los técnicos de sanidad vegetal en las labores de monitorización, seguimiento, control y vigilancia de las plagas de los cultivos mayoritarios de la provincia, así como en las labores de gestión del territorio por parte de ayuntamientos, oficinas comarcales agrarias (OCA), u otras entidades.

III. OBJETIVOS

El objetivo final de este trabajo fin de grado, es desarrollar un geoportal web relativo a información fitosanitaria y agronómica de la provincia de Jaén. Que contenga información relativa a plagas y enfermedades de los cultivos del olivar y algodón, así como información agronómica para la gestión. De modo que, el usuario final pueda consultar dicha información de manera detallada, realizando búsquedas a través del cultivo y la plaga, el municipio, el polígono y la parcela Sigpac.

De los múltiples aspectos que puede abarcar el geoportal, se han seleccionado los siguientes temas:

- Información fitosanitaria: mapas de plagas y enfermedades por cultivos.
- Información agronómica generada específicamente: se han desarrollado los temas de “Zonas susceptibles a laboreos en la cuenca de los embalses de Pedro Marín Doña Aldonza y Puente la Cerrada” en el Alto Guadalquivir y “Posibles parcelas de olivar que estén acometiendo el riego sin permiso de la autoridad competente”.
- Información agronómica ya existente: zonas vulnerables a nitratos y mapa de capacidad de uso del suelo agrícola.

IV. ANTECEDENTES

4.1 Definición de SIG. Componentes

El término SIG es el acrónimo de Sistema de Información Geográfica. Un SIG puede definirse como “un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión” (NCGIA, 1990).

Los principales componentes de un SIG son:

- Datos: la base de todo SIG son sus datos, unos buenos datos permitirán siempre una buena toma de decisiones. Sin ellos no se podría generar buenos productos de información que permitiesen el análisis y la toma de decisiones. Los datos pueden provenir de diferentes fuentes: imágenes de satélite, sensores remotos, gps, archivos shape, ect.
- Software: este componente representa el soporte lógico del sistema. Es necesaria la participación de un software para el análisis y tratamiento de la información Geográfica. Esta componente no está conformada solo por el software de gestión, sino que también se incluyen las aplicaciones SIG, los sistemas operativos, lenguajes de programación, los

sistemas de administración de bases de datos y otros programas especializados en procesamientos de imágenes satelitales, de dibujo, etc.

- Hardware: este componente se refiere al soporte físico del SIG. Está formado por todos los elementos físicos: equipo en el que se desarrolla las tareas de análisis y explotación, los servidores donde se alojan los datos y se ejecutan procesos, periféricos de entrada y de salida y demás componentes de la red informática.
- Procesos: los procesos definen que tareas han de realizarse utilizando los datos y recursos tecnológicos. Para que un SIG tenga éxito es necesario que funcione de acuerdo a unas buenas reglas de implementación y de negocio.
- Recursos humanos: una vez tenemos todos los datos y las herramientas para manejarlos se necesita a profesionales SIG para el tratamiento y explotación de la información. Es ésta la parte más complicada, pues en la elaboración de un SIG intervienen varios técnicos por lo que deben definirse previamente unas tareas y establecerse unas series de roles para que el reto de implementación del SIG sea abordado con éxito.

4.2 Concepto de Software libre

En los últimos años se está produciendo un constante aumento y proliferación de las tecnologías abiertas aplicadas a sectores y disciplinas de diversa índole. En el ámbito de la información geográfica también se ha visto afectada por este movimiento, donde el objetivo de la implantación de este tipo de software no es hacer frente a las grandes soluciones comerciales o propietarias, sino poner al alcance de pequeñas y medianas empresas, ayuntamientos, entidades locales, centros educativos y de investigación, entre otros, herramientas para la gestión y el análisis de la información geográfica cuando el coste es uno de sus principales condicionantes.

Según el norteamericano Richard Matthew Stallman, fundador del *Movimiento del Software Libre*, el concepto de software libre se basa en cuatro libertades básicas (Richard Matthew Stallman, 1983):

- Libertad para ejecutar el programa con cualquier propósito.
- Libertad para estudiar cómo funciona y adaptarlo a las necesidades del usuario.
- Libertad para distribuir copias y compartirlas con otros usuarios.
- Libertad para mejorarlo y compartir dichas mejoras con otros usuarios con el objetivo de que también ellos puedan beneficiarse del programa.

4.3 Infraestructura de datos espaciales(IDE).

Mas y col.(2006) definen a una IDE como *“un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas web,...) dedicados a gestionar Información Geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos,...), disponibles en internet, que cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad(normas, especificaciones, protocolos, interfaces,...) que permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades”*.

Los principales componentes de una IDE son:

- Información Geográfica: se refiere a los datos. Los datos se clasifican en datos de referencia (sistemas de referencia, cuadrículas geográficas, nombre geográficos,

hidrografía, vías de comunicación, modelos digitales, ortofotografías, ...) y temáticos (cubiertas vegetales, geología, etc.)

- Metadatos: se refiere a los datos que describe otros datos. Son la base de los catálogos de datos. EL servicio CSW permite la búsqueda de metadatos en los catálogos de datos y por consiguiente la localización de información geográfica.
- Políticas, alianzas y acuerdos: se refiere a la gestión de personas, organizaciones e intereses. Se orienta a aumentar la disponibilidad, accesibilidad y armonización de los datos geográficos. Deben definirse unos estándares que garanticen la gestión y funcionamiento de la infraestructura.
- Normalización: la normalización es la base de toda IDE. Desde la base de la IG se basa en la familia de normas ISO 19100 y en las especificaciones del OGC.
- Servicios: son la base de una IDE. Los datos son el modelo de la realidad, pero los servicios son la manera de acceder a la información Geográfica.

Los principales servicios OGC son:

- Servicio de Mapas en Web (WMS). Permite la visualización de la IG en forma de mapas que se ofrecen como imágenes teseladas.
- Servicio de Fenómenos en Web (WFS): facilita el acceso, consulta o descarga de un fenómeno geográfico.
- Servicio de Coberturas en Web (WCS): es el servicio análogo al WFS pero para datos ráster. Permite la visualización de la información ráster y además la consulta de la información almacenada en sus celdas.
- Servicio de Nomenclátor: permite la posibilidad de localizar un fenómeno geográfico mediante la búsqueda por su topónimo y devuelve la localización geográfica directa.
- Descriptor de estilos de capas (SLD): permite definir los estilos de simbolización de las features de las capas que componen el mapa, con lo que se consigue modificar las presentaciones obtenidas mediante los servicios WMS y WCS.
- Servicio de Catálogo (CSW): facilita la búsqueda y publicación a través de los catálogos de datos.

4.4 Plagas y enfermedades

En este apartado se describe someramente las plagas y enfermedades de estudio consideradas en este trabajo para tener una leve idea y entender con mayor facilidad los procedimientos de análisis llevados a cabo. Se hace una clasificación atendiendo al cultivo.

4.4.1 Plagas y enfermedades en el cultivo del olivar

Se hace un seguimiento de la principales plagas y enfermedades que afectan de manera generalizada al cultivo del olivar y que suponen una amenaza directa sobre el cultivo o su producción, obviando aquellas otras que pueden aparecer de manera puntual sobre alguna determinada explotación y que requerirá mayor control por parte del agricultor.

- Prays (Prays oleae): se trata de un microlepidóptero que se encuentra distribuido por toda la cuenca mediterránea. El nivel de incidencia varia por cada campaña llegando en algunas ocasiones a provocar mermas considerables sobre las cosechas. El adulto se trata de una polilla de color gris plateada con un tamaño de unos 6 mm de longitud. Los

huevos son lenticulares de unos 0.5mm de diámetro y de color blanquecino que vira a amarillento a medida que se aproxima a su eclosión. Las larvas adultas alcanzan los 8mm de longitud en su máximo desarrollo y presentan una coloración variable con tonalidades marrones, grisáceas y verdes. Se transforma en crisálida en el interior de un capullo sedoso en la parte aérea o en el suelo dependiendo de la generación de que se trate. Las tres generaciones que tienen lugar a lo largo del ciclo de la campaña afectan sucesivamente a las hojas y yemas (generación filófaga), a la flor (antófaga) y al fruto (carpófaga).

–Generación filófaga: en el otoño los adultos hacen la puesta sobre las hojas y las larvas nacidas se mantienen durante la época invernal en el interior de las hojas en galerías. Al final de esta estación las larvas cavan galerías y cambian varias veces de hoja hasta que no caben en su interior y se alimentan exteriormente de yemas y hojas. En la ilustración 1 se observan las galerías sobre las hojas aparece como unas manchas marrones sobre la hoja y por el envés se observa el orificio de salida. En la ilustración 2 se observa la larva alimentándose de los tallos y hojas exteriormente.



Ilustración 1: Galerías sobre las hojas



Ilustración 2: Larvas alimentándose de tallos

–Generación antófaga: en los meses de abril y mayo coincidiendo con la floración del cultivo, los adultos provenientes de la generación anterior depositan los huevos en los botones florales. Las larvas neonatas penetran en los botones florales alimentándose de las anteras y el estigma.

–Generación Carpófaga: los adultos de la generación antófaga que aparecen sobre los meses de mayo-junio depositan los huevos sobre los restos del cáliz, situados cerca del péndulo del fruto. Cuando nacen las larvas perforan el fruto y entran en el interior del hueso en la zona de la almendra donde pasan todo el periodo estival alimentándose de la semilla hasta mediados de septiembre que inician la salida de la aceituna para transformarse en crisálida en el suelo. Los frutos dañados tras la salida de la larva caen al suelo. En la ilustración 3 se observa una muestra de aceitunas recogida del suelo tras su caída. Se aprecian los orificios de salida en la parte superior.



Ilustración 3: Muestra de aceitunas con orificio de salida

- Mosca del olivo (*Bactrocera oleae*): esta plaga es una de las más importantes del cultivo del olivar, se distribuye por toda el área mediterránea, el occidente de Asia y parte de África. Suelen desarrollarse de dos a cuatro generaciones anuales dependiendo de la climatología. Las hembras de la primera generación depositan los huevos en las aceitunas que se encuentran en la fase de endurecimiento del hueso, entre los meses de julio y agosto. Hacen la puesta en una pequeña incisión en la piel del fruto, que a los pocos días cambia de color volviéndose a ocre. Cuando se produce la nascencia de las larvas excavan galerías y se alimentan de la pulpa produciéndose tres fases larvarias. Al terminar su desarrollo la larva de tercera edad se transforma en pupa en el interior del fruto o en el suelo. Los adultos de ésta generación de verano dan lugar a la siguiente generación de otoño iniciando la picada entre los meses de septiembre y octubre. En la ilustración 4 se muestra en la imagen izquierda una hembra de mosca depositando el huevo. En la imagen central se observa el huevo recién puesto y en la imagen derecha la picada donde se ha depositado el huevo tras unos días.



Ilustración 4: Ciclo biológico de la mosca del olivo

- Barrenillo del olivo (*Phloeotribus scarabaeoides*): se trata de un coleóptero perteneciente a la familia de Scolytidae de unos dos mm de longitud y color marrón. Hace unas décadas suponía un riesgo importante, pero la adecuada gestión de las leñas de poda ha llevado a su reducción de la presencia e intensidad de ataque sobre todo en olivares marginales o puntos donde se abandonaban o almacenaban inapropiadamente las leñas de poda. En nuestra región suele darse una generación que pasa el invierno en forma de adultos. Al final de esta estación y principios de la primavera las hembras acuden a las leñas frescas de poda en cuyo interior depositan los huevos. Entre junio y julio salen los adultos de las leñas y se dirigen a los brotes en el árbol haciendo galerías que pueden llegar incluso a cortar el brote lo que provoca que se sequen. Si la plaga es severa producen la defoliación del árbol por lo que se ve mermada considerablemente en las cosechas venideras. En la ilustración 5 se observa un adulto de barrenillo.



Ilustración 5: Ejemplar adulto de barrenillo

- Algodoncillo (*Euphyllura olivina*): se trata de un homóptero de la familia Psyllidae. Su presencia en el cultivo es muy frecuente pero generalmente no suele generar daños. El invierno lo pasan en estado adulto refugiados en la base de las hojas, axilas y yemas. A principios de primavera inician la actividad dando lugar a la primera generación de primavera y que se desarrolla entre los brotes vegetativos y los botones florales. Las ninfas secretan una sustancia algodonosa entre las que crecen. Si la población es abundante la sustancia algodonosa impide que se desarrollen correctamente los botones florales causando las inflorescencias. Además en el periodo de cuajado del fruto, la sustancia algodonosa que envuelve los frutos junto a que los adultos succionan savia del árbol provoca la caída de los frutos. En la ilustración 6 se observa un ejemplar adulto de algodoncillo y en la ilustración 7 un botón floral envuelto por la sustancia algodonosa que secretan.



Ilustración 6: Ejemplar adulto de algodoncillo



Ilustración 7: Botón floral envuelto por algodón

- Repilo (*Spilocea oleagina*): el repilo es una enfermedad causada por el hongo *Fusicladium oleagineum* que es patógeno sólo del olivo. Los síntomas más característicos de esta enfermedad son manchas circulares oscuras, rodeadas en ocasiones por un halo amarillento que se desarrolla en el haz de las hojas. Las esporas del hongo necesitan temperaturas de entre 15-20°C y lluvia o una humedad muy elevada (por encima del 98%) sobre las hojas durante uno o dos días para dispersarse, causar infecciones en otras hojas y extenderse por la parcela. El control del repilo es especialmente importante en los periodos húmedos de otoño-invierno e invierno-primavera, épocas en las que se debe prestar especial interés en esta enfermedad. En la ilustración 8 se observan hojas afectadas por repilo.



Ilustración 8: Hojas afectadas por repilo

4.4.2 Plagas y enfermedades en el cultivo del algodón

En el caso del algodón se ha considerado el caso de la Araña Roja y la Heliotis por tratarse de las principales plagas que afectan al cultivo y que mayor preocupación causa entre los agricultores.

- Araña Roja (*Tetranychus urticae* Koch): Es una de las plagas mas importantes del cultivo. Se desequilibra fácilmente debido principalmente a la muerte de sus enemigos naturales por la aplicación de insecticidas polivalentes o como consecuencia de excesivos abonados nitrogenados. Esta plaga se encuentra extendida por todo el mundo y afecta a la mayoría de los cultivos de nuestra zona algodonera (girasol, maíz, remolacha, tomate,...).

La araña roja es un tetránquido de unos 0.6mm, de color rojo las hembras adultas y amarillos con dos manchas oscuras los ejemplares jóvenes. Las hembras suelen depositar los huevos en el envés de las hojas, miden 0.1mm y son redondos de colores claros.

Suelen encontrarse normalmente en el envés de las hojas y con temperaturas elevadas se reproducen exponencialmente. Sus daños son producidos al alimentarse, desgarran superficialmente los tejidos de las hojas vaciándolos y penetrando el aire, lo que le da un aspecto blanquecino. La planta pierde energía por la disminución de la fotosíntesis como por el aumento de la transpiración lo que se traduce en una disminución de la producción. En las ilustraciones 9 y 10 se muestra una hembra adulta y las heridas producidas al alimentarse respectivamente



Ilustración 9: Adulto de araña roja



Ilustración 10: Heridas producidas

- Heliotis (*Helicoverpa armigera* Hübner): se trata de un lepidóptero, es la principal plaga del algodón y su incidencia puede ser limitante en la producción. El adulto es una mariposa de entre 3,5-4 cm de envergadura alar y tonos amarillentos y verdosos. Depositán los huevos aislados, pero cuando las poblaciones son muy altas pueden verse varios próximos. Los huevos tienen forma esférica de 0,5mm de diámetro y presenta de 10-15 estrías longitudinales. En la puesta son de color blanquecino y se van virando y oscureciéndose al rosa con el paso de los días. Las larvas presentan varias filas de tubérculos oscuros y una coloración variable, con tonos verdes, pardos y oscuros y a partir de la segunda edad le aparecen bandas longitudinales de distintos tonos. Su tamaño alcanza los 3 cm y finalmente crisalidan enterradas en el suelo. En el cultivo del algodón se dan tres generaciones donde cada una de las cuales dura aproximadamente 1 mes, aparecen a primeros de junio conforme surgen los primeros botones florales. El periodo más crítico para el cultivo abarca desde días antes de la aparición de los

primeros botones florales hasta la apertura de las cápsulas. Los huevos son depositados en el haz de hojas tiernas. Al nacer la larva neonata se alimenta de los botones florales los cuales amarillean, se abren sus brácteas y caen al suelo. Por lo que si la población es elevada reduce significativamente los botones florales y por consiguiente la cosecha. En la ilustración 11 se aprecia una larva sobre un botón floral y en la ilustración 12 un ejemplar adulto.



Ilustración 11: Larva sobre botón floral



Ilustración 12: Ejemplar adulto de heliotes

4.5 Estaciones de control biológico (ECB)

Mediante la red de estaciones de control biológico se pretende conseguir una red de puntos de control y/o remuestreo de las diferentes plagas y enfermedades sobre los cultivos del olivar y algodón. Mediante esta red de puntos geolocalizados y ubicados estratégicamente se obtienen unos valores discretos de ataque por plaga y estación de seguimiento, y mediante esos datos se extrapola al resto del territorio consiguiendo una trama continua que represente de manera aproximada el comportamiento real de la plaga de estudio.

Por estación de control biológico se entiende a una zona delimitada geográficamente sobre la que se realizan inspecciones periódicamente de tal manera que se llevan a cabo los registros de las poblaciones de plagas existentes, de la población de fauna auxiliar y del estado fitosanitario del cultivo. Se ha de considerar el estado fenológico del cultivo en cada zona para determinar los momentos óptimos para la toma de los datos de campo de cada plaga.

4.5.1 ECB Olivar

Dependiendo de la plaga a controlar se emplea una u otra metodología para su seguimiento, a continuación, se explica para cada plaga la forma de proceder para la toma de los datos de campo:

- Prays generación filófaga: para el muestreo del ataque de Prays en la generación filófaga se observan 8 muestras por árbol, 2 por cada orientación para un total de 25 árboles al azar. Se analiza en cada tallo si el brote está atacado, las yemas o sus hojas y se obtendrá el porcentaje total de ataque sobre brotes nuevos. En la ilustración 13 se muestra una larva de Prays (generación filófaga) sobre un tallo nuevo y en la ilustración 14 sobre una hoja.



Ilustración 13: Larva sobre tallo



Ilustración 14: Larva de prays sobre hoja

- Algodoncillo del olivo: Para realizar la toma de muestras de ataque de algodón del olivo, se observan 8 tallos(2 por cada orientación) sobre cada árbol de un total de 25 árboles al azar y se determina el porcentaje de tallos atacados por masa algodonosa. En la ilustración 15 se muestra un tallo afectado por algodón del olivo.



Ilustración 15: Tallo afectado por masa algodonosa

- Prays generación antófaga: se toma 4 tallos por árbol uno por cada orientación de un total de 25 árboles al azar. Se lleva a cabo un recuento de los botones florales atacados o inflorescencias atacadas y se obtiene el porcentaje de florescencias atacadas. En la ilustración 16 se muestra un tallo sobre el que se observan inflorescencias atacadas por Prays y flores fértiles sobre las que se observa el pistilo verde.



Ilustración 16: Inflorescencias atacadas por prays

- Prays generación carpófaga: se hace un seguimiento de la población de plaga en estado de crisálida mediante colocación de trampas tipo Funnel para determinar el estado de fin de puestas, momento en el que se toma la muestra sobre los frutos: se escogen 8 frutos por árbol, 2 por cada orientación de un total de 25 árboles al azar y se determina el porcentaje de aceitunas atacadas o con huevos viables. En las ilustraciones 17 y 18 se muestra trampeo tipo Funnel y las capturas, y en la ilustración 19 huevos de larvas viables y frutos atacados.



Ilustración 18: Trampa tipo funnel



Ilustración 17: Capturas en trampa



Ilustración 19: Huevos de larvas viables y frutos atacados

- Barrenillo del olivo: sobre esta plaga no se hace seguimiento alguno en campo puesto que principalmente afecta a cultivos cercanos a zonas de almacenamiento de leña que suelen darse cerca de núcleos habitados. Se delimita las posibles zonas más vulnerables a padecer la plaga basándonos en los históricos de años anteriores y en la cercanía a núcleos de población. Se estudia la evolución de los huevos de la plaga para determinar el momento de eclosión y nacimiento a fin de predecir el periodo de tratamiento preventivo.
- Mosca del olivo: para estimar el riesgo sobre el cultivo se toma una muestra de los frutos a fin de determinar el porcentaje de ataque de la plaga, para ello se demarca la zona delimitada por 25 árboles y se toman 4 aceitunas por cada uno de ellos. En la toma de

la muestra se escoge un fruto en cada orientación del árbol y siempre tomándolo a la altura del hombro. Se considera estado de riesgo cuando se supera 5% de frutos picados.

Paralelamente a la toma de muestras de frutos se estudia de la evolución de la plaga contabilizando el número de capturas obtenidas mediante el empleo de trampas cromotrópicas de tal forma se hace un seguimiento prediciendo posibles aumentos de los niveles de la plaga. En la ilustración 20 se observa una muestra de aceitunas picadas por mosca y en la ilustración 21 la colocación de una trampa cromotrópica.



Ilustración 21: Muestra de aceitunas picada por mosca.



Ilustración 20: Colocación de trampa cromotrópica.

4.5.2 ECB Algodón

En el caso del cultivo del algodón se sigue un procedimiento análogo al empleado para el cultivo del olivar. Se delimita las zonas de control biológico siguiendo las especificaciones previas y sobre esas zonas se lleva a cabo la toma de los datos de campo relativas a las plagas monitorizadas.

- Araña Roja: para aforar la población de araña roja se delimita sobre la zona de estudio una zona sobre el cultivo de un metro cuadrado en la que se eligen 50 hojas al azar y se contabiliza el número de hembras adultas por hoja. El valor medio obtenido se expresa en tanto por ciento. En la ilustración 22 se observa una larva adulta sobre una hoja.



Ilustración 22: Larva adulta de araña roja

- Heliothis: para aforar el número de individuos por hectárea, se delimita sobre la zona a inspeccionar una zona de un metro cuadrado y se contabilizan el número de larvas menores a 1.5 cm. Los valores obtenidos por metro cuadrado se multiplican por 10.000 para obtener el valor por hectárea (ha). En la ilustración 23 se observa una larva <1.5 cm.



Ilustración 23: Larva de Heliothis

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Material

En este punto se describe el material utilizado tanto el software como el hardware para la elaboración del presente proyecto. Se optó por utilizar herramientas de uso libre, con licencias GNU que hiciesen más factible el proceso de elaboración sin sobrecostos y demostrando el potencial del software libre a coste cero. Seguidamente se describe el software y hardware empleados:

5.1.1 Hardware

El equipo empleado para desarrollar el presente trabajo ha sido un ordenador portátil personal con las características técnicas que se muestran en la tabla 1.

Marca	MSI
Modelo	CX72 6QD-234 XES
Sistema operativo	Windows 10
Procesador	i7-6700HQ(3.5GHz)
Memoria RAM	8 GB
Disco duro	1TB
Tarjeta gráfica	GEOFORCE 940MX 2GB
Pantalla	17,3"

Tabla 1: Características técnicas del equipo utilizado

5.1.2 Software

Para la elaboración del sistema de información geográfica y el geoportal objeto del presente trabajo se han utilizado sólo y exclusivamente software de uso gratuito de código abierto (open source) tales como Qgis para la creación del SIG, Geoserver como plataforma servidora de mapas, Openlayers como librería de mapas, CatMDEdit para la generación de los archivos de metadatos, Notepad++ para la elaboración de los códigos fuentes, y el paquete Wampserver como plataforma servidora.

A) Qgis

Quantum GIS (Qgis) es un cliente SIG de escritorio libre y de código abierto licenciado bajo GNU-General Public License. QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation(OSGeo). Sobre Qgis se puede visualizar, administrar, editar, analizar datos y componer mapas. Incorpora una potente funcionalidad de análisis mediante la integración con GRASS. Funciona en Linux, Unix, Mac OSX y Windows, soporta numerosas funcionalidades y formatos vectoriales, ráster y bases de datos.

Las principales características son: Interfaz gráfica de usuario amigable, fácil visualización de numerosos formatos vectoriales y ráster, permite crear, editar y exportar datos espaciales, permite realizar análisis espaciales usando los complementos integrados de SAGA, OTB, MMGIS, fTools y GRASS, posibilita publicar en internet, la arquitectura de complementos es extensible y es compatible con los estándares OGC.

Se eligió Qgis, por tratarse junto a Gvsig de los principales y más potentes software de uso libre de código abierto. Concretamente, se usó la versión 2.18.

Se prefirió Qgis frente a GvSig por ofrecer una mayor variedad de herramientas para la conexión a diversas bases de datos, para el tratamiento y geoprocesamiento de datos ráster dispares tales como imágenes satelitales, modelos digitales y para la elaboración de cuencas hidrográficas así como la aplicación de algoritmos de análisis estadísticos. Entre las características que destacan de Qgis v.2.18 sobre la última versión de Gvsig son: interfaz más flexible, mayor interoperabilidad, conexión a base de datos, mayor capacidad de análisis ráster e integración con Grass, su administrador de complementos y el gran número de complementos que contiene. Gvsig también tiene ciertas ventajas sobre Qgis como son: gran rendimiento con grandes volúmenes de información y la integración de Sextante.

B) Geoserver

Geoserver es un servidor web de mapas y datos en diferentes formatos para aplicaciones web, ya sean clientes ligeros o programas GIS. Permite almacenar datos espaciales en cualquier formato y ponerlos a disposición del usuario a través de los servicios OGC para que éste pueda hacer uso de ellos mediante un web browser que soporte dichos servicios.

Geoserver es la implementación de referencia de los estándares Open Geospatial Consortium (OGC) Web Feature Service(WFS) y Web Coverage Service (WCS), y está certificado como implementación de alto rendimiento del estándar Web Map Service (WMS).

Mediante el protocolo WMS los datos permanecen seguros, ya que se envían como imágenes renderizadas de tal manera que no hay forma de copiar los datos originales de las imágenes de los mapas. La apariencia de cada capa de mapa se puede editar utilizando el estándar SLD que permite definir el color, etiquetado y simbolización de las features de las diferentes capas.

Geoserver soporta los siguientes estándares OGC:

- Web Map Service(WMS)
- Web Map Tile Service (WMTS)

- Web Feature Service (WFS), WFS-T(transaccional)
- Web Coverage Service(WCS)
- Web Processing Service (WPS)
- Filter Encoding (FE)
- Style Layer Descriptor (SLD)
- Geography Markup Language (GML)
- KML Encoding Standard (KML)

Para la elección de la plataforma servidora de mapas se siguió la misma política que para la elección del SIG, principalmente que fuese software libre y de código abierto. Siguiendo ésta línea, se pueden destacar como los principales servidores de mapas más utilizados y conocidos: MapServer, deegree y Geoserver. Para el caso que nos incumbe, se optó por Geoserver en su versión 2.11 por su facilidad de uso, es un programa muy intuitivo que no presenta mayor complejidad en su manejo. Su portabilidad, se puede instalar en cualquier sistema operativo sin ningún tipo de restricción. Y por ofrecer mayores servicios OGC, ofrece el servicio WFS-T de tal forma que el usuario podría interactuar con la aplicación haciendo pequeñas modificaciones de la IG y el servicio CSW para la búsqueda de metadatos y la localización de la información geográfica. En la tabla 2 se muestran los servicios OGC soportados frente a los principales servidores de mapas.

Standards

Nombre	WMS	WFS	WFS-T	WCS	WMTS	TMS	WPS	SOS	CSW
MapServer	✓	✓	✓[3]	✓	✓[4]	✓[4]	☹	✓	☹
deegree	✓	✓	✓	✓	✓	☹	✓	☹	✓
GeoServer	✓	✓	✓	✓	✓ [5]	✓ [5]	✓	☹	✓

Tabla 2: Principales servicios OGC soportados. Fuente: <http://wiki.osgeo.org>

C) HTML 5

HTML es el acrónimo inglés de HyperText Markup Language, hace referencia al lenguaje de marcado para la elaboración de páginas web. Es el estándar dominante en la web para la creación de páginas y está respaldado por el World Wide Web Consortium (W3C). HTML es un lenguaje que define una estructura básica y un código (código HTML) para la definición del contenido de una página web, como texto, imágenes, videojuegos, visores,ect. La principal característica de HTML es que trabaja con hipertexto, para añadir un elemento externo a la página (imagen, video, script,...) éste no se incrusta directamente en el código de la página, sino que en el código se hace una referencia a la ubicación del contenido de esta manera el código HTML sólo contiene texto y es el propio navegador el que interpreta el código y visualiza la página final. Este lenguaje se utilizó para la estructuración de la página web del geoportal.

D) CSS

CSS es el acrónimo inglés de “Cascading Style Sheets”. Es un lenguaje formal para definir y crear la presentación de documentos estructurados escritos en lenguajes de marcado como HTML o XHTML. HTML5 se basa en el uso de esta tecnología para conseguir mayores capacidades, mayor versatilidad y eficacia en la programación y gestión de sitios web. Se empleó esta tecnología

junto con HTML5 para dar mayor dinamismo y mejorar el aspecto visual y estructura de la página web del geoportal.

E) Javascript

JavaScript es un estándar de la European Computer Manufacturers Association (ECMA). EL nombre es una marca registrada que actualmente pertenece a Oracle. Es un lenguaje interpretado que se utiliza del lado del cliente (client-side), implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz del usuario y haciendo las páginas web más dinámicas. Normalmente los guiones de programas (scripts) se vinculan o incrustan a las páginas HTML.

F) PHP

Las siglas PHP provienen del acrónimo recursivo de Hypertext Preprocesor. Se trata de un lenguaje de código abierto especialmente utilizado en el desarrollo de aplicaciones web. Tiene la peculiaridad de que se trata de un lenguaje de programación del lado del servidor y es en éste donde se ejecuta, generándose una respuesta que es enviada al lado cliente. Se puede utilizar en la mayoría de servidores web y soporta todos los sistemas operativos existentes.

G) SQL

El acrónimo SQL provienen de Structured Query Language. Se trata de un lenguaje específico utilizado en programación para diseñar, administrar y consultar bases de datos relacionales. Se utiliza principalmente para realizar consultas sobre las bases de datos y obtener información sobre los registros almacenados.

H) Notepad ++

Para la elaboración y edición del código HTML, CSS, PHP y Javascript se ha usado la aplicación Notepad++. Es un editor de texto y de código fuente libre con soportes para varios lenguajes de programación. Se distribuye bajo los términos de la Licencia Pública General de GNU.

I) Openlayers

Openlayers es una biblioteca de Javascript de código abierto bajo una derivación de la licencia BSD¹ que permite mostrar mapas interactivos en los navegadores web. Dispone de una API para acceder a diferentes fuentes de información cartográfica en la red usando los servicios OGC. Openlayers promueve proyectos como Open Street Maps, se trata de un proyecto colaborativo para crear mapas libres y editables. En la actualidad el desarrollo y el soporte de Openlayers lo mantiene la comunidad de colaboradores. Se ha usado esta herramienta para crear el geoportal utilizando su librería para conectar el navegador web con el servidor de mapas de Geoserver.

J) CatMDEdit

CatMDEdit es un proyecto OpenSource promovido por el Instituto Geográfico Nacional de España (IGN) y el grupo de Sistemas de Información Avanzados (IAAA) de la universidad de

Zaragoza con el apoyo de GeoSpatiumLab (GSL). Se trata de una herramienta para edición de metadatos con un enfoque especial para la descripción de los recursos de información geográfica.

Se trata de una herramienta implementada en Java, multiplataforma, plurilingüe, que permite la definición y administración de diferentes repositorios de metadatos. Admite la edición de metadatos conforme a las normas ISO 19115, ISO19119 y ISO 15836 y los perfiles NEM e INSPIRE. Se empleó la versión 5.0.

K) Wampserver XAMPP (Apache + MySQL + PHP)

Se trata de un paquete de software compuesto por el servidor web Apache, base de datos MySQL y lenguaje de programación PHP. Se distribuye bajo la licencia GNU GPL. Se optó por elegir este paquete como plataforma servidora de los datos porque se adaptaba a las necesidades que demandaba el trabajo y además sigue la política de todos los software empleados al tratarse de software libre. Por otro lado simplificaba muchísimo el proceso de instalación de cada uno de los componentes por separado y eliminaba los posibles conflictos entre la base de datos y el servidor.

5.1.3 Datos: Recopilación y procesado de la información geográfica de partida

En este nivel se describe el proceso de descarga de la información geográfica necesaria para el desarrollo del presente trabajo. Dos factores que se consideraron para la elección de la información fueron el ámbito geográfico y la escala de los datos. Una vez definido el ámbito de trabajo y alcance se elaboró un inventario de las capas de información geográfica necesarias para su confección:

- En formato vectorial: viario, límites administrativos, hidrografía, núcleos urbanos capa de información relativa a polígonos y parcelas SIGPAC, capa de capacidad de usos de suelo, SIOSE de Andalucía.
- En formato ráster: Modelo digital de elevaciones con un paso de malla de 25 m (MDE_25), wms de las zonas vulnerables a nitratos de la provincia de Jaén, imágenes de Landsat8, y ortofotografía aérea del PNOA.
- En formato *pdf: se descargó los mapas de zonas biológicas de la provincia de Jaén.

La información relativa a viario, límites administrativos, núcleos de población e hidrografía se obtuvo de los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA) desde la web del instituto de estadística y cartografía de Andalucía en las ediciones 2013 para viario, 2014 para hidrografía, 2017 para núcleos urbanos y 2018 para límites administrativos. Se descargaron los ficheros comprimidos de cada bloque temático con el conjunto de capas que los componen de toda el área geográfica de Andalucía. Posteriormente se realizó un filtrado de las capas necesarias y sobre ellas se aplicó un proceso de recorte(clip) para quedarnos sólo con el área de la provincia de Jaén.

El Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) de la provincia de Jaén se descargó directamente de la Consejería de agricultura, pesca y desarrollo rural de la Junta de Andalucía en su edición 2017 y coordenadas UTM-ETRS-89. El Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España (SIOSE) se descargó desde la Consejería de Medio

Ambiente y Ordenación del territorio de la Junta de Andalucía en su edición 2013 y sistema de referencia ETRS-89.

En cuanto a las capas de información en formato ráster, el modelo digital de elevaciones (MDE) con paso de malla de 25m se obtuvo mediante una descarga del centro de descargas del IGN (CNIG) realizando una búsqueda por hoja geográfica(947), como resultado se obtuvo un fichero ascII en el sistema de referencia ETRS89. Para obtener las zonas vulnerables a nitratos de la provincia de Jaén, se cargó una vista en Qgis mediante el servicio de visualización WMS de la consejería de medioambiente y ordenación del territorio. Se creó una nueva capa vectorial en Qgis denominada “Z_V_nitratos.shp” y en ella se digitalizaron las zonas de afección por contaminación en nitratos. Para el uso de la ortofotografía aérea del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) en su edición 2013 se emplean los servicios de visualización WMS de dicha entidad. Para la descarga de las imágenes de satélite Landsat8 nos servimos de la plataforma de descarga de imágenes libra, navegador open source creado por Astro Digital.

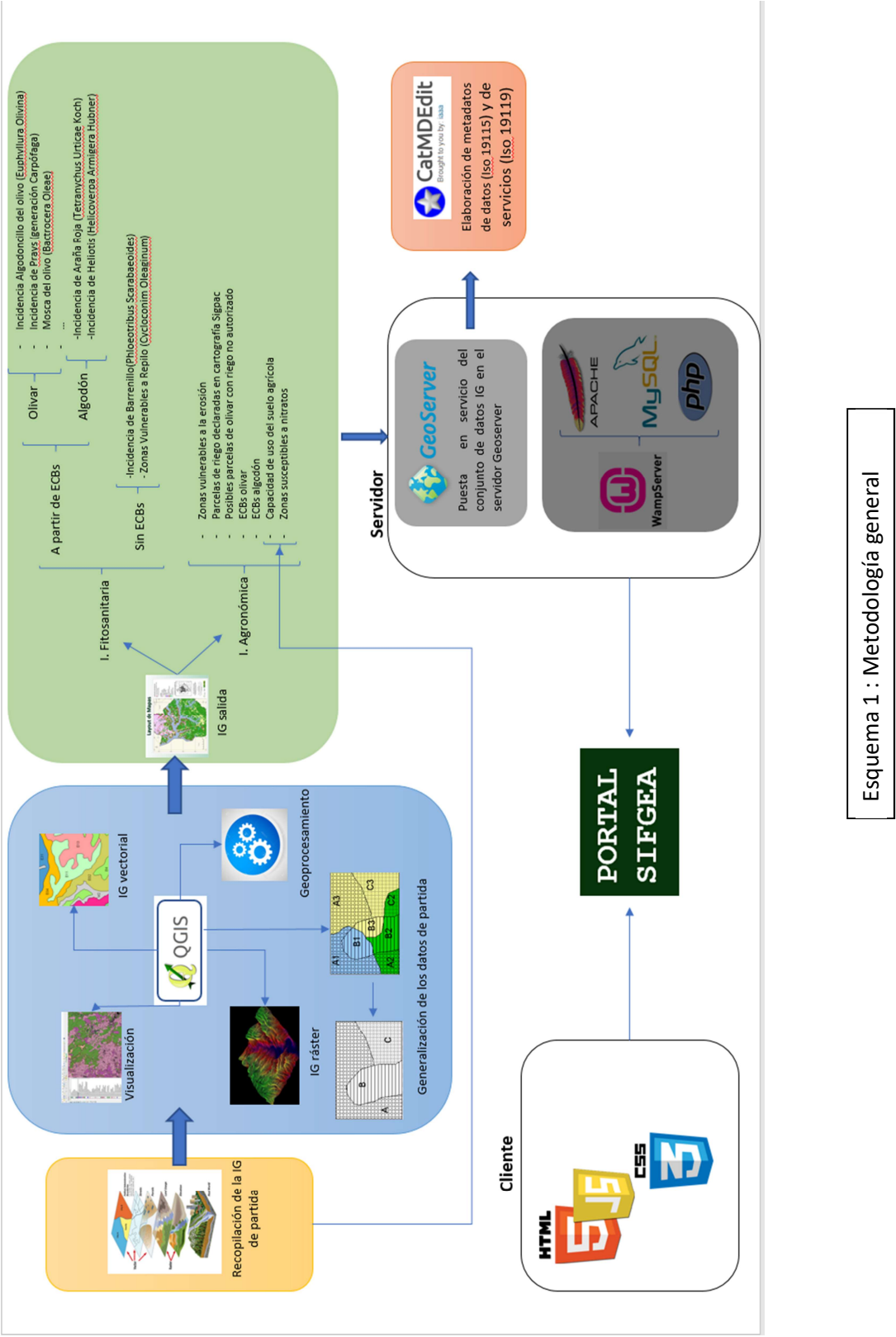
5.2 Metodología general

La metodología ha seguido los siguientes pasos (Esquema 1):

- Recopilación de la información Geográfica de Partida de las diferentes fuentes de información.
- Creación del conjunto de datos geográficos (SIG) mediante el empleo de Qgis.
- Elaboración de la cartografía:
 - Mapas de Información fitosanitaria
 - A partir de ECBs
 - Olivar: incidencia Prays Oleae (G. Antófaga)
 - Olivar: incidencia Prays Oleae (G. Filófaga)
 - Olivar: incidencia Prays Oleae (G. Carpófaga)
 - Olivar: incidencia Mosca olivo (Bactrocera Oleae)
 - Olivar: incidencia Algodoncillo (Euphyllura Olivina)
 - Algodón: incidencia Araña Roja(Tetranychus Urticae Koch)
 - Algodón: incidencia de Heliotis (Helicoverpa Armigera Hubner)
 - Sin ECBs
 - Olivar: Zonas vulnerables al Repilo(Cycloconim Oleaginum)
 - Olivar: Incidencia de Barrenillo (Phloeotribus Scarabaeoides)
 - Mapas de Información agronómica
 - Generados (fuente propia)
 - Posibles parcelas de riego irregular2017
 - Parcelas declaradas de riego en cartografía Sigpac2017
 - Zonas vulnerables a la erosión (Alto Guadalquivir)
 - ECBs olivar
 - ECBs algodón
 - Recopilados (Otras fuentes)
 - Zonas susceptibles a Nitratos

- Capacidad de uso del suelo agrícola

- Puesta en servicio del conjunto de datos de IG en el servidor Geoserver.
- Elaboración de los metadatos conforme a ISO 19115 para datos geográficos y de acuerdo a ISO 19119 para servicios.
- Implementación del geoportal siguiendo la arquitectura cliente-servidor.



5.3 Sistema de referencia de coordenadas. Georreferenciación

En este trabajo se adoptó el sistema de referencia oficial de España Etrs89, según dispone el Real decreto 1071/2007, de 27 de Julio. Como origen de altitudes de referencia se consideró los registros del nivel medio del mar en Alicante.

La proyección empleada para la representación de la IG ha sido la UTM huso 30 N en el sistema de referencia oficial de España ETRS-89 recopilada por European Petroleum Survey Group como (EPSG:25830). En cambio, en la visualización de la información geográfica en el geoportal se utiliza la proyección (EPSG :4326) coordenadas geodésicas sobre el elipsoide wgs-84 que es la que mejor soporta la librería Openlayers.

Por georreferenciación se entiende el proceso de referir la situación de los objetos en el espacio. Se distinguen dos tipos de georreferenciación, directa e indirecta. La georreferenciación directa consiste en utilizar un sistema de coordenadas establecido, junto con un determinado sistema de proyección para definir la posición de un objeto en el espacio. La norma internacional que recoge los sistemas de referencia por coordenadas es la ISO 19111:2003 CT/211.

Georreferenciación indirecta: Consiste en obtener la posición espacial de un punto en el espacio mediante su identificador geográfico, su código postal, dirección de la calle o cualquier otro dato que conduzca a una localización espacial. La norma internacional sobre referenciación espacial por identificadores geográficos es la ISO 19112, Información Geográfica.

En este proyecto se usan ambos métodos de georreferenciación, la directa para georreferenciar la cartografía y la indirecta para geolocalizar sobre ésta mediante identificadores geográficos, usada en el geoportal para encontrar posiciones puntuales, conocido el municipio, polígonos y parcela Sigpac.

VI. MAPAS DE INFORMACIÓN FITOSANITARIA

6.1 Cultivo del olivar

Se ha creado un mapa temático por cada una de las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo del olivar. Se ha considerado como principales plagas del olivar: mosca del olivo (*Dacus oleae*), Prays (*Prays oleae*), algodoncillo del olivo (*Euphyllura olivina*) y barrenillo (*Phoeotribus scarabeoides*). Como enfermedades se estudió el caso del repilo del olivo (*Spilocaea oleaginae*).

La elaboración de los mapas de plagas requiere de datos georeferenciados sobre muestras recogidas en campo de cada una de las plagas que, junto a la combinación de variables climáticas (precipitaciones, humedad, temperatura...) permitan elaborar la predicción de las plagas. De esa manera es posible pronosticar con antelación cómo evolucionaría una determinada plaga, para anticipar la toma de decisiones y actuar con antelación suficiente en el caso de que fuese necesario evitando mermas en los cultivos.

Para los casos de mosca del olivo, el algodoncillo del olivo y del prays, se ha considerado una red de estaciones de control biológico (ECB) ficticia sobre la que se genera un banco de datos ficticios del índice de ataque de cada plaga, para simular cómo funcionaría el sistema y poder emular el funcionamiento del portal. La red de estaciones se ha establecido de acuerdo con un estudio de optimización de la localización. Sobre esta red de ECB se generó el mencionado banco de datos, y con éstos los mapas de plagas. Se recurrió al método de interpolación para conseguir una trama continua y homogénea del valor de ataque de cada plaga sobre el territorio y posteriormente se aplicó la herramienta de estadísticos de zona que determinó el valor promedio de ataque para cada parcela.

Para la plaga del barrenillo del olivo y la determinación de las zonas vulnerables al repilo del olivo se utilizó una metodología diferente, sin uso de ECBs. Seguidamente se describen los procedimientos seguidos.

6.1.1 Elaboración de mapas a partir de ECB

6.1.1.1 Ubicación óptima de las ECB

Se planteó la solución de crear una red de estaciones propia cuyo fin fue definir unas parcelas testigo donde se colocarían las trampas de conteo o se realizarían inspecciones de remuestreo sobre el cultivo. Así, mediante esta red de estaciones se generan unos valores ficticios georeferenciados para cada plaga y se elaboran los mapas de plagas que se integran en el prototipo de geoportal.

Se consideraron las siguientes especificaciones para la ubicación de estaciones biológicas:

- Que se encuentren en zonas de fácil acceso desde las vías de comunicación, a no más de 100 m desde alguna carretera, camino o vía pecuaria.
- Que la pendiente del terreno de la zona a ubicarla fuera menor al 20%.
- Que hubiese una estación de control por cada 100km² de superficie, se estudió el caso más desfavorable en el que las ECB estuviesen en los vértices más distantes de una cuadrícula y se concluyó que las estaciones debían ubicarse dentro de una cuadrícula de no más de 5 x 5 km.
- Que estuviese ubicada en una parcela del cultivo a controlar.

Conocidas las condiciones a cumplir, se partió de la capa de información vectorial Sigpac, conmutando el modo edición se filtraron aquellas parcelas cuyo cultivo no fuese el olivar. Para ello en el filtro se seleccionó la opción CD_USO fuese distinto de OV (que es el código del olivar), de esta manera se eliminaron todas aquellas parcelas cuyo cultivo era diferente al olivar. El procedimiento se muestra en la ilustración 24.

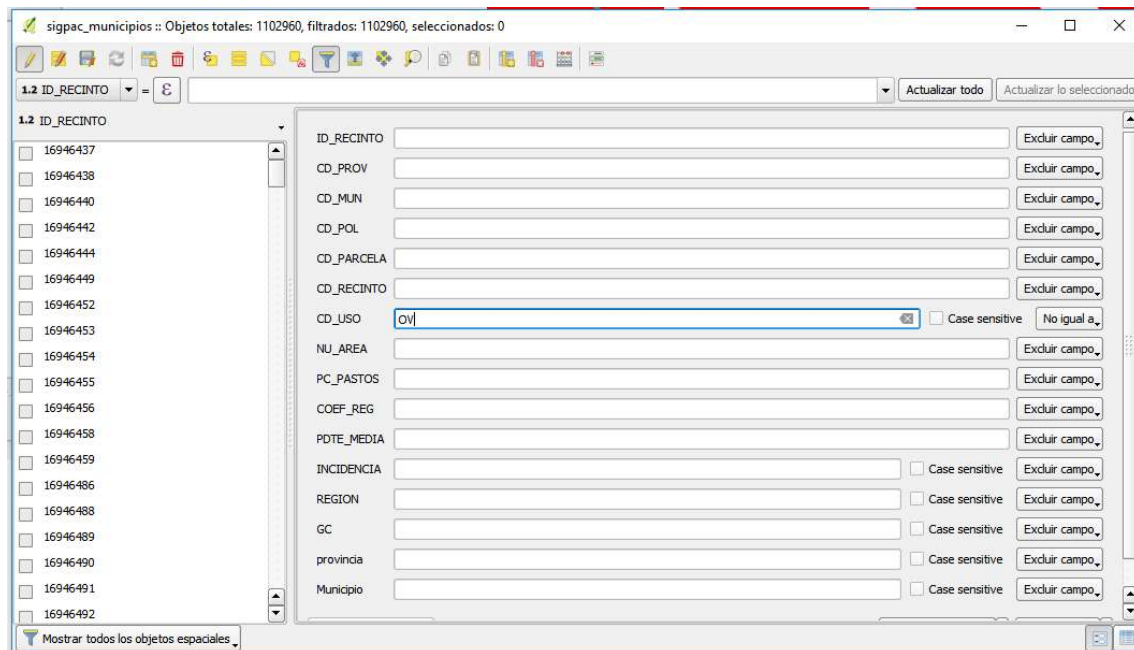


Ilustración 24: Filtrado por uso de suelo de las parcelas cuyo cultivo es distinto al olivar.

Resultó la capa “olivar.shp”, que se necesitó para conocer las zonas del cultivo sobre las que se localizaron las estaciones de control. Se consideró también que se debía cumplir que la ubicación estuviese próxima a alguna vía de comunicación. Para ello se añadieron en Qgis las capas de información de vías de comunicación (carreteras, caminos y vías pecuarias) a las tres capas se le aplicó un buffers de distancia fija 100 m a cada lado y se combinaron en una mediante un merge. Según se observa en la ilustración 25.

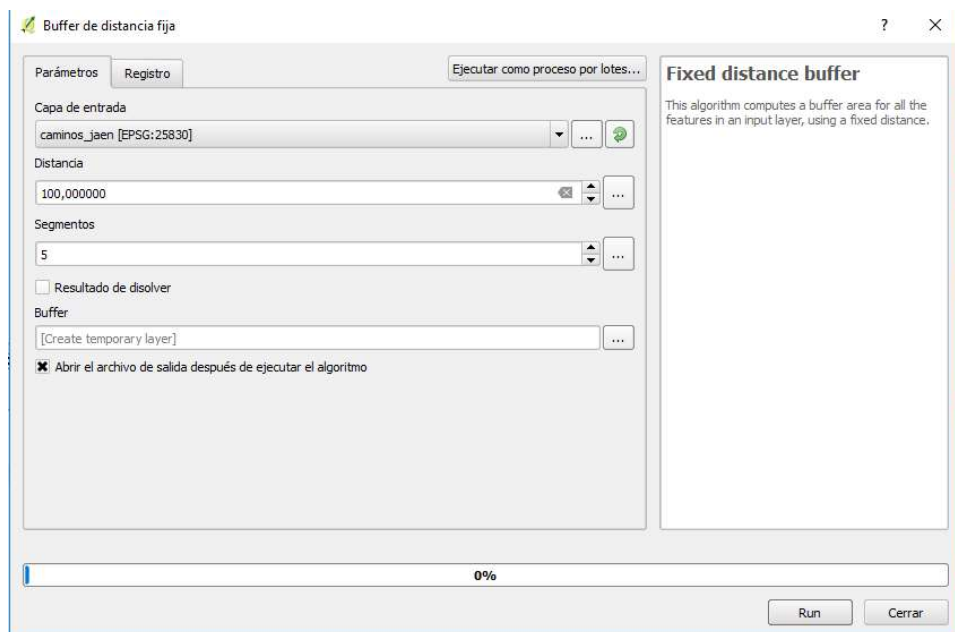


Ilustración 25: Combinación de capas vectoriales mediante un proceso de merge

Otra condición que se cumplió es que la pendiente del terreno sobre la que ubicar las estaciones de control fuese inferior al 20 %. Para calcular el mapa de pendientes partimos del modelo digital de elevaciones descargado del CNIG (MDE_25), mapa ráster de un paso de malla de 25 m que contiene en cada celda valores de altitud. Tras cargarlo en Qgis se procedió a calcular el mapa de pendientes. El proceso se expone en la ilustración 26.

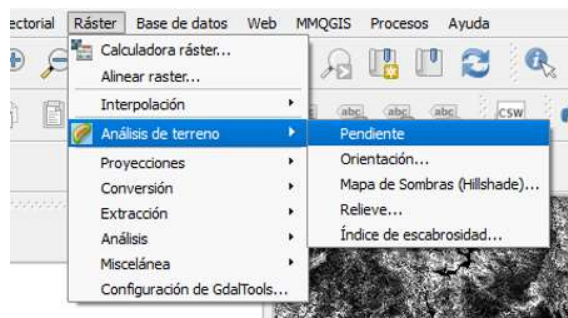


Ilustración 26: Elaboración del mapa de pendientes a partir del MDE

Obtenido el mapa de pendientes, se hizo una reclasificación del terreno mediante la calculadora ráster, se muestra en la ilustración 27. Qgis expresa el valor de la pendiente en grados. Como en el caso de estudio la pendiente máxima admisible era de un 20%, se calculó el ángulo de inclinación $\alpha = \arctan(20/100) = 11.3^\circ$. Mediante la expresión ("pendiente@1">0) AND ("pendiente@1"<=11.3) clasificamos aquellos pixeles cuyo valor x este comprendido entre $0 < x < 11.3$. Finalmente se obtuvo mapa de pendientes reclasificado "pendiente_reclasificado@1" se observa en la ilustración 28.

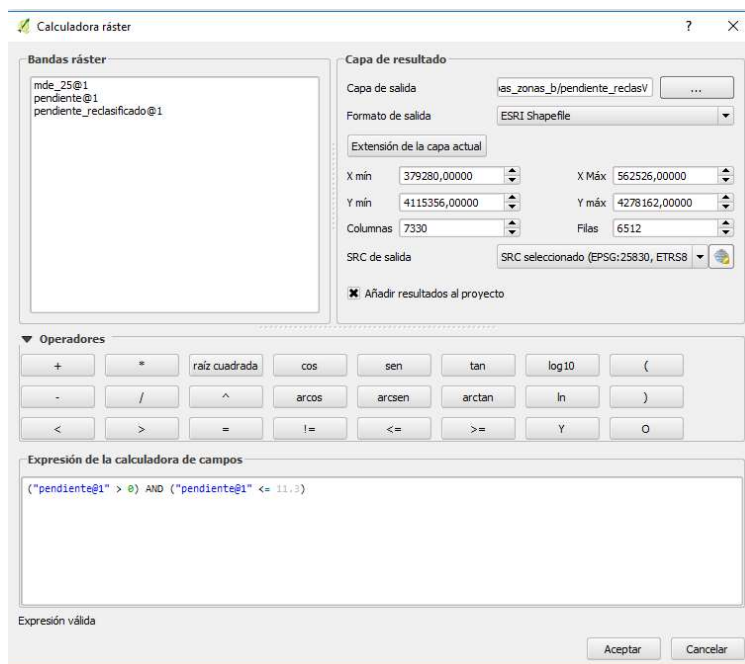


Ilustración 27: Reclasificación del terreno mediante la calculadora ráster

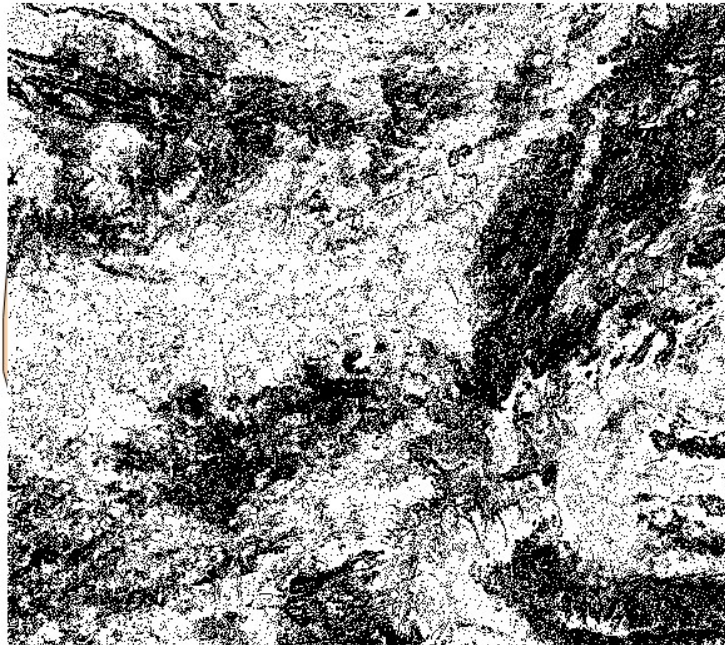


Ilustración 28: Mapa de pendiente reclasificado

Se rasterizaron las capas vectoriales de “Buffers_combinados.shp” y “olivar.shp” para operar con ellas en formato ráster, puesto que el proceso inverso de vectorización de la capa “pendiente_reclasificada@1” nos habría llevado mucho tiempo al ser una capa demasiado pesada. En la ilustración 29 se muestra el procedimiento de rasterizado y en la 30 el resultado.

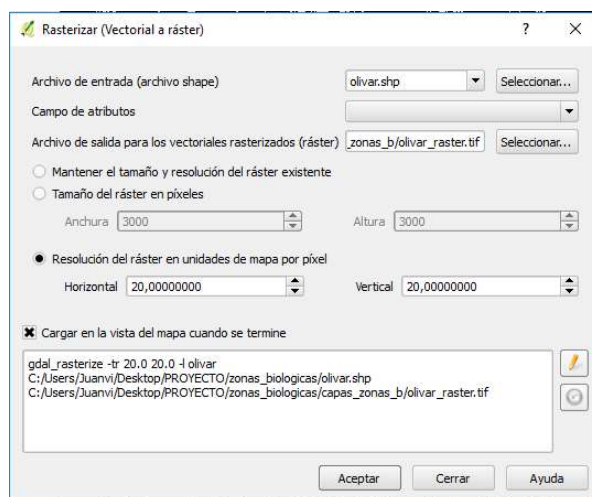


Ilustración 29: Proceso rasterización de capa vectorial

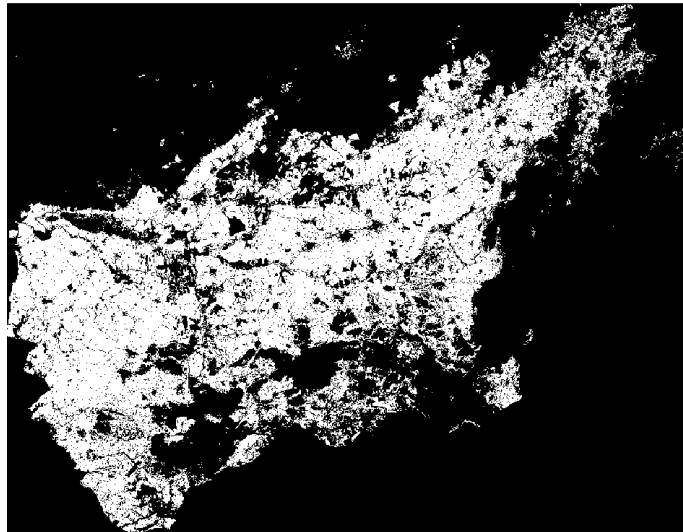


Ilustración 30: Resultado tras rasterizar la capa vectorial de olivar.

Se estaba en condiciones de operar con las tres capas: la capa de olivar, la de pendientes, y la de buffers todas ellas en formato ráster. Para ello, se hizo de nuevo uso de la calculadora ráster y se multiplicaron las tres capas entre sí. De este modo se calcularon los píxeles convergentes entre las tres capas que resultaron en las zonas óptimas para la ubicación de las estaciones de control o zonas de remuestreo del cultivo del olivar. En la ilustración 31 se muestra el resultado.



Ilustración 31: Capa de ubicación resultado

Aún quedaba una condición más que cumplir para la localización, que hubiese al menos un punto de control por cada 100 km² de superficie. Para cumplir con éste cometido se optó por definir una cuadrícula geográfica de 5 x5 km que se superpuso sobre la capa de ubicación resultado con una transparencia del 60%. De esta manera se asignó a cada cuadrado cuya área

contenía alguna zona de la capa “ubicación_resultado.tif” una estación de control biológico. Se creó una nueva capa llamada “estaciones_control_olivo.shp” de carácter puntual donde se almacenaron los datos. En la ilustración 32 se observa el procedimiento seguido.

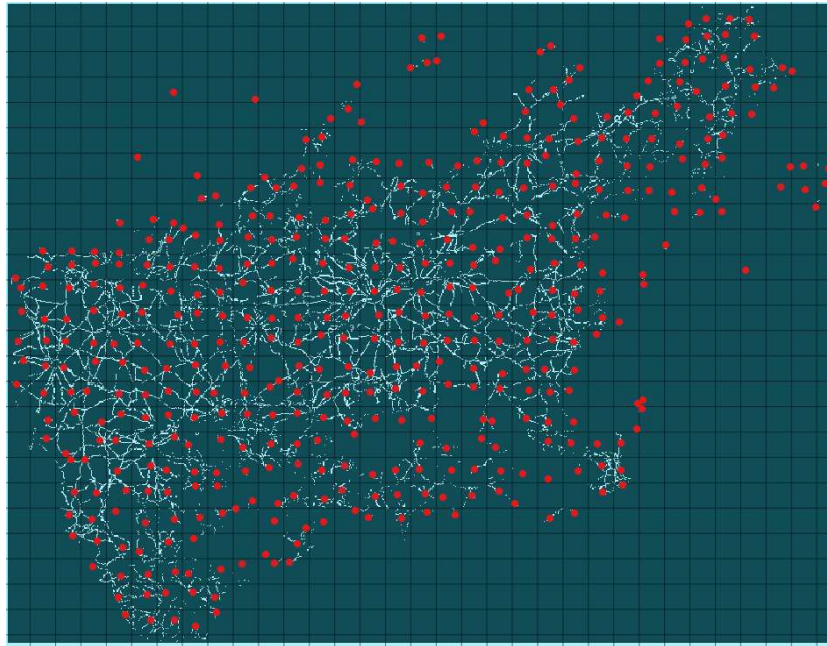


Ilustración 32: Procedimiento para la ubicación óptima de las ECB.

6.1.1.2 Generación de los mapas de plagas

Obtenido el archivo vectorial shape con las estaciones biológicas georeferenciadas, a cada ECB se le asigna un valor ficticio para cada plaga creando así un banco de datos simulados. Para ello se optó por exportar desde Qgis el fichero shape como documento delimitado por comas *CSV. De éste modo se abrió en un libro de Excell y se creó con la función Aleatorio(min, max) los valores ficticios de ataque de cada plaga, siendo conscientes y asemejando los valores ficticios a los que se pueden obtener para un caso real. Posteriormente se importó a Qgis. En la ilustración 33 se muestra el resultado del proceso.

id	coord_X	coord_Y	Porc_pray1	%APMoscaOL	%sprays2	%pray3	%algodon
1	409685	4142734	11	3.250	65.000	6	7.375
2	414600	4141586	32	0.250	60.000	13	2.375
3	419285	4141720	2	2.250	20.000	11	1.375
4	423443	4140357	17	2.500	70.000	11	6.625
5	427704	4143166	8	5.250	50.000	7	0.000
6	408202	4146133	8	4.750	50.000	7	3.625
7	413997	4146649	22	1.750	5.000	2	8.250
8	417581	4147008	6	7.500	15.000	3	9.750
9	422939	4147115	4	6.000	55.000	1	2.750
10	427242	4146225	22	3.000	20.000	8	0.000
11	403249	4152138	0	0.750	70.000	5	5.125
12	408778	4150244	2	6.250	20.000	10	5.375
13	414061	4150654	35	3.250	20.000	12	7.625

Ilustración 33: Valores aleatorios de ataque de plagas

Los valores estimados para que una plaga se considere de riesgo para el cultivo se muestran en la tabla 3. Los datos de la tabla 3 son valores de referencia ficticios.

Plaga	Valor de muestreo	Índic. Plaga
Mosca del olivo (<i>Dacus oleae</i>)	% de aceituna picada	>5%
Prays : Generación filófaga	% de tallos dañados (las yemas o sus hojas)	>20%
Prays: Generación antófaga	% de inflorescencias	>60%
Prays: Generación carpófaga	% aceitunas atacadas y aceitunas con huevos viables	>3%
Algodón (<i>Euphyllura Olivina</i>)	% Ataque de la plaga sobre tallos de crecimiento del árbol	>10%

Tabla 3: Valores de referencia del índice de plaga

Por cada plaga se generó un mapa utilizando los valores estimados para cada una de ellas. Para ello, se recurrió al método de interpolación. El método de interpolación usado fue el inverso a la distancia. Mediante ésta metodología se interpoló la capa “estaciones_control_olivo.shp” por cada plaga, de este modo se consiguió pasar de valores discretos puntualmente localizados a una trama ráster continua de tal manera que a cada punto x,y se le asignó un valor “Z” de plaga. El resultado fue un archivo en formato ráster por plaga que posteriormente se combinaron mediante un algoritmo de análisis estadístico con la capa “olivar.shp”. En la ilustración 34 se aprecia el proceso de interpolación en Qgis.

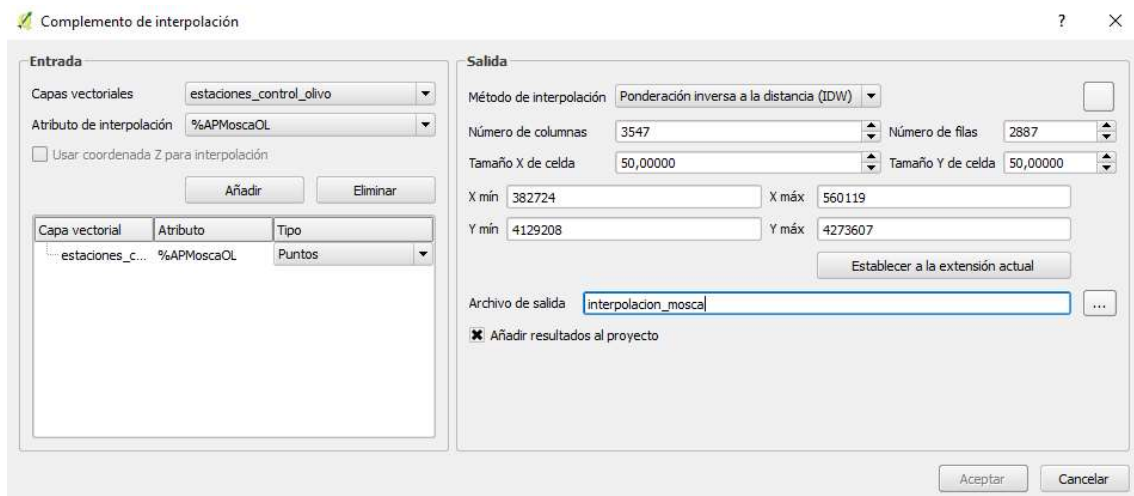


Ilustración 34: Proceso de interpolación en Qgis.

El algoritmo de análisis estadístico calcula la intersección entre las features de la capa vectorial con la capa ráster, y sobre esos píxeles intersección calcula una serie de estadísticos: el valor medio, la moda, la mediana, la desviación típica, ..., que asigna a la feature. De este modo tras el proceso cada elemento de la capa vectorial tiene asignados unos valores estadísticos. En la ilustración 35 se muestra el proceso de análisis estadístico.

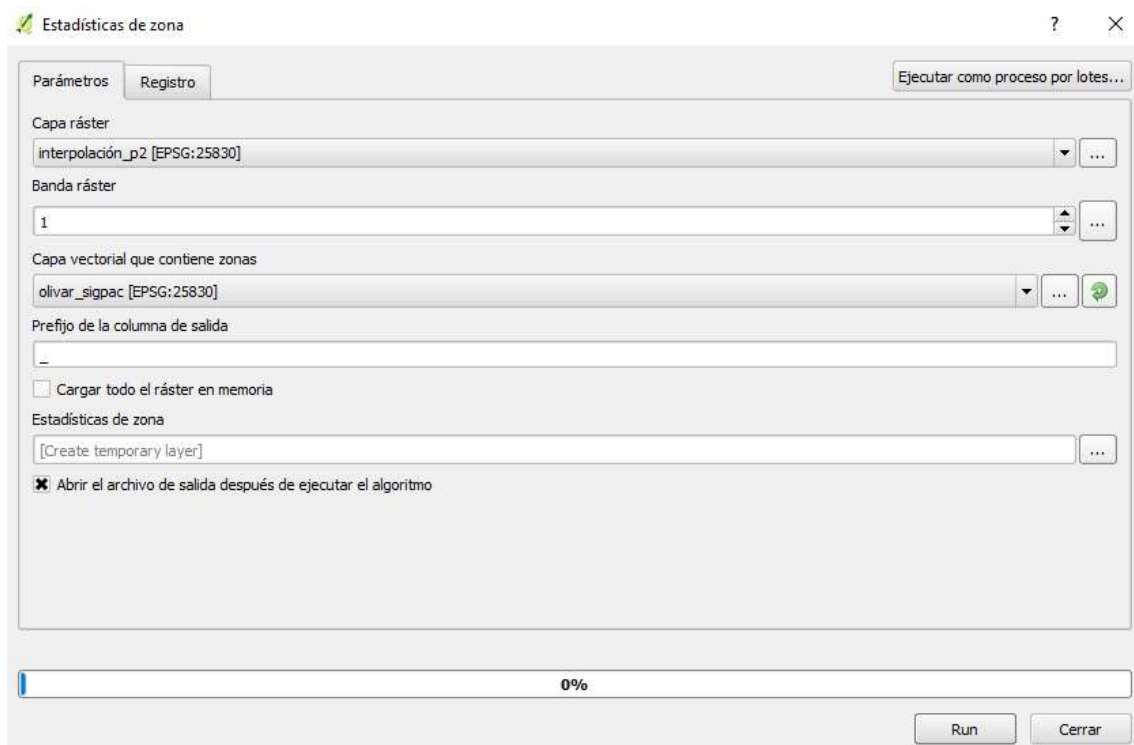


Ilustración 35: Análisis estadístico.

Fruto del paso anterior se derivaron las capas vectoriales hijas (“olivar_p1.shp”, olivar_p2.shp”, “olivar_p3.shp”, “olivar_mosca.shp”) de la capa “olivar.shp” con los estadísticos de plagas. Las capas resultado serán las que se subirán al servidor de mapas Geoserver donde se le aplicarán estilos para facilitar la visualización e interpretación de los datos.

Para el caso de la generación del mapa de plagas de Prays: generación carpófaga, además de los valores de remuestreo de campo se consideraron variables meteorológicas y biológicas, para tal fin se realizó un estudio probabilístico. La metodología fue la siguiente: en primer lugar, se hizo un seguimiento del estado fenológico del cultivo y de la evolución de la plaga para determinar el ciclo de fin de puestas de la polilla del olivo. Finalizado este periodo se procedió a la toma de muestras y se estimó el ciclo de nascencia de las larvas.

Con los valores muestreados en cada ECB, el porcentaje de aceituna con huevos viables(AV), se estudió la probabilidad de nascencia de las larvas en función de: la media de la temperaturas máximas, la media de la humedad relativa y la población de fauna auxiliar que proporciona un control biológico para el periodo de nascencia del gusano.

Ciñiéndonos al artículo “El prays del olivo “ (técnico agrícola, 2014), se concluyó que los efectos causados por la plaga de prays generación carpófaga pueden ser minorados si se dan las siguientes condiciones climáticas y o biológicas:

- Si la temperatura supera los 30º y la humedad relativa está por debajo del 20 % las larvas carpófagas no pueden penetrar en el fruto por lo que se produce una mortandad de entorno el 40% ($P_m=40\%$).
- Una buena población de fauna auxiliar (P_f) reduce los niveles de eclosión de los huevos de prays, para ello se distinguen tres niveles de población: baja, media y alta. En el mejor de los casos se reduce la población que penetra en el fruto en un 20%, un 10% para una población media e inferior 5% para una población baja.

Para obtener una estimación de las condiciones meteorológicas medias para el periodo de referencia nos remitimos a las predicciones meteorológicas de la agencia estatal de meteorología (AEMET), de tal manera se obtuvo una predicción de la condición meteorológica más probable para el periodo de eclosión de los huevos que junto con los valores de campo permitió extraer una expresión que definiera el impacto de la plaga.

$$P_n = P_{AV} * (1 - (P_m + P_f) / 100)$$

Siendo P_n : Porcentaje de aceitunas con huevos que nacen y penetran en el fruto

P_{AV} : Porcentaje de aceitunas con huevos viables.

P_m : Porcentaje de mortandad debido a condiciones meteorológicas adversas.

P_f : Porcentaje de mortandad debido a la presencia de fauna auxiliar.

La metodología seguida para determinar la población de prays que supone una amenaza para el fruto ha sido la siguiente: con los datos de previsión meteorológica (humedad min. media y media de temperaturas máximas) para la etapa de nascencia de los huevos georeferenciada por estaciones meteorológicas, y con los datos de campo de aforo de fauna auxiliar georeferenciados por estaciones biológicas(valores ficticios, generados aleatoriamente previa definición del rango), se crearon tres archivos ráster fruto de la interpolación de cada variable.

Esos archivos ráster se contrastaron con la capa de “olivar_p3.shp” mediante el comando de Qgis “Estadísticos de zona” para obtener el valor medio de cada variable por parcela. Una vez se obtuvieron estos valores se puso la capa resultado “olivar_p3_Pn.shp” en modo edición. En la tabla de atributos se creó un nuevo campo (P_n) y se aplicó la expresión anterior consiguiendo la estimación de aceituna que se ve afectada por la plaga. Que es el valor que se representa en el mapa de “ Prays generción Carpófaga”. En la ilustración 36 se presenta el procedimiento.

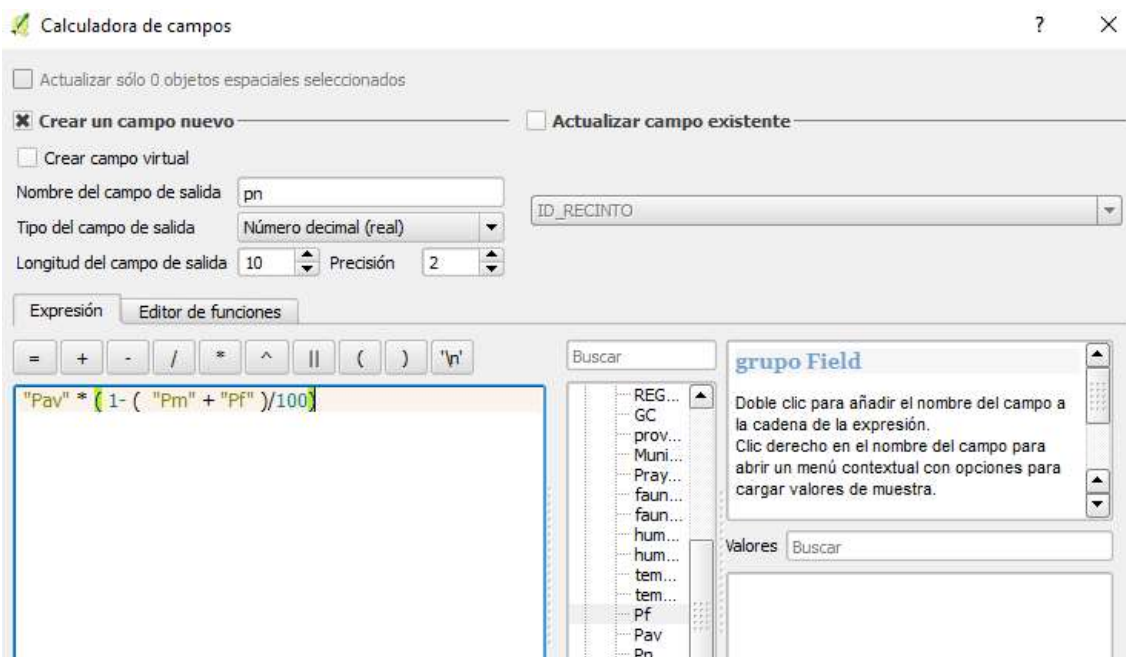


Ilustración 36: Calculadora de campos

6.1.2 Elaboración de mapas sin la utilización de ECB

Para la elaboración de los mapas de zonas vulnerables al repilo del olivo y barrenillo se utilizó un procedimiento de análisis multicriterio basado en las especificaciones que se muestran en la tabla 4.

Caso Repilo del olivo	Caso Barrenillo
- Se consideró las zonas de altitud inferior a 600 m - Se estimó la proximidad a cauces de agua permanentes - Se seleccionó las zonas del territorio con orientación norte por ser las menos soleadas, y por tanto, la humedad relativa mayor condición indispensable para la proliferación del hongo - Se consideró las zonas sobre las que se asienta el cultivo del olivo	-Se estudiaron las zonas en las que se da el cultivo del olivar -Se consideró la proximidad del cultivo a núcleos habitados.

Tabla 4: Especificaciones repilo y barrenillo olivo.

Para la modelización del mapa de repilo del olivo no se consideraron variables temporales como humedad relativa del ambiente, modelos de precipitaciones, temperatura, variedades, marcos de plantación, estado de los árboles, ... sino que se optó por considerar sólo variables constantes para determinar las zonas de interés.

6.1.2.1 Mapa Zonas vulnerables al repilo

Partiendo del modelo digital de elevaciones (MDE_25) se calcularon las zonas con altitudes inferiores a los 600 m sobre el nivel del mar, para ello se reclasificó el archivo de partida mediante la calculadora ráster según se observa en la ilustración 37.

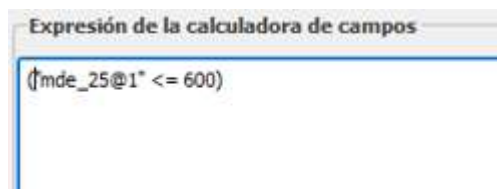


Ilustración 37: Reclasificación MDE mediante calculadora de campos

Este comando aplicó un filtro sobre aquellas teselas cuyo valor fuese mayor a 600 y las eliminó quedando los píxeles que cumplen con la condición establecida. También se necesitaba la capa del cultivo del olivar rasterizada, como ya se disponía de ella de operaciones anteriores solo bastó con cargarla.

A continuación, se obtuvo el ráster de orientaciones, para ello en el menú de herramientas [ráster/ Análisis del terreno/orientación] según se muestra en la ilustración 38.



Ilustración 38: Obtención del ráster de orientaciones

Los mapas de orientaciones representan la dirección descendente del terreno. Los valores de las teselas pueden tomar valor desde 0 a 360 grados sexagesimales siendo dichos valores el norte magnético. El sentido es el de las agujas del reloj siendo las componente Este, Sur, y Oeste 90,180 y 270º respectivamente.

Como el área de interés era las zonas de orientación norte, se filtró el archivo de pendientes de salida con la calculadora ráster sabiendo que las zonas de orientación norte tendrían unos valores entre 270 y 90 °. En la ilustración 39 se muestra el proceso de filtrado y en la 40 el resultado.



Ilustración 39: Filtrado orientaciones norte

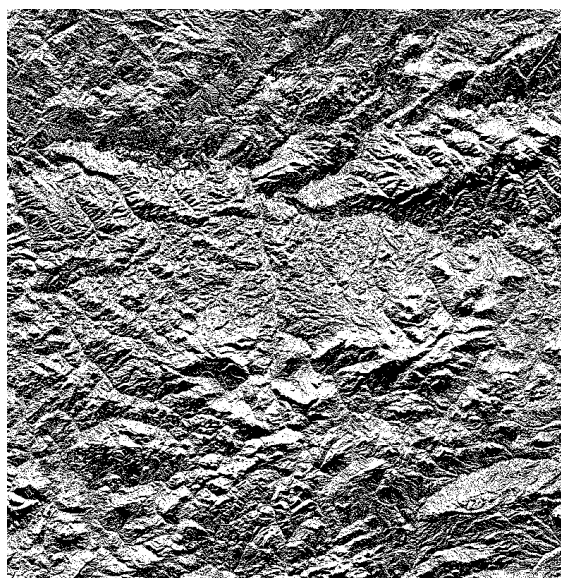


Ilustración 40: Mapa de orientaciones norte

Sobre la capa de ríos y láminas de agua superficiales de la provincia se hizo un buffer de distancia variable en función de la jerarquía del cauce de agua, para ello previamente se había editado su tabla de atributos creando el campo ‘jerarquía’ y clasificado las features. Las capas resultado del proceso de buffer se unieron en una sola mediante un merge y se rasterizó para poder operar con las capas anteriores como resultado se obtuvo la capa “R_Z_humedas.shp” .

Seguidamente, se multiplicaron entre sí las cuatro capas “R_Z_humedas.tif”, “olivar_raster.tif”, “orientación_norte.tif” y “ráster_altitud.tif” con la ayuda de la calculadora ráster para obtener los pixeles intersección entre ambas que mostraron el área de interés.

Por último se vectorizó la capa ráster resultante del paso anterior y se obtuvo la capa de polígonos “zonas_vulnerables_repilo.shp”. Se muestran en la ilustración 41 las layers de “Provincia.shp”, “olivar.shp” y superpuesta a éstas “zonas_vulnerables_repilo.shp” con un nivel de transparencia del 60%.

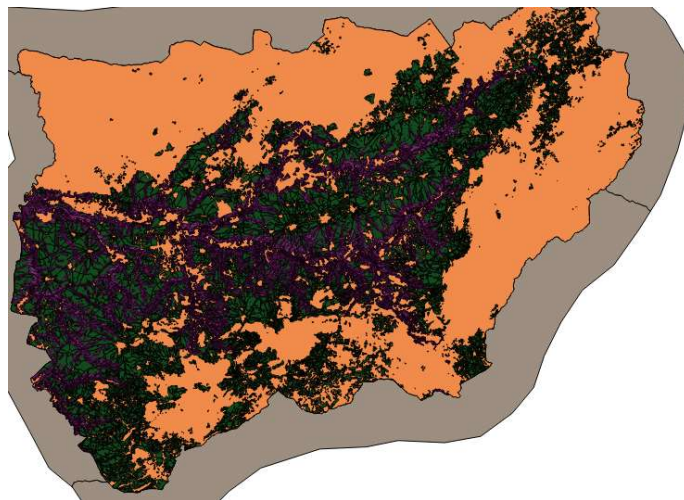


Ilustración 41: Capa de zonas vulnerables al repilo en color magenta

6.1.2.2 Mapa de incidencia de barrenillo

En el caso del barrenillo del olivo como factor limitante para que se diera esa plaga se consideró la proximidad a núcleos de población. El insecto causante de la plaga hace las puestas sobre la leña fresca de la poda a principios de primavera. Esa leña se recoge y almacena en leñeras para utilizarla en invierno como combustible. A finales de primavera principios de verano nacen las larvas del insecto y comienzan a atacar a los olivares más próximos. Por ello, se considera como las zonas más propensas a padecer la plaga aquellas que están más cercanas a núcleos habitados.

Se consideró en función de la distancia tres niveles de incidencia de la plaga. Nivel Alto para aquellos cultivos que se encuentren a menos de 500 m de los focos de emisión, medio para distancias mayores a 500 m e inferiores a 1000 m y bajo para distancia mayores a 1000 m y menores a 1500 m. Para distancias mayores se despreció los posibles daños a causar por no ser demasiado significativos.

Respecto a la metodología seguida para la elaboración del mapa, se partió de la capa shape de la provincia de Jaén a la que se le aplicó un proceso de buffer de distancia fija de 1500m. Sobre esta se hizo un recorte(clip) con la capa de núcleos de población de la comunidad autónoma de Andalucía(DERA). Así se obtuvo la capa de núcleos de población de la provincia de Jaén y núcleos de población limítrofes a los límites de la provincia de Jaén. Sobre la capa de núcleos de población se aplicaron tres buffers de distancia fija para determinar los posibles niveles de incidencia de la plaga, buffers de hasta 500 m para incidencia Alta, $500 > \text{media} < 1000$, $1000 > \text{baja} < 1500$. Sobre las capas de buffers se creó el campo incidencia de plaga y se le asignó el valor correspondiente en función de la zona. A continuación, se combinaron las capas(merge), y a la capa resultante se le aplicó un proceso de intersección con la capa “olivar.shp” para de este modo hallar las posibles zonas de afección de la plaga obteniendo las zonas vulnerables a la plaga de barrenillo. En la ilustración 42 se muestra la zona de afección de la plaga de barrenillo sobre el municipio de Martos.



Ilustración 42: Zona afección de barrenillo sobre el municipio de Martos.

6.2 Cultivo del algodón

Ante esta situación, se dio la misma problemática que para el caso del olivar: no se disponía de valores georeferenciados en tiempo real de las posibles plagas que afectan a este cultivo, por lo que se optó por simular cómo funcionaría el sistema. Para ello, de igual modo que se hizo para el cultivo del olivo, se definieron una serie de estaciones de control biológico o parcelas testigo de remuestreo cumpliendo una serie de requisitos previamente definidos. Sobre estas se crearon aleatoriamente los valores por cada plaga. Las plagas objeto de seguimiento fueron: Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) y Heliothis (*Helicoverpa armígera* Hubner).

Para el procedimiento de determinación de las posibles zonas de cultivo del algodón, se consideró que este cultivo se da principalmente en la vega del Guadalquivir. Para ello, nos remitimos al fichero de zonas biológicas del cultivo del algodón obtenido mediante digitalización de las zonas biológicas proporcionadas por la RAIF en formato pdf. Junto a este fichero se contrastaron los datos de usos de suelo de parcelas Sigmac para delimitar las posibles parcelas en las que se estuviese cultivando el algodón. Al tratarse de un cultivo anual y a las prácticas culturales de rotación de cultivos, hace que la superficie dedicada a este cultivo no permanezca constante, por lo que su monitoreo e inventariado resulta más complicado.

Pasando al procedimiento analítico, sobre la capa Sigmac de la provincia de Jaén en formato vectorial se aplicó un proceso de recorte (clip) con la capa de zonas biológicas de algodón. Sobre la capa recortada resultado se filtró el uso de suelo, quedándonos sólo con aquellas parcelas cuyo uso fuese tierras arables(TA) que es donde sería posible su cultivo descartando todas las demás. En la ilustración 43 se muestra el resultado.

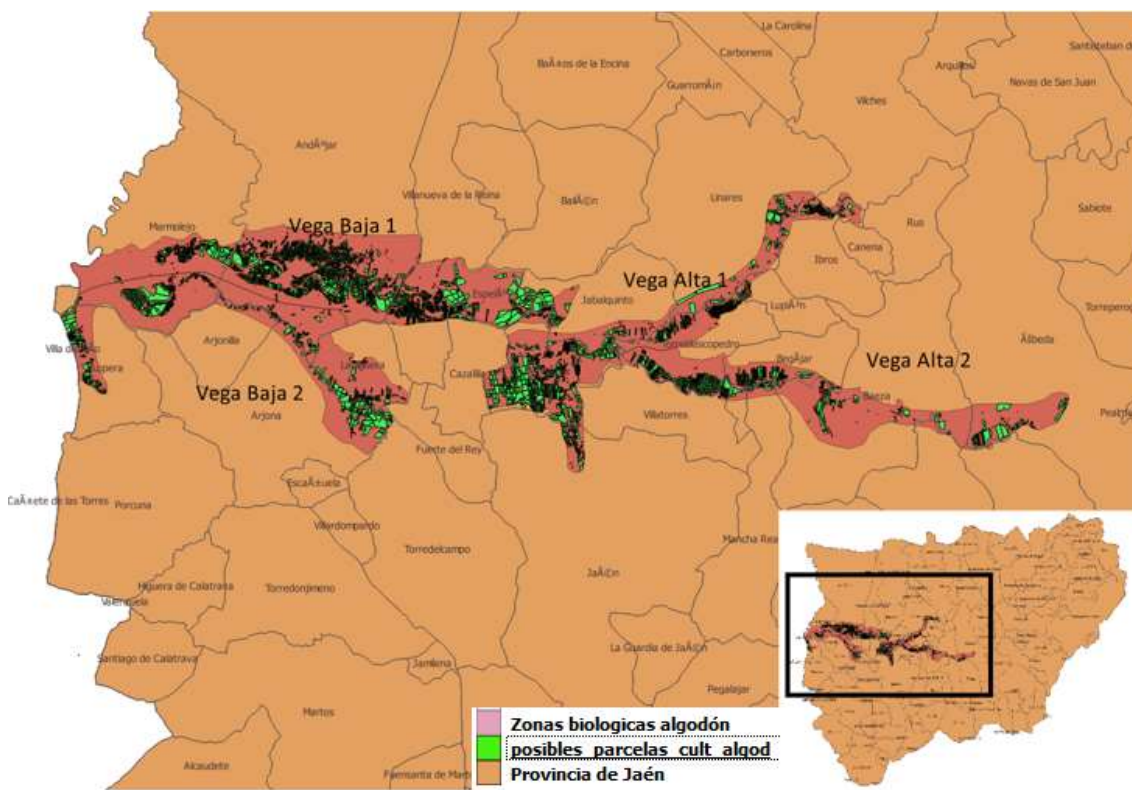


Ilustración 43: Posibles parcelas de cultivo de algodón

De igual modo que se hizo para el cultivo del olivar. Para el seguimiento y monitoreo de las principales plagas del cultivo del Algodón se definió una serie de Estaciones de Control Biológico (ECBs) sobre el territorio que asienta el cultivo. Para mediante esta metodología obtener valores puntuales georeferenciados del ataque de las plagas en cuestión y mediante esos datos extrapolar al resto del territorio, obteniendo una trama continua de ataque que se asemeje a la realidad. Con los datos de niveles de ataque se generan mapas temáticos con los niveles de ataque y se publican mediante el geoportal web.

Para la localización de las ECB se impusieron las siguientes condiciones:

- Que la estación de control biológico o zona de remuestreo se encontrara dentro de una parcela cuyo cultivo fuese el algodón.
- Que se la parcela donde se ubique la ECB fuese mayor a 4 ha.
- Que se ubicara a distancias no superiores a 100 m desde alguna vía de comunicación.
- Que la ECB no se encontrara a distancias inferiores a 25 m a márgenes de agua permanentes.
- La distancia entre ECB fuese inferior a 5 km.

Siguiendo los requisitos impuestos para el emplazamiento de las ECB se dispuso a localizar las zonas más idóneas. Para cumplir el primero de ellos basta con considerar aquellas parcelas obtenidas previamente que se encuentran dentro de las zonas biológicas del cultivo del algodón delimitadas por sanidad vegetal de la Junta de Andalucía y que además cumplen el requisito de (TA) tierras arables como uso de suelo en el SIGPAC. Para el segundo de ellos, que su extensión

superara las 4 ha de superficie, se calculó la superficie de las parcelas de estudio y se descartaron aquellas cuya área fuese menor. Bastó con crear un nuevo campo sobre la tabla de atributos y usando la calculadora de campos se asignó a cada polígono su superficie con la función \$área. Posteriormente se aplicó un filtrado para eliminar los polígonos que no satisficieran dicha condición.

Para hallar las zonas óptimas de emplazamiento, se realizaron sendos buffers de distancia sobre las capas de vías de comunicación e hidrografía con las distancias fijadas. Se excluyó las zonas de buffer de ríos y se delimitaron las zonas de intersección entre el buffer de vías de comunicación y las parcelas de estudio. Posteriormente se fijó una cuadrícula de 2.5x2.5 km, donde cada cuadrado definió el área sobre el que se ubicaría una ECB.

Sobre las zonas de óptimas de ubicación por cuadrado se estableció un orden jerárquico en función del tipo de vía considerando carreteras, Vías pecuarias y caminos como nivel 1, nivel 2, y nivel 3 respectivamente. En la ilustración 44 se muestra el resultado del proceso.

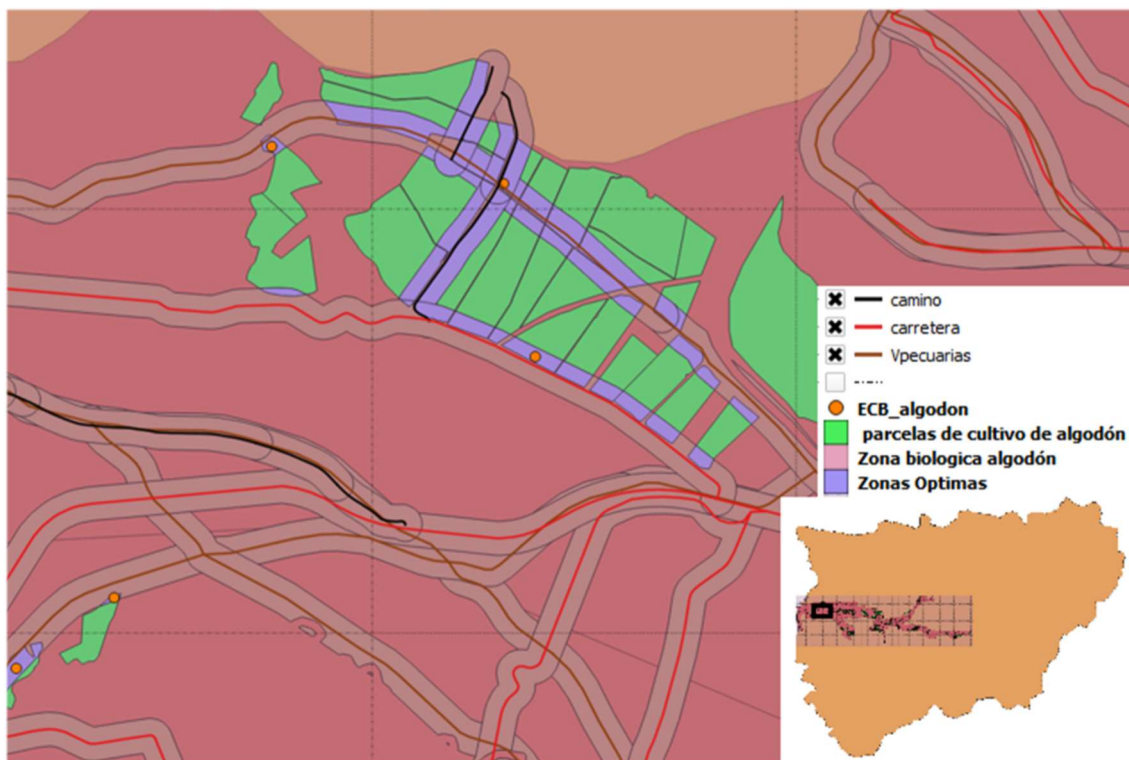


Ilustración 44: Zonas óptimas para la ubicación de las ECB algodón

Tras disponer de la red de estaciones ECB, se generó los valores ficticios de muestreo de campo para elaborar los mapas de plagas. Al igual que se hizo para el cultivo anterior se simulaban unos valores que se asemejaran a los que podrían darse en la realidad para reproducir como podría funcionar el servicio. En la tabla 5 se muestran las plagas muestreadas, el valor de muestreo y el índice para que una plaga se considere de riesgo para el cultivo.

Plaga	Valor de muestreo	Índic. Plaga
Araña Roja (<i>Tetranychus urticae</i> k.)	Nº hembras adultas por hoja	>1
Heliotis (<i>Helicoverpa armigera</i> H.)	Nº larvas < 1,5 cm por hectárea	>8000

Tabla 5: Plagas e índices de plaga en algodón. Valores de referencia ficticios

Generados los valores de campo se procedió a realizar sendas interpolaciones de los datos puntuales para conseguir una trama continua y uniforme que se asemeja al comportamiento real de la plaga en el territorio. Para ello se utilizó el método de interpolación del inverso a la distancia. Seguidamente se aplicó un proceso de análisis estadísticos, mediante esta herramienta se le asigna a cada parcela una serie de estadísticos en función del valor de los píxeles resultado de la interpolación. Finalmente como resultado de los procesos de análisis estadístico se obtienen las capas de las plagas de Araña roja y Heliotis en algodón.

VII. MAPAS DE INFORMACIÓN AGRONÓMICA

En el presente apartado, se describe el procedimiento seguido para la obtención de las diferentes capas de información agronómica. El visor de información agronómica se compone de siete capas de información:

- ECBs olivar
- ECBs algodón
- Zonas vulnerables a nitratos
- Capacidad de uso del suelo agrícola
- Parcelas declaradas de riego en cartografía Sigpac
- Zonas vulnerables a la erosión (Alto Guadalquivir)
- Posibles parcelas de olivar con riego irregular

Las capas de información de ECBs de olivar y algodón se dispone de ellas de los epígrafes 6.1.1 y 6.2 de esta memoria, respectivamente. Para obtener la capa de información de “Zonas vulnerables a los nitratos”, se cargó en el visualizador de Qgis mediante enlace directo con el servicio WMS a la consejería de medioambiente y ordenación del territorio de la Junta de Andalucía. Se creó una nueva capa vectorial denominada “Z_V_nitratos.shp” y en ella se digitalizaron las zonas afectadas.

La capa de “Capacidad de uso del suelo agrícola”, es una simple difusión del contenido de la fuente original. Se descargó de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del territorio de la Junta de Andalucía en el sistema de referencia ETRS89 y se recortó el ámbito geográfico de estudio. La capa de “Parcelas declaradas de riego en cartografía Sigpac2017” se obtuvo conmutando la capa cartografía Sigpac2017 y filtrando las parcelas cuyo coeficiente de regadío era distinto de cero. Así se creó un nuevo conjunto de datos con las parcelas de riego.

Para las capas de “Zonas vulnerables a la erosión (Alto Guadalquivir)” y “Posibles parcelas de riego irregular2017” se han realizado dos estudios que se desarrollan a continuación.

7.1 Delimitación de zonas susceptibles a laboreos en la cuenca de los embalses de Pedro Marín, Doña Aldonza y Puente la Cerrada

El interés por esta zona de estudio surge tras conocer la publicación del artículo *“Evolución morfosedimentaria de la transformación de un embalse en un humedal (Embalse de Doña Aldonza, Alto Guadalquivir)- Estimación de la degradación específica de la cuenca”* (Julio Calero, José David Del Moral, F. García-García, Patricio Bohórquez, 2015) y tener conocimiento de que los embalses de la zona del Alto Guadalquivir se encuentran prácticamente colmatados. Siendo la zona más problemática de la provincia y habiéndose reconvertido dichos embalses prácticamente en humedales.

Se estimó conveniente realizar este caso de estudio como modelo para incorporarlo al visor de información agronómica y ofrecer de este modo un servicio a la administración para la gestión de los embalses. Sirviendo este caso de estudio como referencia y pudiendo aplicarse metodologías análogas a otros casos de estudio similares.

Es conocido que el aterramiento de los embalses es un gran reto por controlar en el futuro próximo. Actualmente está provocando la disminución progresiva de la capacidad de embalse, llevando a algunos de ellos como en el caso de estudio, a niveles insostenibles que hacen necesaria una actuación inmediata para paliar dichos efectos y para adoptar medidas de control que los minimicen.

En este sentido los Sistemas de Información Geográfica juegan un papel crucial como herramienta de estudio y gestión. La problemática que se plantea es reducir el depósito de sedimentos sobre los embalses de Pedro Marín, Doña Aldonza y Puente Cerrada en el Alto Guadalquivir. Para tal fin se propone delimitar las cuencas hidrográficas de dichos embalses con el fin de imponer prácticas efectivas para el control del suelo, en aquellas zonas en las que la pendiente del terreno sea superior al 15%, que disminuya el arrastre de sedimentos hasta la zona de embalse.

La metodología que se siguió para determinar las zonas de influencia altamente sensibles fue la siguiente: en primer lugar, conocida el área de actuación se descargó mediante el servicio WFS de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del territorio de la junta de Andalucía, la capa vectorial de embalses sobre la que se filtraron los embalses de interés. Para ello se recurrió a las sucesivas peticiones HTTP GET con los siguientes parámetros KVP:

- Url del servicio:

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_WFS_SP_Infraestructuras_Hidraulicas?

- Archivo de capacidades del servicio (GetCapabilities):

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_WFS_SP_Infraestructuras_Hidraulicas?Request=GetCapabilities&Service=WFS

La operación GetCapabilities devuelve un fichero XML con información relativa al servicio WFS, el autor o puntos de contacto del servicio, los sistemas de referencia que soporta, los formatos de salida, los objetos geográficos que contiene y que operaciones soporta para cada tipo de entidad.

- Operación : DescribeFeatureType

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_WFS_SP_Infraestructuras_Hidraulicas?Request=DescribeFeatureType&Service=WFS&Version=1.1.0

Devuelve la descripción de los tipos de objetos geográficos que el servicio puede ofrecer. El servidor devuelve como respuesta un archivo XML. En la descripción del tipo de objeto geográfico se indica cómo hay que codificar los objetos geográficos para enviarlos como datos de entrada en operaciones de inserción, actualización o sustitución, y cómo se codifican cuando son datos de salida.

- Operación : GetFeature

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_WFS_SP_Infraestructuras_Hidraulicas?REQUEST=GETFEATURE&VERSION=1.1.0&TYPENAME=embalses&SRNAME=EPSG:25830&Service=WFS

Esta operación devuelve un fichero GML que contiene los objetos geográficos seleccionados. En la Ilustración 45 se muestra el resultado.

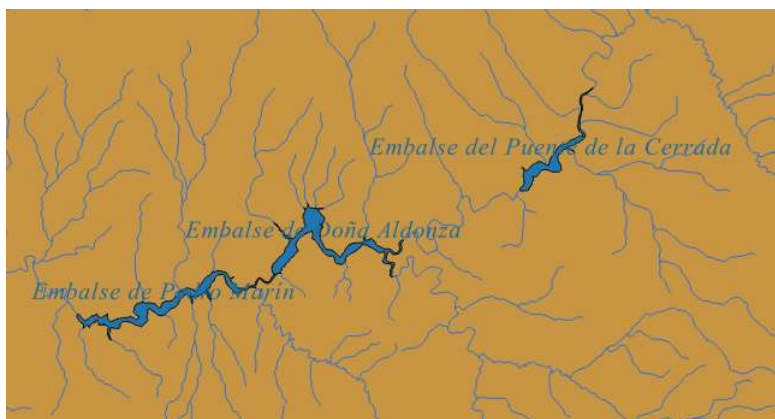


Ilustración 45: Resultado de la operación GetFeature

Tras obtener los embalses objeto de estudio, se procedió a cargar el modelo digital de elevaciones MDE_25 y se determinaron las cuencas hidrográficas, para ello se utilizó la extensión GRASS de QGIS por su potencial en el cálculo de cuencas.

En primer lugar, se creó un directorio nuevo de mapas para almacenar todos los archivos generados durante el proceso. Tras crear el directorio, se importó a la extensión GRASS el modelo digital de elevaciones MDE_25 así como las capas vectoriales de hidrografía y embalses. Posteriormente mediante el módulo de modelado hidrológico se creó el mapa de cuencas se muestra el proceso en la ilustración 46.

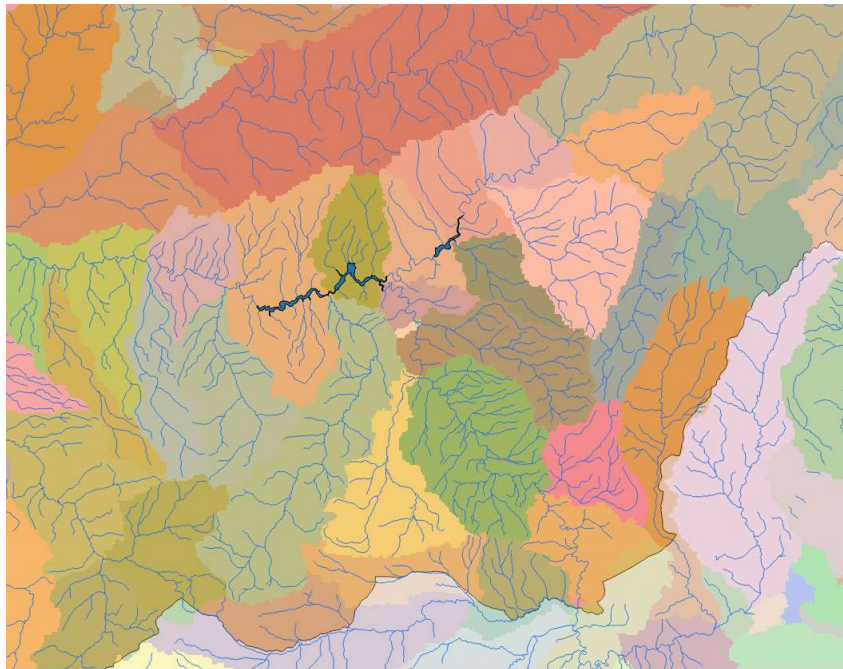


Ilustración 46: Mapa de cuencas provincia de Jaén

Generado el mapa de las cuencas sobre el modelo digital de elevaciones se necesitaba filtrar las cuencas afluentes a los embalses de estudio, para ello se utilizó del módulo de GRASS la herramienta (r.water.outlet) resultando el fichero “cuencas_afluentes.tiff” que se observa en la ilustración 47. A esta herramienta se le pasó como valores de entrada las coordenadas de un punto de la presa del embalse de Pedro Marín y el MDE, a partir de estos datos conoce el punto de partida y la orientación de las teselas resultando las cuencas hidrográficas afluentes en dicho punto.

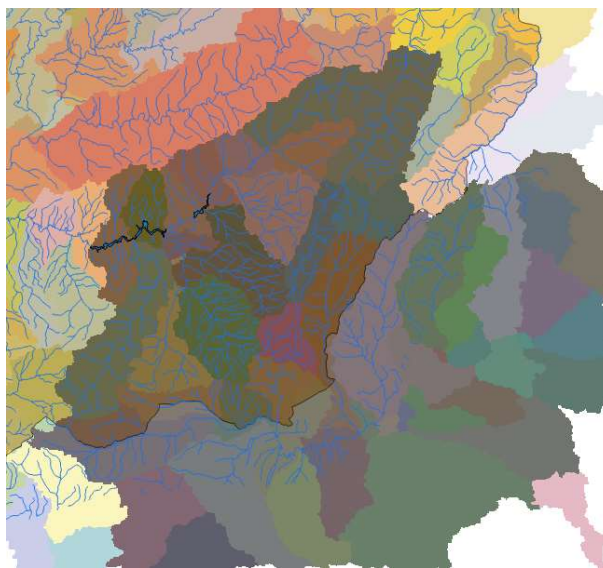


Ilustración 47: Cuencas hidrográficas afluentes a los embalses bajo sombreado

La cuenca hidrográfica de los embalses se extiende a la provincia limítrofe, en este estudio sólo nos centraremos en el área que comprende a la provincia de Jaén obviando la zona de afluencia de la provincia de Granada.

Remitiéndonos a las especificaciones expuestas, se consideraron como zonas de especial interés aquellas cuya pendiente excedía del 15% y se encontraban dentro de la cuenca hidrográfica de estudio. Para ello se calculó el mapa de pendientes y se filtraron aquellas zonas cuya pendiente excedía del valor considerado. Al archivo ráster obtenido se le hizo matching con el ráster de “cuencas_afluentes”.tiff” obteniendo el fichero “S_V_Erosion.tiff” este fichero se vectorizó y se recortó sobre los límites provinciales. En la ilustración 48 se muestra el proceso.

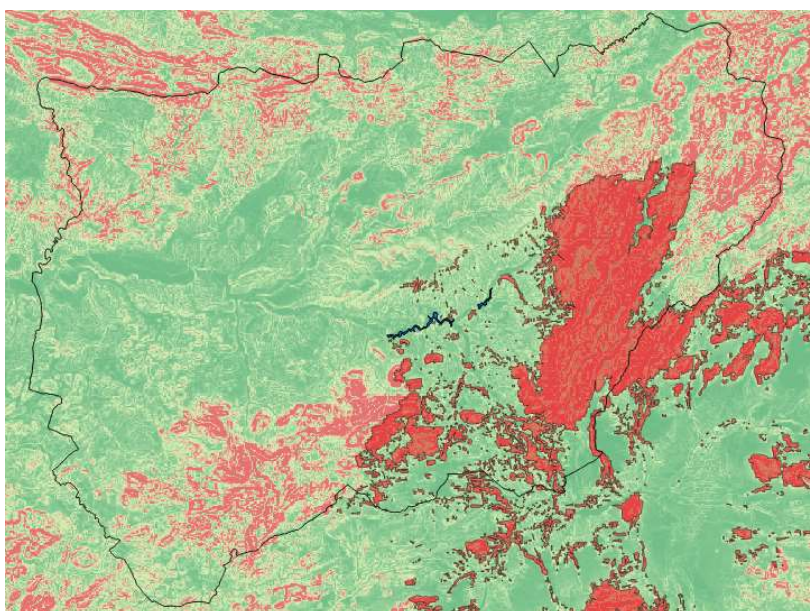


Ilustración 48: Capa vectorial de suelos vulnerables a la erosión(en el Alto Guadalquivir) con un nivel de transparencia del 60% sobre la capa ráster de pendientes reclasificada.

Sobre las zonas delimitadas habría que prohibir las prácticas culturales de laboreo que disgreguen los materiales sueltos en superficie, fomentando prácticas culturales que favorezcan el control del suelo mediante el empleo de cubiertas vegetales que disminuyan la escorrentía y el arrastre de los materiales.

7.2 Detección de posibles parcelas de olivar que estén acometiendo el riego sin permiso de la autoridad competente.

Tras los continuos periodos de sequía que venimos padeciendo, los agricultores están sufriendo los efectos sobre sus cosechas mermando sus producciones por lo que en algunos casos se ven obligados a adoptar mecanismos para paliar dichos efectos que no son del todo lícitos. Es el caso de la explotación de acuíferos y aprovechamiento indebido del agua que puede llevar al agotamiento de estos recursos si no se hace de una manera “controlada” o a la afección de posibles acuíferos de los que se esté haciendo uso lícito mediante concesiones de agua.

Ante esta situación es vital llevar a cabo un monitoreo de las posibles parcelas que pueden estar haciendo un uso indebido del agua para posteriormente y mediante inspecciones en campo poder corroborar los resultados de los análisis obtenidos y en caso afirmativo tomar las medidas oportunas para limitar de algún modo estas prácticas que llevan a un uso privativo un recurso de dominio público.

Actualmente la Agencia Andaluza del Agua junto con la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) son los organismos responsables en materia de control, vigilancia y concesión de autorizaciones para el aprovechamiento del agua. Por otro lado, el titular de la explotación queda obligado a declarar aquellas parcelas que tenga de puesta en riego al hacer su declaración anual de la PAC. Para el caso de estudio se utilizaron las bases de datos de la capa SIGPAC 2017 ya que no se disponía de la información de la Agencia Andaluza del Agua ni CGH. Esto quiere decir que se puede dar el caso de algunas parcelas que estén ejerciendo el uso del agua de manera legal y que no estén declaradas como de regadío en cartografía SIGPAC, o el caso de otras que estén ejerciendo un aprovechamiento del agua de manera ilícita y por ello no están registradas en ninguna base de datos.

En este sentido los SIG tienen un papel muy importante a la hora del tratamiento y análisis de la información georreferenciada. Ante la problemática planteada se decidió hacer un estudio utilizando herramientas SIG que facilitara de algún modo la detección de estas posibles parcelas que están captando aguas para uso privativo de manera irregular.

Para llevar a cabo este propósito se emplearon técnicas de teledetección de modo que se calculó el NDVI de los cultivos. De esta forma corresponderían mayores niveles a parcelas de regadío por presentar los cultivos mayores niveles de clorofila y mayores índices de vegetación lo que se traduce en mayores escalas de reflectancia. De este modo se determinaron las parcelas que pueden estar de riego. Sobre ese parcelario se descartaron aquellas que figuraban como tales en la base de datos de la capa SIGPAC, así pues, quedaron las parcelas que no están declaradas como de riego y que es posible que estén haciendo un uso fraudulento del agua.

7.2.1 Descarga de las imágenes de Landsat 8

Para realizar el estudio el principal factor a tener en cuenta es la fecha de toma de las imágenes, pues se debe considerar que el cultivo se encuentre por lo general en un estado de estrés hídrico. De este modo los cultivos que estén de riego serán más evidentes. Se optó como fecha más propicia para la adquisición de las imágenes el mes de agosto por tratarse de uno de los

meses más calurosos del año y en el que las precipitaciones en el periodo estival son más escasas.

La descarga de las imágenes Landsat8 se hizo a través del navegador Libra creado por Astro Digital, es un navegador Open Source que permite descargar todo el rango de bandas de Landsat8. Este navegador permite seleccionar el área de las imágenes buscadas y filtrar las imágenes por fecha de captura.

Para el periodo buscado la imagen que mejor se ajusta es la del día 22 de agosto de 2017 presenta menores niveles de nubosidad en torno a 0.02 % además de tomarse tras un largo período seco y de altas temperaturas pues desde principios de mayo de 2017 no se registraron lluvias significativas en la Provincia de Jaén tras consultar los registros de la red de estaciones agroclimáticas de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo rural. A partir del día 25 de agosto de 2017 se sucedió un periodo de lluvias tormentosas por lo que las imágenes tomadas tras ese periodo tampoco serían de gran utilidad.

En la ilustración 49 se muestra la selección y descarga de las imágenes Landsat8 a través del navegador Libra.

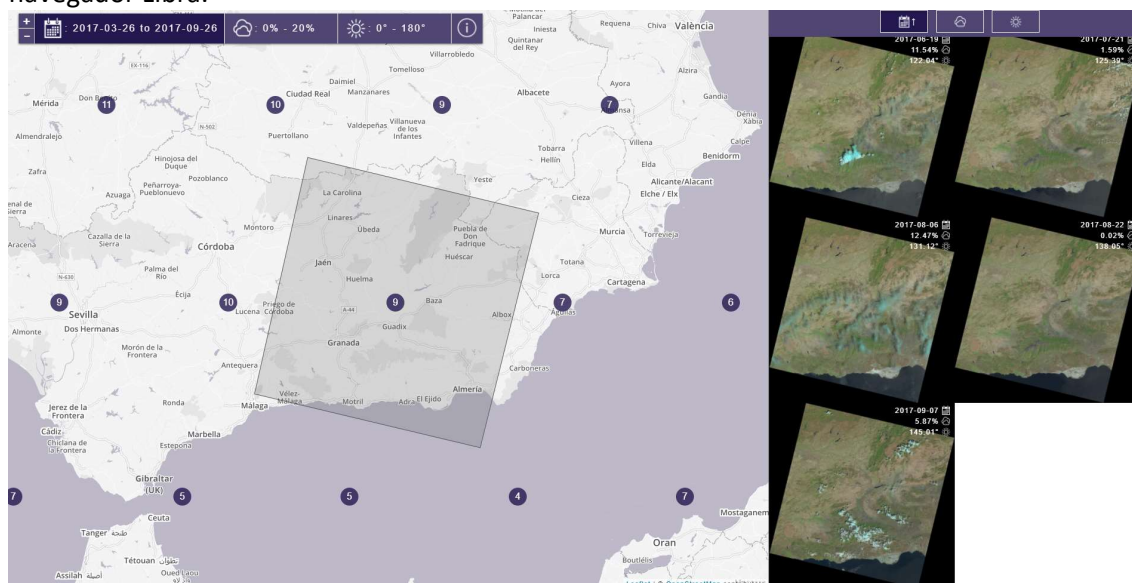


Ilustración 49: Selección y descarga de imágenes de Landsat8

Para los cálculos que se remiten sólo fue necesario descargar las imágenes correspondientes a las bandas 4: rojo y banda 5: infrarrojo cercano (NIR). Para cubrir la totalidad de la superficie de la provincia de Jaén fue necesario descargar todas las imágenes que solapasen sobre la provincia.

7.2.2 Procesado de las imágenes

Una vez descargadas las imágenes se estaba a disposición para cargarlas en Qgis y comenzar con el análisis de determinación del NDVI. Previamente a este paso se deberían haber realizado una serie de correcciones geométricas, atmosféricas y radiométricas para aumentar la calidad de la imagen y eliminar posibles errores que distorsionaran el resultado final. Pero para el caso que nos incumbía que se pretendía obtener una primera aproximación y usarlo como mapa de referencia para corroborar los resultados en campo se optó por no aplicar estas correcciones con el fin de no complicar el proceso. No se consideró la corrección geométrica siendo la más importante, pero si se verificó con cartografía su ajuste geométrico.

En la ilustración 50 se muestra la visualización tras cargar las imágenes en Qgis

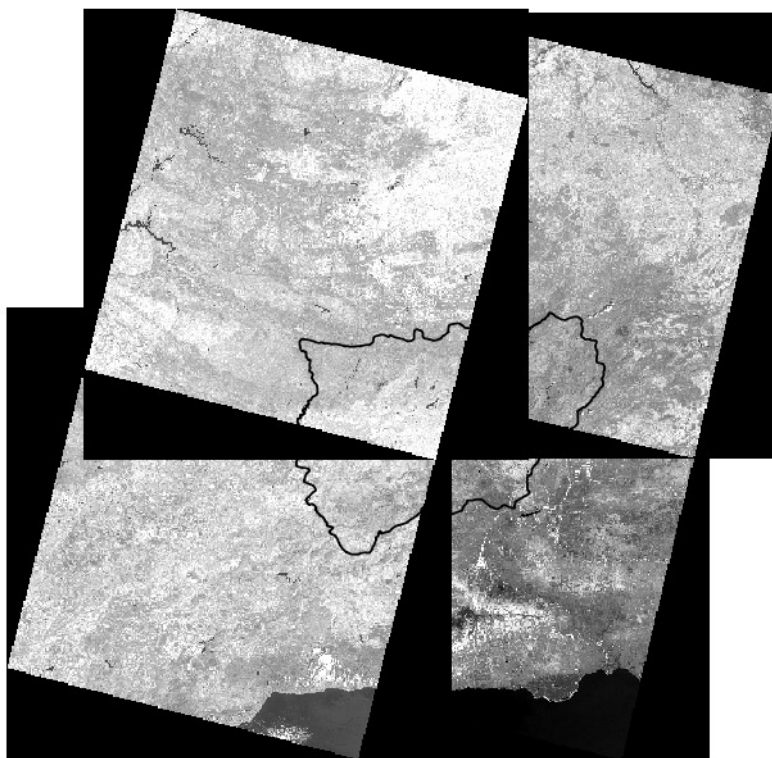


Ilustración 50: Mosaico de imágenes Landsat8 correspondientes a las bandas 4 y 5

Posteriormente se calculó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) de su acrónimo en inglés. *“Un índice de vegetación puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y es particularmente sensible a la cubierta vegetal”* (Gilabert et al, 1997).

El emplear este índice tiene su justificación en el comportamiento radiométrico de la vegetación relacionado con la estructura foliar de las plantas y con su actividad fotosintética. Los valores NDVI mantienen cierta relación con la energía absorbida o reflejada por las hojas de las plantas en diversas partes de espectro electromagnético. Mientras que en el visible los pigmentos de la hoja absorben la energía emitida por el sensor, en el infrarrojo próximo las paredes de las células de las hojas que almacenan agua reflejan la mayor parte de la energía. En contra posición,

cuando la vegetación padece algún síntoma de estrés hídrico o alguna enfermedad, el agua almacenada por las células es menor por lo que la reflectividad disminuye en el NIR y aumenta en el rojo al ser menor la absorción clorofílica. Esta particularidad de la vegetación permite su estudio mediante técnicas de teledetección para la obtención de información cualitativa del estado de la vegetación.

El NDVI se la calcula mediante la expresión [1]:

$$[1] \text{ NDVI} = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}$$

En Qgis este procedimiento se podría haber realizado empleando la calculadora de campos y operando entre bandas, pero como ya está implementado el algoritmo en la extensión QGIS-SAGA se usó éste por la rapidez que suponía. En la ilustración 51 se muestra el procedimiento que se siguió con las imágenes que componen el mosaico.

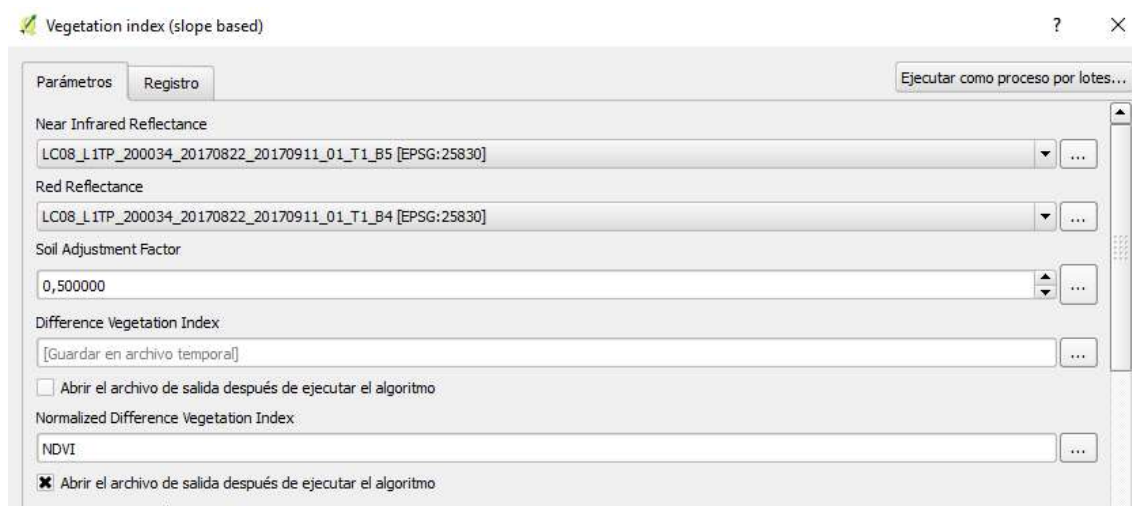


Ilustración 51: Cálculo de NDVI mediante la herramienta Vegetation index

Tras calcular el NDVI para las imágenes que componían el mosaico, se procedió a la unión de las capas resultantes mediante un (merge ráster). En la ilustración 52 se muestra el proceso y en la 53 el resultado.

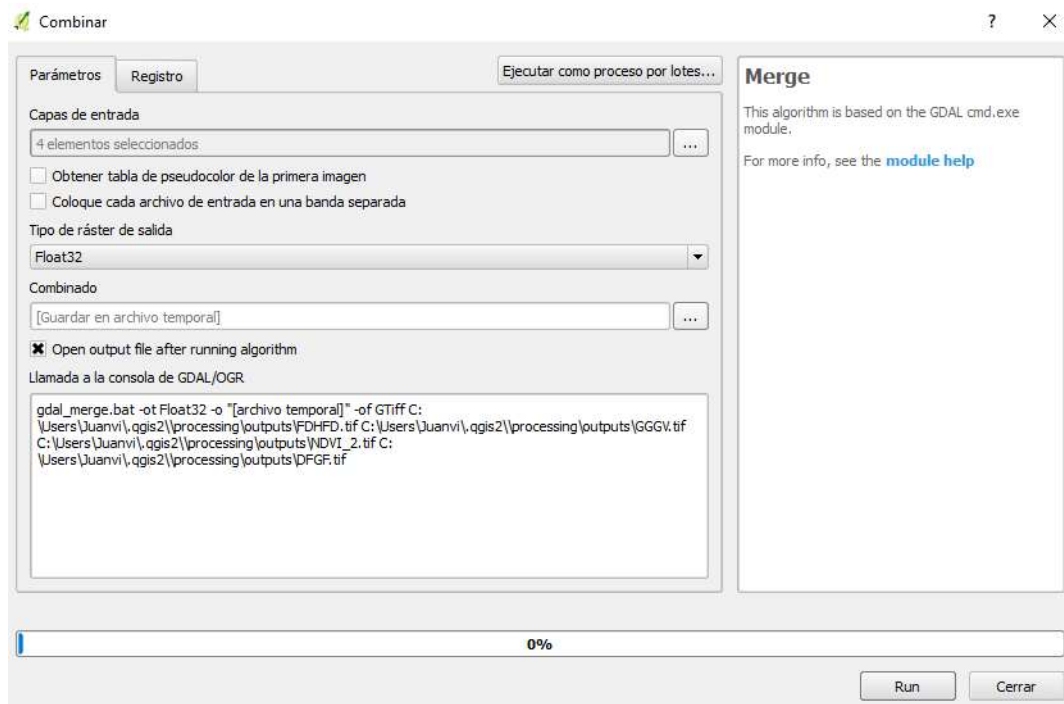


Ilustración 52: Combinación de las imágenes NDVI resultantes

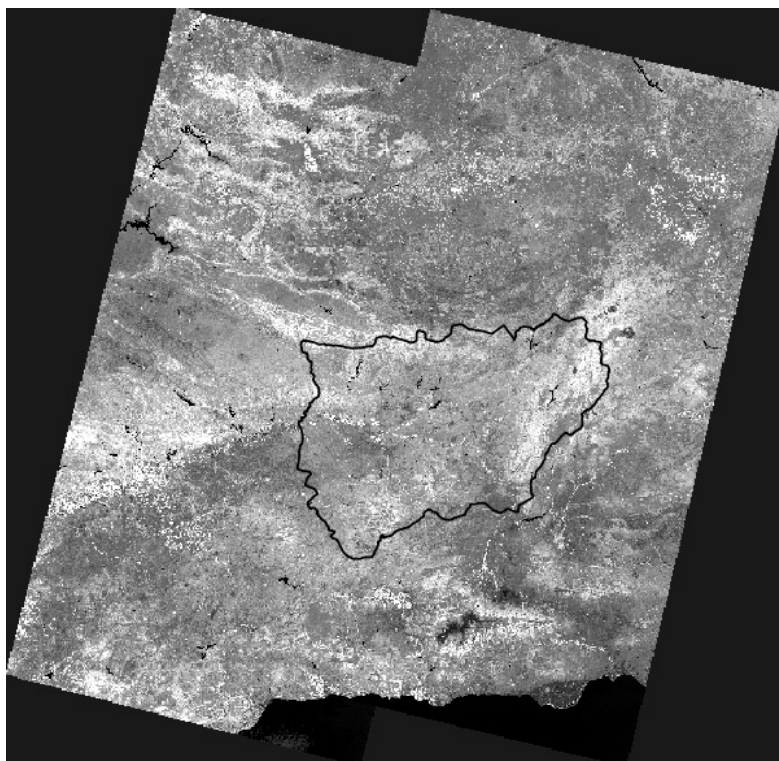


Ilustración 53: Resultado de la unión de las imágenes NDVI

7.2.3 Obtención del mapa de “Posibles parcelas de olivar con riego irregular”

Para el análisis de detección de parcelas de riego, se optó por proceder de la siguiente manera: Sobre las imágenes NDVI se cargó en el visualizador la capa vectorial de “olivar.shp” y sobre esta capa se filtraron por un lado las parcelas de olivar de regadío y por otro lado las parcelas de olivar de secano creando dos conjuntos de datos vectoriales.

Sobre las capas vectoriales de olivar de secano y olivar de regadío se hizo matching con la capa ráster NDVI y se aplicó un análisis estadístico para determinar el valor medio de ND en parcelas de regadío y en secano junto con sus desviaciones típicas. El valor promedio de ND de los píxeles de las parcelas de riego se supuso superior al de las parcelas de secano, como así fue. Esto es debido principalmente a que al aportarle agua al cultivo presenta menor estrés hídrico por lo que su vigorosidad es mayor y con ello los valores de la banda (NIR) registrados por el sensor del satélite. Pero hay innumerables variables que influyen en el estado vegetativo de las plantas y que no fueron consideradas en el proceso de cuantificación del valor medio NDVI como son las diversas variedades existentes, la orientación del terreno, tipos de suelo, pluviometría, marcos de plantación, microclimas, estado de los árboles,..., entre otras.

Los estadísticos se calcularon para observar el gráfico de dispersión de los valores numéricos que había en la banda NDVI y obtener una tendencia del comportamiento en el caso del cultivo de regadío frente al de secano. En la ilustración 54 y 55 se muestran los histogramas y estadísticos de los índices de vegetación para cultivos de regadío y de secano respectivamente.

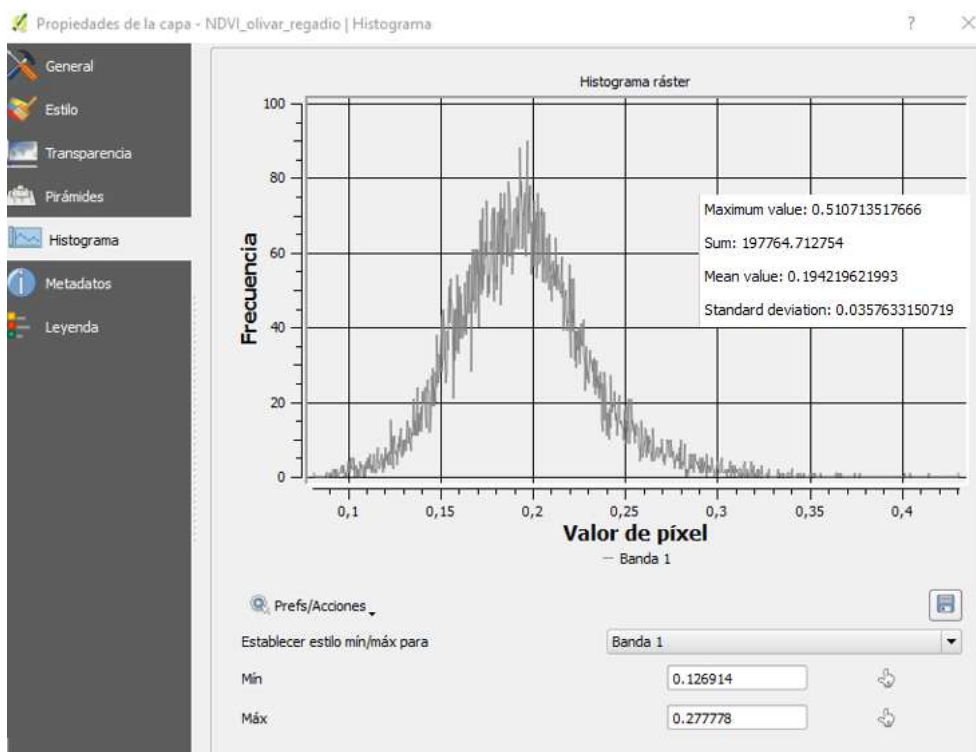


Ilustración 54: Histograma índices de vegetación en regadío

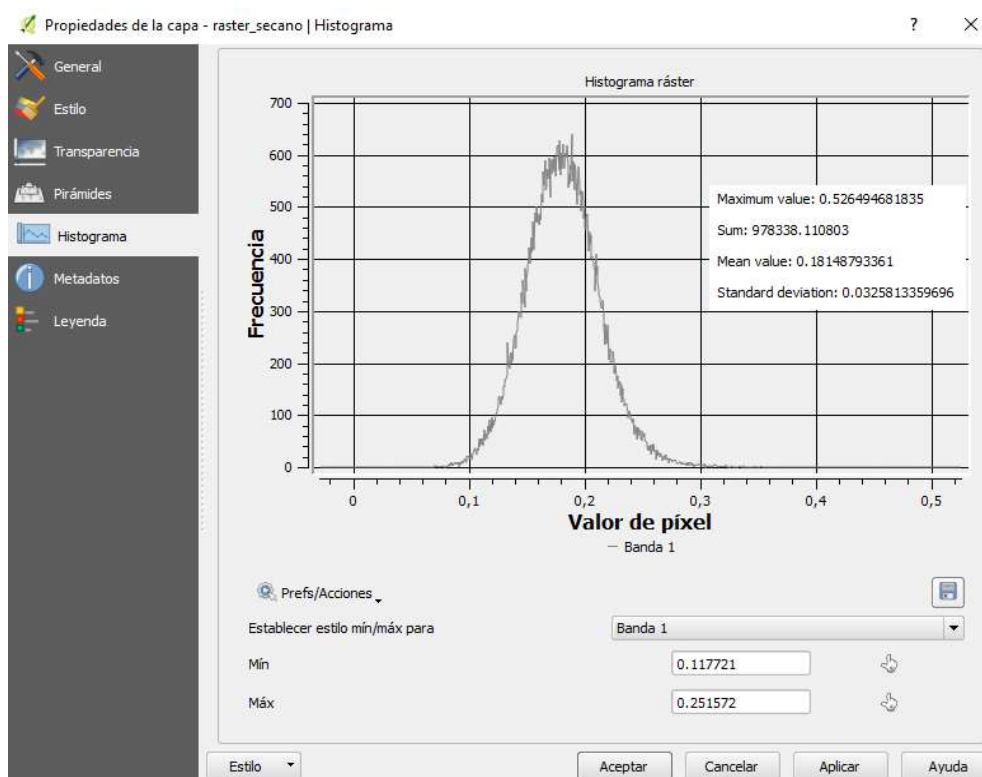


Ilustración 55: Histograma índices de vegetación en secoano

Tras observar los histogramas se deduce que los datos siguen una distribución normal, que describe una curva denominada campana de Gauss y dicha curva es simétrica sobre su valor medio. El valor promedio de los índices de vegetación para cultivos de riego es ligeramente superior que para zonas de secoano como se suponía, pero no se puede establecer una delimitación clara entre zonas de riego y de secoano.

Mediante los histogramas se representa en el eje de ordenadas el valor del índice de vegetación y en abscisas la frecuencia con la que se repite ese valor. Si aplicamos lo comentado en el histograma de cultivos de secoano se observa que el valor que más se repite, la moda es 0.1814. Si situásemos un eje vertical sobre ese punto definiría el eje de simetría de la función. A medida que nos alejamos de ese eje por la izquierda representa aquellos píxeles cuyo índice de vegetación es menor que se corresponden a zonas con mayor estrés hídrico y menor vitalidad del cultivo o zonas con menor vegetación correspondientes a terrenos desnudos. En cambio, a medida que nos desplazamos a la derecha del eje corresponde a mayores índices de vegetación donde la vigorosidad de los árboles es mayor. Para localizar posibles zonas puestas de riego dentro del cultivo clasificado como de secoano se estudió la zona marginal derecha de la ilustración 55.

Para determinar las posibles parcelas de secoano que pueden estar regándose irregularmente, se procedió de la siguiente manera: se buscaban aquellas parcelas cuyo valor medio del índice de vegetación destacara sobre la media del índice de vegetación del olivar de secoano. Con una probabilidad 95.5% el valor de NDVI de un pixel al azar está comprendido entre:

$$x - 2\sigma < t < x + 2\sigma$$

Siendo: $\sigma \rightarrow$ Desviación típica
 $t \rightarrow$ el valor NDVI del pixel considerado
 $x \rightarrow$ el valor promedio NDVI para olivar de secano

En el caso de estudio se filtraron aquellas parcelas cuyo valor medio del índice de vegetación $NDVI > x + 2\sigma$, de este modo se determinaron las parcelas que tenían un comportamiento anómalo respecto a la mayoría.

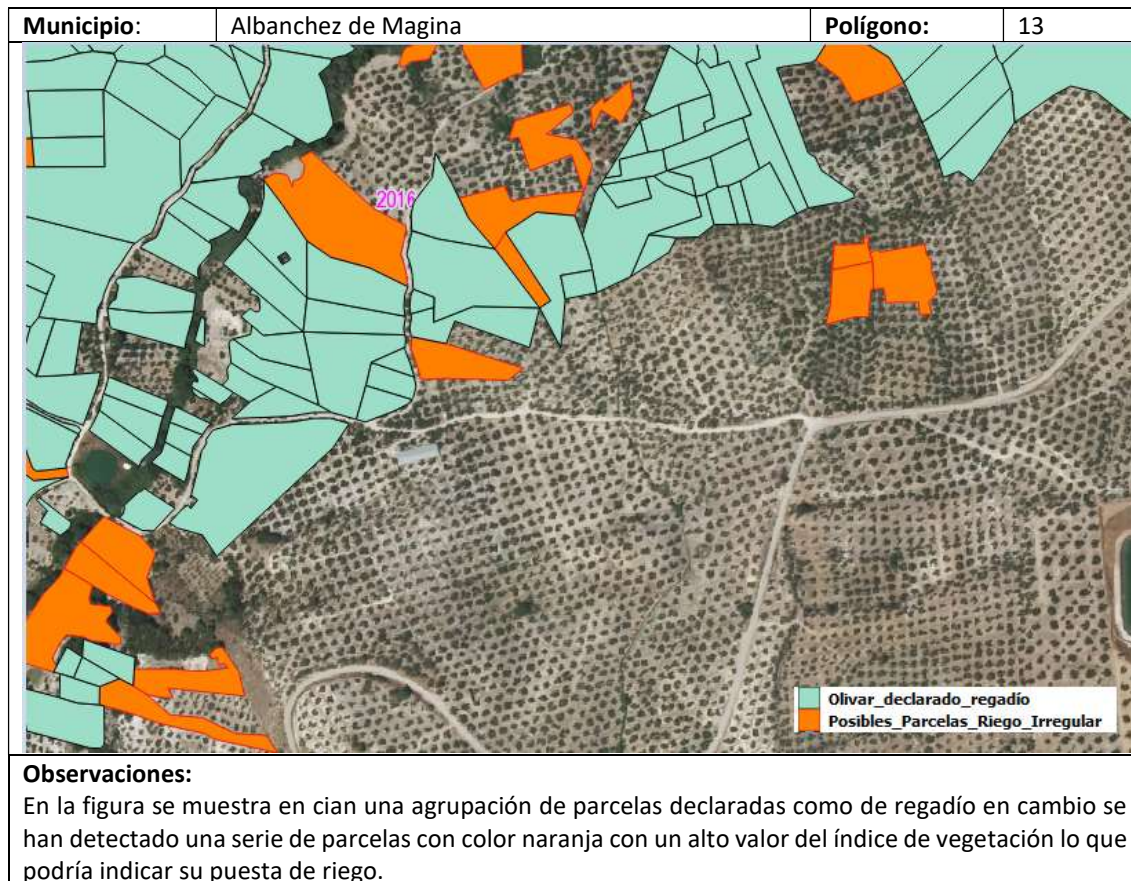
Para ello, se calculó con la herramienta implementada en Qgis “estadísticos de zona” los estadísticos para cada parcela de secano filtrada mediante la capa shape “olivar_secano.shp” utilizando de base la capa ráster “NDVI.tif” esta herramienta devuelve para cada polígono que compone la capa (representando cada polígono una parcela) los estadísticos medios del valor del índice de vegetación de esa parcela. Se obtuvo como resultado del proceso la capa “Estadísticos_olivar_secano.shp”.

Conmutando la capa “Estadísticos_olivar_secano.shp” en modo edición se aplicó un filtro sobre el atributo NDVI_MEAN ($NDVI > x + 2\sigma$), resultando aquellas explotaciones de olivar cuyo valor medio de índice de vegetación excedía del valor considerado. De esta forma se obtuvo la relación de parcelas cuyo estado vegetativo del cultivo difería sobre la inmensa mayoría de parcelas de secano. Sobre esta relación se seleccionaron cinco parcelas al azar y se visualizaron sobre la capa ráster del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) para buscar posibles indicios de si en la explotación se está haciendo un uso ilícito del agua, o a que se deben los mayores niveles en los índices de vegetación. Tras la inspección visual sobre la ortofoto se concluye lo siguiente:

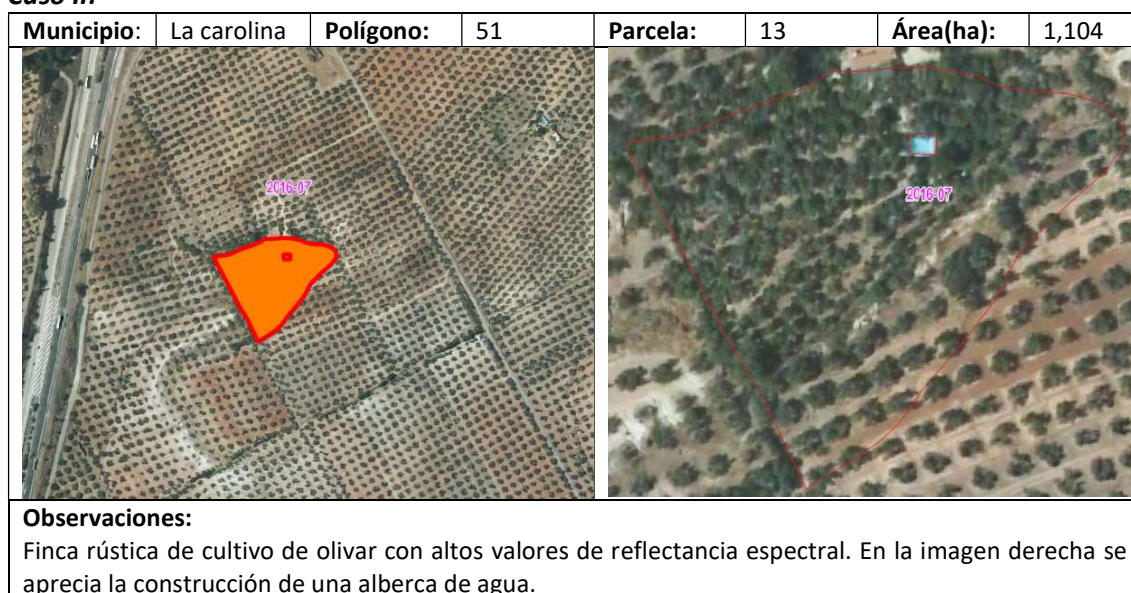
- Que se observan elementos sobre algunas parcelas tales como pozos y balsas de riego que indican que se puede estar llevando a cabo riegos no controlados.
- Que se puede dar la casuística de algunas parcelas que contengan otro tipo de vegetación diferente a la del olivar tales como encinas, matorral, etc., o vegetación de ribera sobre alguno de sus márgenes lo que provoca que se eleven los niveles del índice NDVI registrados para esa parcela. En ese caso esos polígonos serían descartados, pero para ello es necesario la inspección visual.

Como resultado final de estudio se adjunta la capa de información en el geoportal SIFGEA para su consulta o descarga. Como análisis de los resultados obtenidos se muestran seguidamente cinco casos de parcelas inspeccionadas visualmente mediante la ortofotografía aérea del PNOA y la vista Street View de Google Earth en las que en tres casos de ellos se encontraron elementos sobre el terreno que corroboran los resultados obtenidos.

Caso I:



Caso II:



Caso III:

Municipio:	Marmolejo	Polígono:	5	Parcela:	17,18	Área(ha):	36,96
							
Observaciones: Plantación de olivar intensivo con altos valores de índices de vegetación sobre los márgenes del río Jándula. Parcelas no declaradas como de regadío en cartografía SIGPAC y que pueden estar captando agua del río de manera ilegal.							

Caso IV:

Municipio:	Pozo Alcón	Polígono:	10	Parcela:	288	Área(ha):	2.08
							
Observaciones: Plantación de olivar tradicional con altos valores de índices de vegetación. En la imagen izquierda se muestra una pequeña construcción que da indicios junto con los valores NDVI obtenidos de que se							

puede estar acometiendo el riego. Con la imagen derecha imagen obtenida mediante la vista street view de Google earth desde la carretera adjunta se confirma, al observarse las tuberías de riego.

Caso V

Municipio:	San Sebastián del Puerto	Polígonos:	39-36	Parcelas:	582-396-461	Área(ha):	17,40
-------------------	--------------------------	-------------------	-------	------------------	-------------	------------------	-------

**Observaciones:**

Plantación de olivar con altos valores de índices de vegetación. En la imagen izquierda se muestra una agrupación de parcelas con una pequeña construcción en una de ellas. No están declaradas como parcelas de regadío en la cartografía SIGPAC. En la imagen derecha se muestra una imagen tomada desde los márgenes de la carretera que discurre con la vista Street view de Google earth. Se aprecian las conducciones de riego sobre los hilos del cultivo.

Tras inspeccionar cinco casos de los determinados como probables de riegos no declarados, se han detectado indicios sobre el terreno que confirman las premisas de partida.

Esta metodología presenta algunas desventajas, como son la limitación de la superficie de las parcelas a detectar pues, se limita al tamaño de pixel sobre el terreno (GSD) del sensor Landsat8 que tiene una resolución de 30 m. Para parcelas menores a 0.1 ha no sería posible su estudio. Además, presenta el inconveniente de que, si en el cálculo del valor medio de NDVI de una determinada parcela existe otro tipo de vegetación distinta al cultivo considerado, se incluye y se hace media con el valor de esos píxeles lo que induce a error en esa parcela.

A modo de reflexión final se extrae que la combinación de los SIG con técnicas de teledetección es una herramienta de gran utilidad que puede emplearse de apoyo para la detección de las explotaciones de riego incontrolados lo que facilita enormemente las tareas de localización. Actualmente estas labores de vigilancia y control se llevan a cabo por los agentes de medio ambiente y de CHG lo que supone un gran costo para la administración además de tratarse de tareas muy complejas. Aplicando estas técnicas se simplificaría notablemente las tareas de detección disminuyendo los costes.

VIII. SERVIDOR DE MAPAS GEOSERVER

8.1 Servidor de mapas

En primer lugar se accedió al portal <http://geoserver.org/download/> y se descargó Geoserver en la versión 2.11 e instaló en local. Para ejecutarlo se inició la aplicación en el menú principal <Start Geoserver> , hecho esto en la barra del navegador se escribió lo siguiente: <http://localhost:8080/geoserver/web> de esta manera se tuvo acceso al servidor y se trabajó en local.

Para poner en servicio un conjunto de datos previamente es necesario crear un espacio de trabajo y un almacén de datos. En la ilustración 56 se muestra el proceso de creación del espacio de trabajo y en la 57 la del almacén de datos.

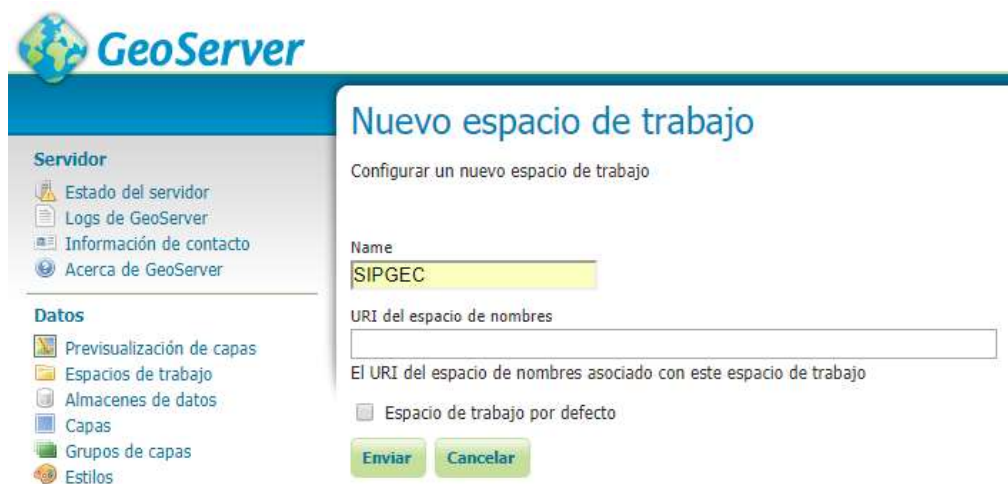


Ilustración 56: Creación del espacio de trabajo



Ilustración 57: Creación del almacén de datos

Tras la creación de los almacenes de datos se procede a cargar y publicar las capas de información en el servidor de mapas. En la ilustración 58 se muestra el proceso.



Ilustración 58: Agregación de capas al servidor Geoserver

A continuación, se seleccionó el almacén de datos del cual se quería cargar la capa, y se eligió la capa en cuestión. Tras rellenar las pestañas de datos y publicación se guardó los cambios y se obtuvo la capa lista para ser visualizada, se muestra el proceso en la ilustración 59.

Editar capa
 Editar los datos de la capa y la información de publicación

Olivar:ECB_algodon
 Configure el recurso y la información de publicación para esta capa

Datos **Publicación** Dimensiones Cacheado de Teselas

Editar capa
Información básica del recurso

Nombre

Ilustración 59: Aplicación de estilos SLD y publicación de las capas de información

Un factor a tener en cuenta es el estilo de visualización de cada capa de información, para ello se recurre a Style Layer Descriptor (SLD) para dar a cada capa de información un estilo de visualización propio. Así mediante esta herramienta se establece a cada capa una simbolización en función del valor de sus atributos facilitando su interpretación al representarse en el visualizador.

Tras cargar y publicar todas las capas de información se les aplica un estilo SLD y se previsualizan para comprobar que no hay errores. Tras este paso, se procede a la elaboración de los metadatos de datos y servicios, de la base de datos y del geoportal para la visualización, consulta y descarga de la información espacial generada.

8.2 Generación de los archivos de metadatos

Para la edición de los archivos XML de metadatos se ha empleado la herramienta CatMDEdit. Se han elaborado los metadatos de datos según la norma ISO19115 y los de servicios según la ISO19119. Para la edición de los metadatos de datos se han seguido dos procedimientos, por un lado, se han considerado las capas de información que se presentan para la visualización y la descarga y que no han sufrido ninguna modificación de la fuente original. Para éstas se distribuyen los metadatos de origen de su autor (Capacidad de uso del suelo agrícola y Zonas susceptibles a nitratos). Por otro lado, para las capas de información resultantes de los análisis SIG y por tanto de elaboración propia se han editado los metadatos mediante CatMDEdit. En la ilustración 60 se observa el proceso de edición de los metadatos.

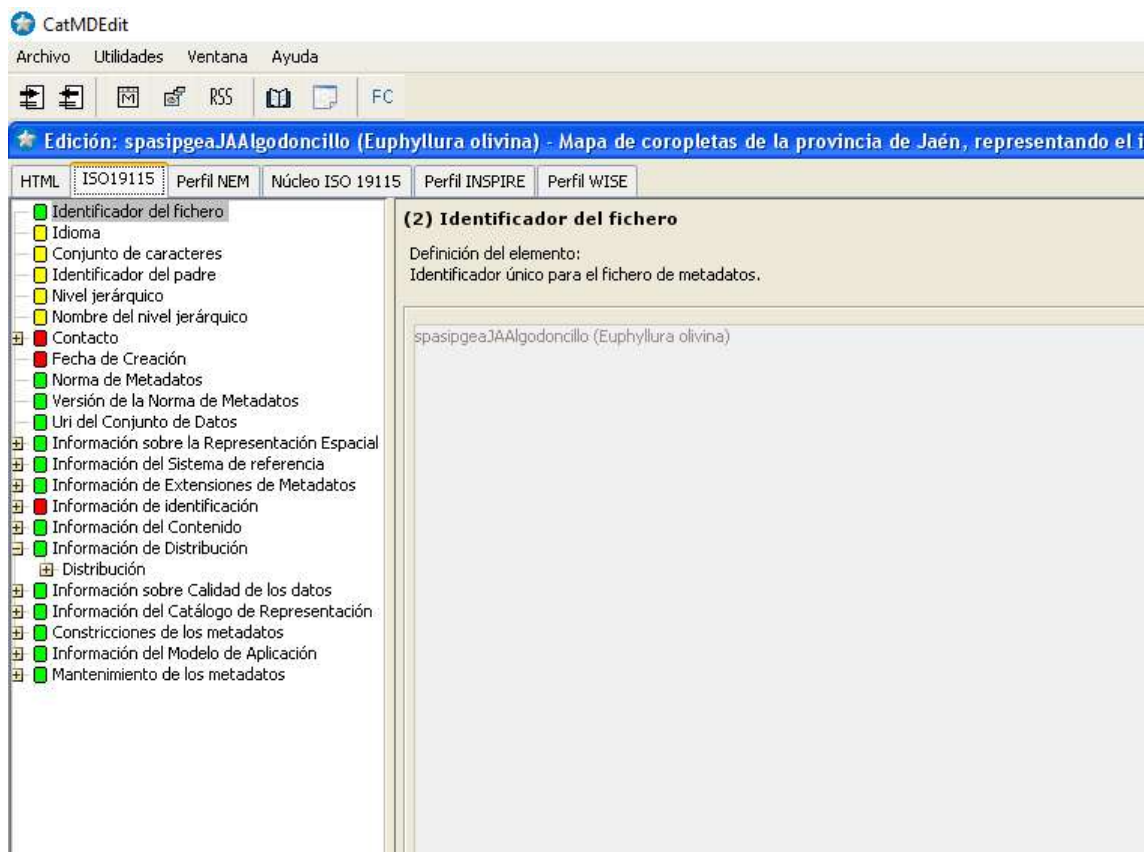


Ilustración 60: Edición de los metadatos de la capa algodoncillo del olivo (Euphyllura olivina)

8.3 Generación de la base de datos alfanumérica

La necesidad de crear una base de datos alfanumérica surge para dar respuesta por parte del servidor a las peticiones del cliente. El objetivo es crear una base de datos(BD) con todas las parcelas de la provincia de Jaén, que contenga información relativa a municipio, polígono, parcela, recinto y coordenadas geodésicas lat,lon de sus centroides en la proyección EPSG:4326.

Así pues, cuando el usuario hace en los buscadores de los visualizadores una consulta por parcela selecciona el municipio, e introduce los valores de polígono, parcela y recinto Sigpac. Esta información es recopilada por el navegador y enviada mediante el método POST al servidor que tras recibirla formula en PHP una sentencia SQL para interrogar la base de datos MySQL y obtener la respuesta (lat,lon centroide de la parcela) que posteriormente reenvía al navegador.

En el caso que nos incumbe, puesto que no se dispone de plataforma servidora se emplea el equipo como máquina virtual teniendo un doble roll: por un lado, como cliente y por otro como plataforma servidora. Como se necesitaba disponer de un servidor y una base de datos, se optó por instalar el paquete Wampserver compuesto por servidor Apache, Base de datos MySQL, y lenguaje de programación PHP. Entendido el protocolo de funcionamiento, y la arquitectura del sistema se detalla el proceso de elaboración de la BD.

En primer lugar se necesita la base de datos, para ello en Qgis y partiendo de la capa `municipios_sigpac.shp` se filtran las parcelas cuyo cultivo mayoritario sea el olivar o algodón creando la nueva capa `O_A_municipios_sigpac.shp`. Esa nueva capa hereda el sistema de proyección de la capa madre (EPSG:25830) pero para la BD se necesita el (EPSG:4326) que es el sistema de proyección que soporta Openlayers por tanto es necesario reproyectar la capa obteniendo `O_A_municipios_sigpac4326.shp`

Sobre la capa reproyectada se calculan los centroides de los “polígonos”, según se observa en la ilustración 61, siendo las parcelas agrícolas. Para tal fin se emplea la herramienta <centroide de polígonos> que junto a la calculadora de campos se le asigna coordenadas lat/lon a los centroides.

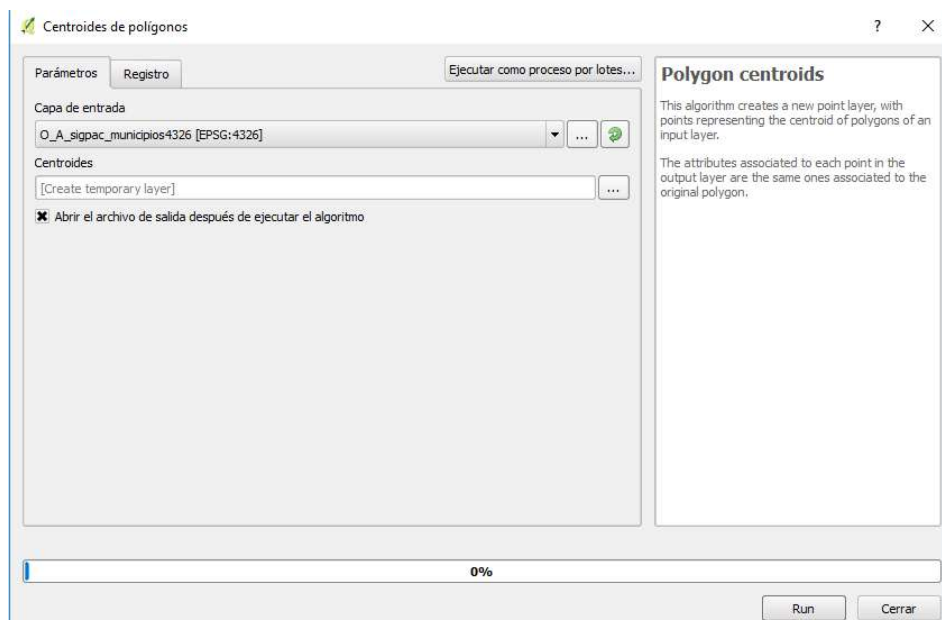


Ilustración 61: Cálculo de los centroides de las parcelas

Hecho esto, se exportó la base de datos como csv(`parcelario.csv`) para su posterior importación a MySQL. Se accedió a phpMyAdmin y se nos identificó con nuestro usuario y password ilustración 62.



Ilustración 62: Identificación en phpMyAdmin

Una vez identificados, se creó una nueva base de datos llamada parcelario y se importó como una nueva tabla el archivo parcelario.csv, en la ilustración 63 se muestra el proceso.

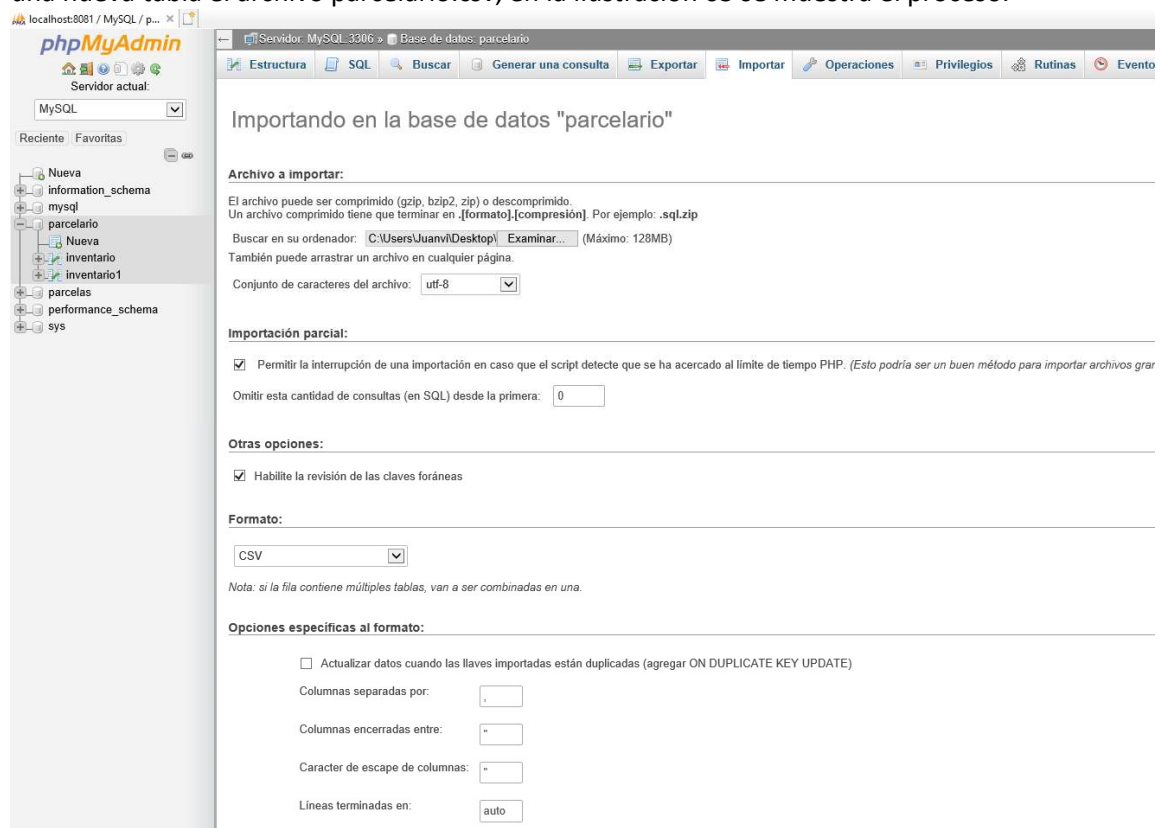


Ilustración 63: Importación de la base de datos en phpMyAdmin

Una vez importados los datos a la base de datos se corroboraron y se procedió a realizar algunas consultas sobre la BD para cerciorar su correcto funcionamiento. En las ilustraciones 64 y 65 se muestran el resultado.

cod	poligono	parcela	recinto	municipio	longitud	latitud
61	9	97	2	MENGIBAR	-3.81092	37.95338
61	1	215	1	MENGIBAR	-3.81878	37.99306
61	9	107	1	MENGIBAR	-3.80244	37.95369
61	15	91	1	MENGIBAR	-3.76729	37.96723
61	1	254	1	MENGIBAR	-3.82415	37.98842
61	15	95	5	MENGIBAR	-3.76197	37.97074
61	1	255	1	MENGIBAR	-3.82360	37.98884
61	9	104	2	MENGIBAR	-3.80393	37.95373
61	1	256	1	MENGIBAR	-3.82326	37.98907
61	20	102	1	MENGIBAR	-3.80875	38.00054
61	15	102	1	MENGIBAR	-3.77547	37.96648
61	9	117	2	MENGIBAR	-3.80443	37.95633
61	15	103	3	MENGIBAR	-3.77575	37.96679
61	9	118	4	MENGIBAR	-3.80416	37.95776
61	9	124	1	MENGIBAR	-3.80179	37.96059
61	15	104	3	MENGIBAR	-3.77573	37.96713
61	2	65	1	MENGIBAR	-3.81674	37.98840
61	2	66	3	MENGIBAR	-3.81626	37.98774
61	15	109	1	MENGIBAR	-3.77636	37.96985
61	3	185	3	MENGIBAR	-3.82716	37.98465
61	2	74	3	MENGIBAR	-3.81460	37.98668
61	18	25	1	MENGIBAR	-3.78752	37.96657
61	20	128	1	MENGIBAR	-3.80718	37.99411
61	16	60	1	MENGIBAR	-3.77293	37.96119
61	2	77	1	MENGIBAR	-3.81612	37.98559
61	20	129	1	MENGIBAR	-3.80973	37.99399
61	16	75	1	MENGIBAR	-3.76978	37.95618
61	20	133	1	MENGIBAR	-3.80967	37.99319
61	2	96	2	MENGIBAR	-3.81356	37.98246
61	18	45	1	MENGIBAR	-3.78719	37.96358
61	20	159	2	MENGIBAR	-3.80774	37.98977
61	17	130	1	MENGIBAR	-3.79578	37.97590
61	20	163	3	MENGIBAR	-3.80914	37.98939
61	5	52	1	MENGIBAR	-3.82593	37.96169
61	20	166	1	MENGIBAR	-3.81045	37.98938
61	17	127	1	MENGIBAR	-3.79438	37.97650
61	17	136	2	MENGIBAR	-3.79375	37.97729
61	20	167	1	MENGIBAR	-3.81082	37.98936
61	5	53	1	MENGIBAR	-3.82604	37.96209
61	5	54	1	MENGIBAR	-3.82615	37.96247
61	5	56	2	MENGIBAR	-3.82680	37.96370
61	17	224	1	MENGIBAR	-3.78934	37.97370
61	17	227	3	MENGIBAR	-3.78842	37.97526

Ilustración 64: Visualización de las tuplas de la base de datos parcelario.

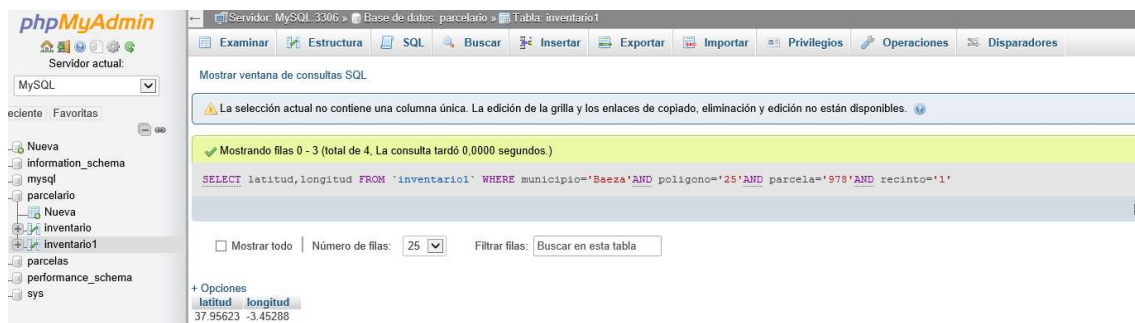


Ilustración 65: Consulta SQL sobre la base de datos parcelario

Quedaba por establecer la comunicación entre el navegador y la base de datos MySQL del lado del servidor, para ello se empleó el lenguaje de programación PHP. A continuación, se adjunta en la ilustración 66 el archivo `visor_agronomico.php` que se corresponde con el archivo de consulta.

```
<?php

include ("conexion.php");
$cod=$_POST['municipio'];
$poligono=$_POST['poligono'];
$parcela=$_POST['parcela'];
$recinto=$_POST['recinto'];
$resultados=mysqli_query($cone,"Select longitud,latitud From inventariol
Where cod='$cod' AND poligono='$poligono' AND parcela='$parcela' AND recinto='$recinto'");
while ($consulta=mysqli_fetch_array($resultados))
{
    $x = $consulta['longitud'];
    $y = $consulta['latitud'];
}
include ("cerrar_conexion.php");

// mostrar el valor por pantalla

//echo $x;
//echo $y;
$coordenadas= array("longitud"=>"$x", "latitud"=>"$y");
echo(json_encode($coordenadas));

?>
```

Ilustración 66: Comunicación entre la BD y el visor agronómico.

8.4 Implementación del geoportal

8.4.1 Elaboración interfaz del geoportal

Para la elaboración del geoportal se opta por un estilo y tonos acordes con la temática que se representa. Se ha bautizado con el nombre de SIFGEA como acrónimo de **S**istema de **I**nformación **F**itosanitaria y **G**estión **A**gronómica. El geoportal se compone de la cabecera con el título, el cuerpo en el que se describe brevemente la funcionalidad del portal junto con un menú lateral para el acceso a los visores y descarga de información, y pie de página que aglutina los escudos de la universidad y de la escuela politécnica de Jaén. La interfaz permite la operabilidad entre el usuario y máquina poniendo a disposición de éste una serie de servicios:

- **Visor de alertas de plagas y enfermedades:** permite la visualización de información relativa a plagas y enfermedades del cultivo del olivar y algodón.
- **Visor de Información agronómica:** permite la visualización de información desde el punto de vista agronómico.
- **Documentación asociada:** este enlace direcciona a la página de descarga de la información agronómica y de plagas y enfermedades. El contenido se estructura en capas de información vectorial que se descargan como carpeta comprimida con extensión .rar.
- **Archivos de metadatos:** direcciona a la página de descarga de los metadatos de los datos. Facilita la descarga de los metadatos como archivo XML.
- **Enlaces de interés:** se direcciona a una nueva página con los principales enlaces de interés del ámbito agrícola.

Para el desarrollo se ha empleado las tecnologías HTML5, CSS3 y Javascript. En la ilustración 67 se muestra la interfaz de usuario del geoportal.



Ilustración 67: Interfaz de usuario del geoportal SIFGEA

8.4.2 Elaboración de los visores (visor de información agronómica y visor de alertas de plagas y enfermedades)

Para la elaboración de los visores se ha seguido una línea acorde a la interfaz de inicio del geoportal. La páginas se estructuran en tres partes principales: la cabecera con el nombre del geoportal y título, el cuerpo donde se muestra el visor de mapas junto con la leyenda. Y en la parte inferior el pie de página con los logos de la universidad y mención al autor. En las ilustraciones 68 y 69 se muestran los visores.

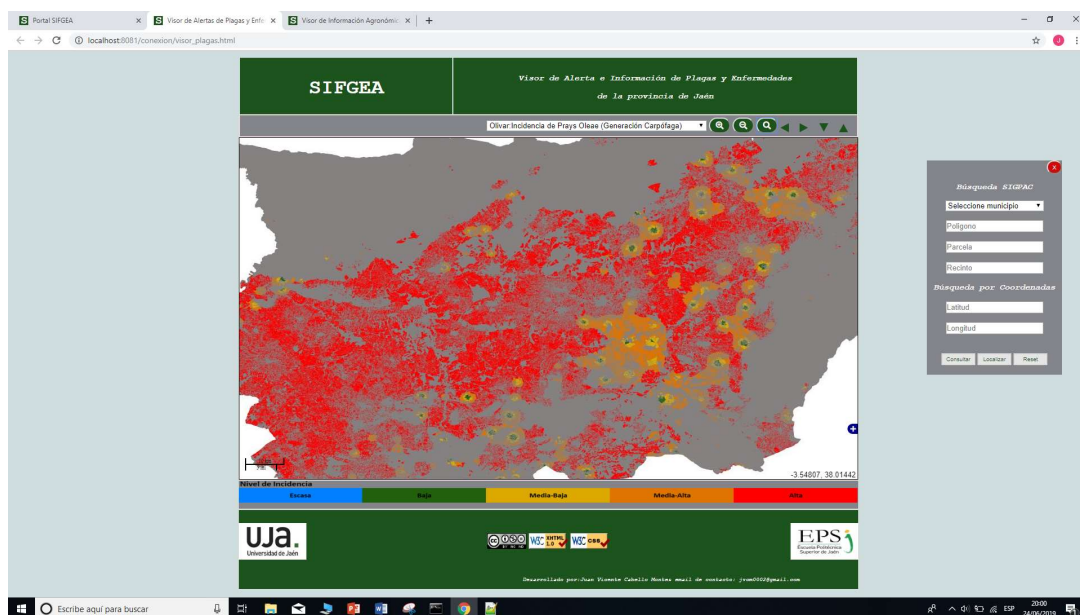


Ilustración 68: Visor de alerta e información de plagas y enfermedades

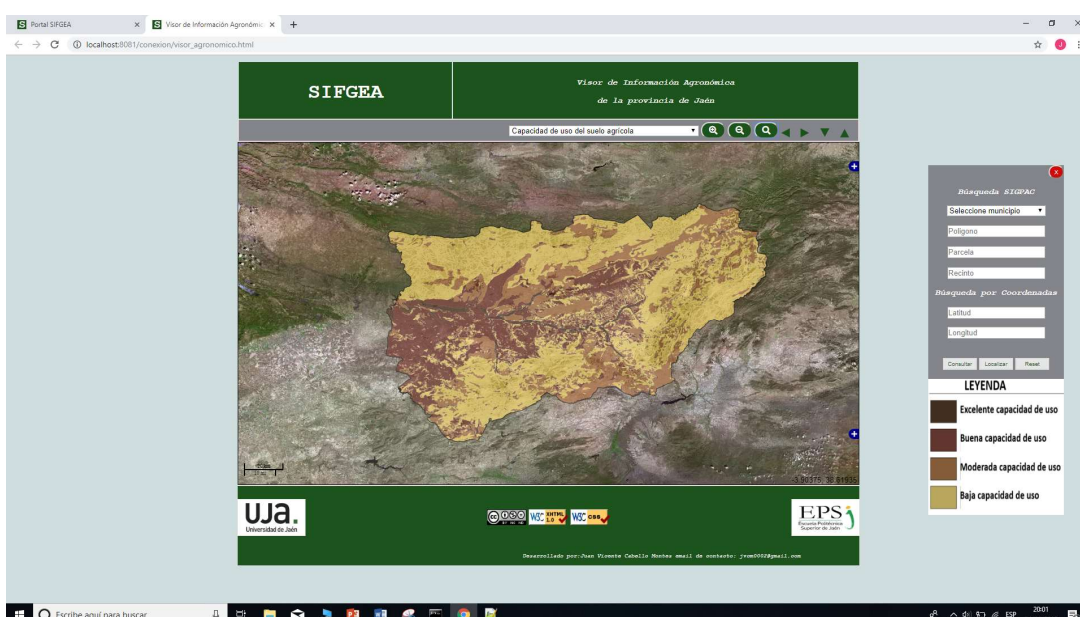


Ilustración 69: Visor de información agronómica

A los visores de mapas se les ha dotado de herramientas: selector de capas de información, herramientas de zoom para aumentar o disminuir el nivel de detalle, desplazamiento izquierda-derecha, arriba-abajo y una herramienta de búsqueda por municipio, parcela, y polígono o coordenadas geodésicas. En la ilustración 70 se muestra la barra de herramientas.

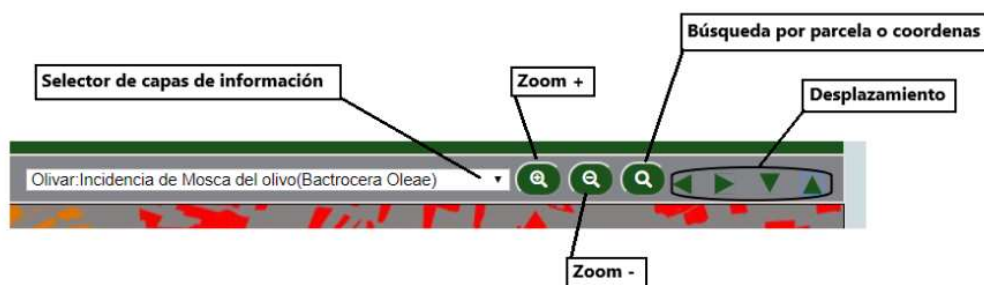


Ilustración 70: Barra de herramientas de los visualizadores

Para la implementación del buscador se recurrió a generar una base de datos del lado del servidor, de tal forma que, cuando el usuario realiza una consulta de búsqueda se manda una sentencia al servidor y éste genera una respuesta que devuelve al lado usuario y es interpretada por el navegador mostrando el resultado de la búsqueda. Las coordenadas X,Y del centroide de la parcela buscada. Al hacer clic en el botón <Localizar> se muestra en el visualizador a nivel de detalle la parcela buscada bajo un marcador de posición. En la ilustración 71 se muestra un ejemplo de búsqueda.

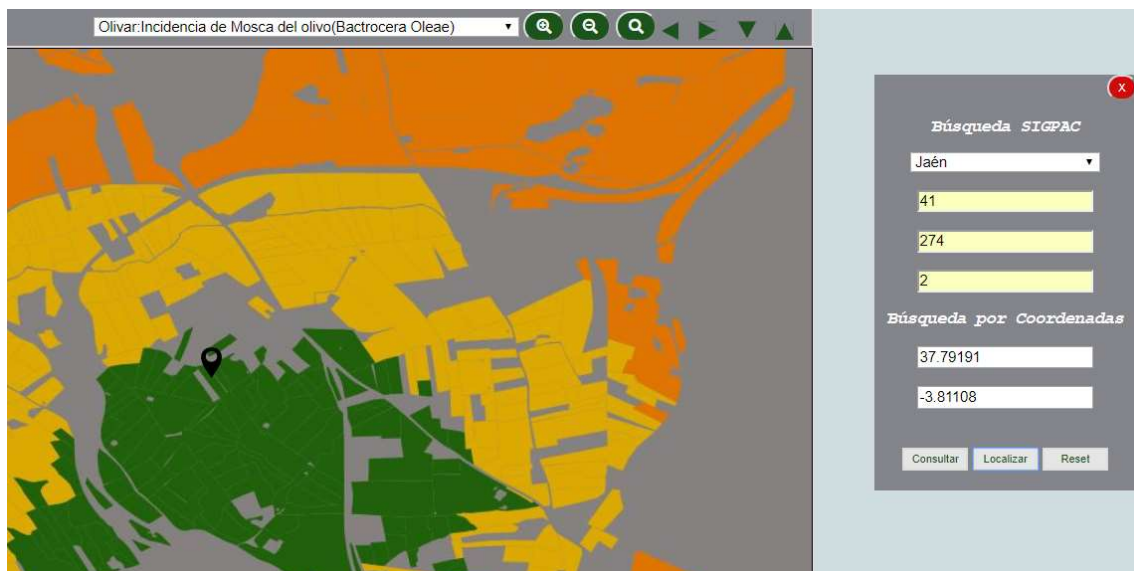


Ilustración 71: Ejemplo de búsqueda por parcela

Mediante los clientes web se pone a disposición del usuario la cartografía generada gracias al servicio de visualización WMS. Para la ejecución de los mismos se ha utilizado HTML5, CSS4, Javascript, Openlayers4, así como el empleo del lado del servidor del paquete wampserver (servidor Apache, base de datos MySQL, y lenguaje de programación PHP) .

8.4.3 Documentación asociada

Mediante la web que se observa en la ilustración 72, que sigue el mismo diseño que sus precedentes, se pone a disposición del usuario todas las capas de información geográfica mediante enlace para su descarga en carpetas comprimidas en formato .rar.

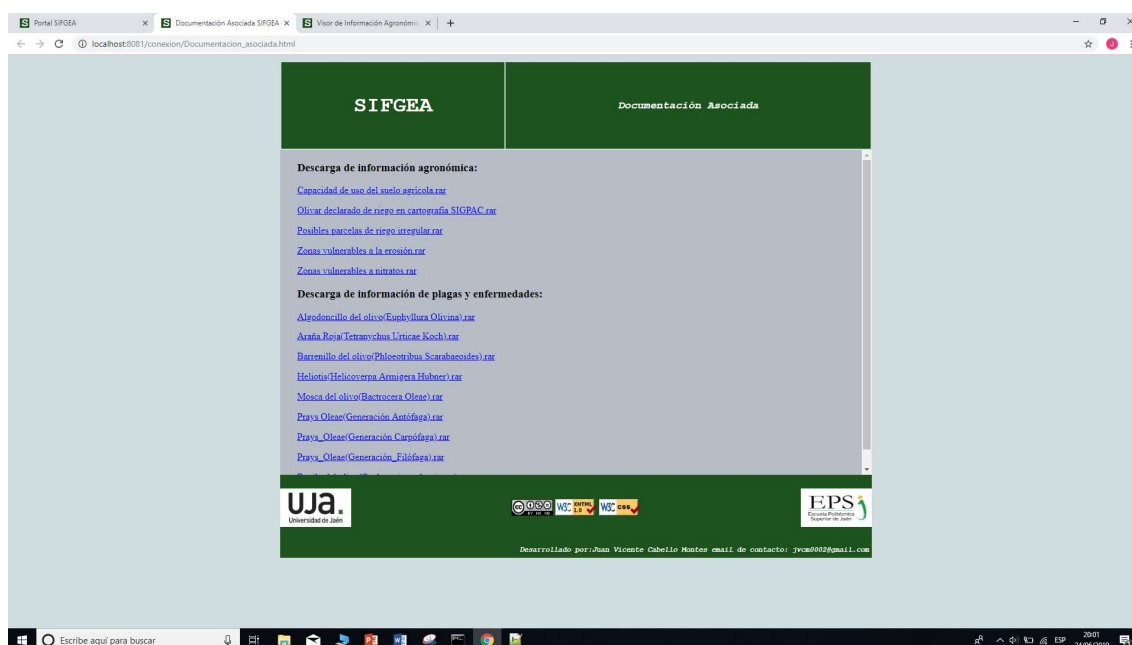


Ilustración 72: Documentación Asociada

8.4.4 Archivos de metadatos:

En esta web de características similares a la anterior se ofrece al cliente la descarga de los archivos de metadatos en formato xml. Se hace una distinción entre los metadatos de los datos propiamente dichos y los metadatos de los servicios de visualización (WMS) y descarga (WFS). En la ilustración 73 se muestra el resultado.

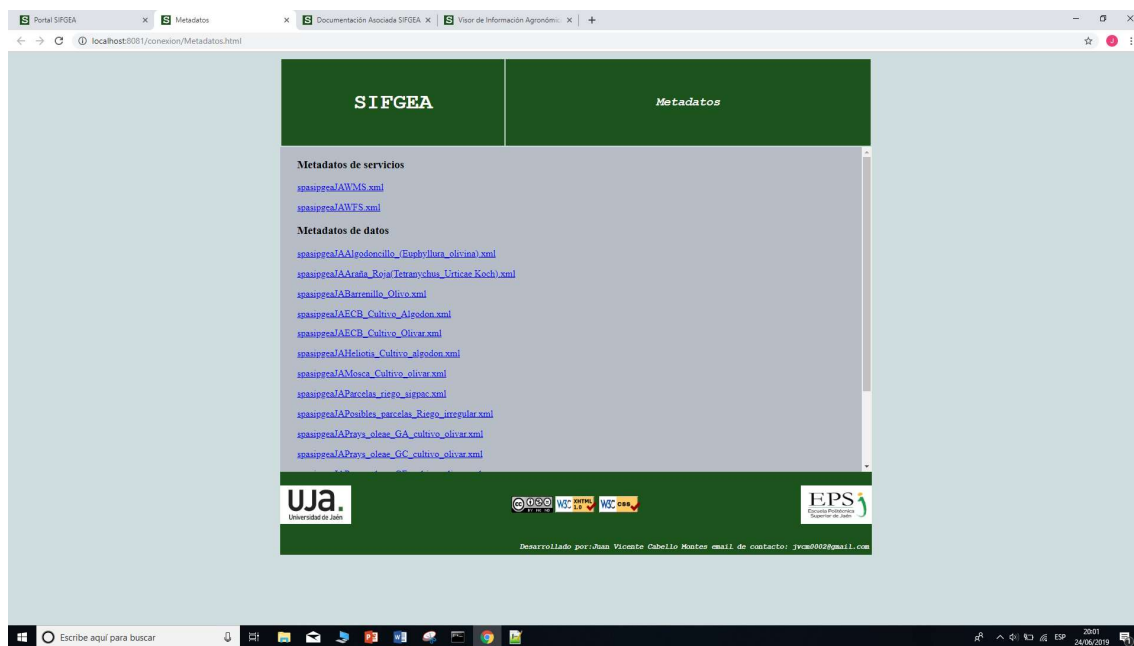


Ilustración 73: Metadatos

8.4.5 Enlaces de interés:

Esta página web en consonancia con las anteriores se ensambla al visor como un complemento que facilite al usuario el rápido acceso a otras webs relacionadas con el ámbito de la agricultura.

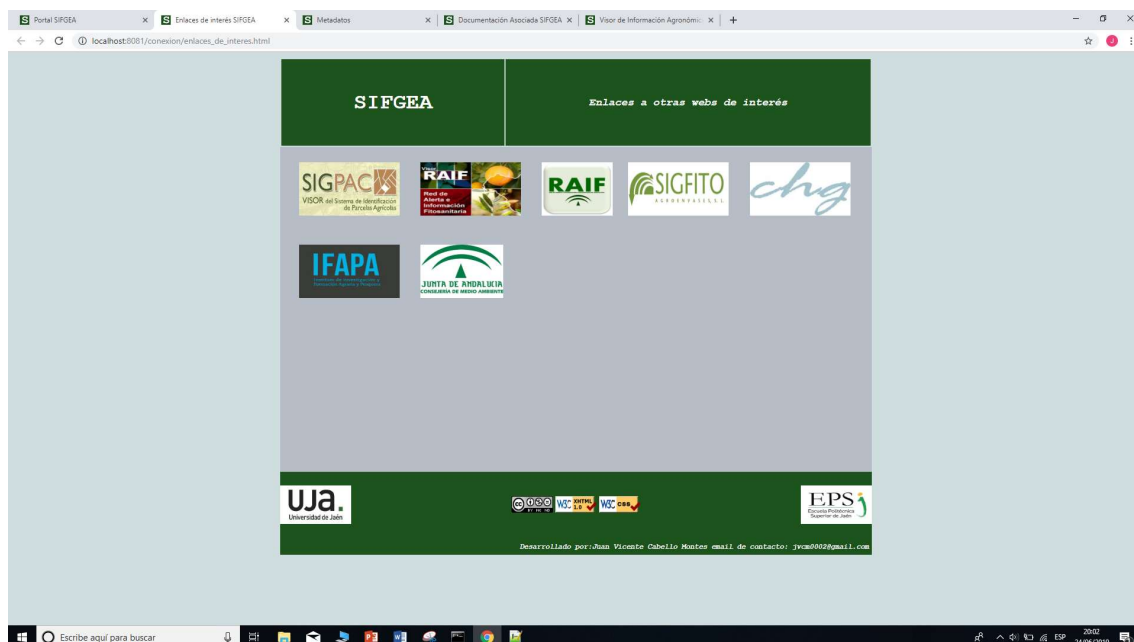


Ilustración 74: Enlaces de interés

IX. CONCLUSIONES

A lo largo de esta memoria se han desarrollado las diferentes técnicas, procedimientos e instrumental utilizados para alcanzar la meta planteada, la *“Elaboración de un geoportal web relativo a información fitosanitaria y agronómica de la provincia de Jaén”*, habiéndose cumplido todos los objetivos planteados al inicio de este proyecto. Se han realizado multitud de análisis SIG para la elaboración de la cartografía de plagas y de los estudios de *“Delimitación de zonas susceptibles a laboreos en la cuenca de los embalses de Pedro Marín, Doña Aldonza y Puente de la Cerrada”* y de *“Detección de posibles parcelas de olivar que estén acometiendo el riego sin permiso de la autoridad competente”*. Toda la información generada se ha integrado en un servidor de mapas y se ha publicado mediante la construcción de un geoportal web.

Gracias a este trabajo el usuario puede consultar vía web la información fitosanitaria de una determinada parcela, o consultar sobre ésta la información agronómica disponible en el visor.

También puede descargar toda la información, así como sus metadatos o emplear los servicios OGC para su visualización (WMS), o descarga (WFS) mediante peticiones GET y codificación KVP.

El estudio de *“Detección de posibles parcelas de olivar que estén acometiendo el riego sin permiso de la autoridad competente”* puede emplearse con una doble finalidad. Por un lado, como método para identificar parcelas de riego y actualizar cartografía existente y por otro como método de control y vigilancia para la detección de parcelas que estén acometiendo el riego de manera ilícita. Esta herramienta puede facilitar enormemente las tareas de campo a agentes de medio ambiente y vigilantes de CGH suponiendo un importante ahorro de tiempo y medios. Sobre el estudio de *“Delimitación de zonas susceptibles a laboreos en la cuenca de los embalses de Pedro Marín, Doña Aldonza y Puente de la cerrada (Alto Guadalquivir)”* se concluye que sobre las zonas vulnerables a la erosión se podrían imponer prácticas culturales para el control del suelo que aminoren el arrastre de los sedimentos hasta las zonas de embalse.

Entre los retos pendientes del geoportal que le podrían aportar mayor aplicabilidad podemos destacar el incorporar mayor información a la base de datos para ofrecerle mayor información al usuario y el disponer de datos reales de plagas en tiempo real para poder ofrecer al cliente los mapas de plagas actualizados. En cuanto a la información agronómica, el disponer de la cartografía de parcelas de regadío de confederación hidrográfica del Guadalquivir hubiese permitido extraer una relación de parcelas de riego irregular más fiel a la realidad puesto que en cartografía Sigpac no se actualizan tan periódicamente.

Ha quedado demostrado las diversas aplicaciones de la Geomática, y su potencial como herramienta de desarrollo aplicada a la agricultura, en la que todavía en este campo queda mucho camino por recorrer.

A título personal, el trabajo realizado ha requerido recurrir a diversas tecnologías, algunas ya conocidas y otras no tanto. Lo que ha supuesto un reto constante de aprendizaje y superación para alcanzar los objetivos planteados.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Molina de la Rosa, J.L., Jiménez Herrera, B., Ruiz Coletto, F., Cano Rodríguez, J., & Pérez Gracia, J. (2017). Técnicas de cultivo: Plagas y enfermedades del olivo. Recuperado de: [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/publicacion/17/07/1.%20Plagas%20y%20enferm olivo 2017%20BAJA.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/publicacion/17/07/1.%20Plagas%20y%20enferm%20olivo%202017%20BAJA.pdf)
- Julio Calero, José David Del Moral, F. García-García, Patricio Bohórquez, (2015). Evolución morfosedimentaria de la transformación de un embalse en un humedal (Embalse de Doña Aldonza, Alto Guadalquivir)- Estimación de la degradación específica de la cuenca Recuperado de: <http://www.uco.es/jia2015/ponencias/a/a008.pdf>
- Geoportal Libra. Imágenes de Landsat 8. Recuperado de: <https://libra.developmentseed.org/>
- Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio de la Junta de Andalucía. Zonas vulnerables a los nitratos. Recuperado de: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam>
- Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Modelo digital de elevaciones MDE_25. Recuperado de: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#>
- Consejería de agricultura, pesca y desarrollo rural de la Junta de Andalucía. (2017). Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) de la provincia de Jaén. Recuperado de: http://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturapesca ydesarrollorural/areas/politicaagrariacomun/paginas/sigpac_descarga_informacion_geografica_shapes_provincias.html
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2013). Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Recuperado de: <http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma?>
- Opensuse.org. Software libre y de código abierto. Recuperado de: [https://es.opensuse.org/Software libre y de código abierto](https://es.opensuse.org/Software_libre_y_de_codigo_abierto)
- Qgis.org. El SIG líder de código abierto para escritorio Recuperado de: <http://www.qgis.org/es/site/about/index.html>
- OSGeoLive. Geoserver. Recuperado de: https://live.osgeo.org/es/overview/geoserver_overview.html
- W3Schools. HTML, CSS, PHP, Javascript, SQL Recuperado de: <https://www.w3schools.com/>
- Grupo de Investigación de Sistemas de Información Avanzados de la Universidad de Zaragoza (IAAA). Catmdedit. Recuperado de: <http://catmdedit.sourceforge.net/>
- Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente. (2016). Guía de gestión integrada de plagas algodón. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidadvegetal/guiagipalgotonweb_tcm30-57965.pdf
- Red Alerta e Información Fitosanitaria (RAIF). 2012. Distribución territorial zonas biológicas. Recuperado de: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturapesca ydesarrollorural/raif/delimitacion-por-zonas-biologicas/jaen?>
- Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio de la Junta de Andalucía. Capacidad de uso agrológico del suelo. http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=3097d2aa40504210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnextchannel=7b3ba7215670f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es#apartado984d6ab884fe9210VgnVCM1000001325e50a

