

Efecto de la estructura del paisaje en la polilla del olivo de “Prays oleae (Lepidoptera: Praydidae)”



Damián Mauricio Sáenz Posada

Tutores: *Susana Pascual*
Marta Ortega
Javier Gutiérrez Puebla



Máster en Tecnologías de la Información Geográfica
Universidad Complutense de Madrid
Junio 2013



Efecto de la estructura del paisaje en la polilla del olivo de “Prays oleae (Lepidoptera: Praydidae)”

Damián Mauricio Sáenz Posada¹

Tutores: *Susana Pascual²*
Marta Ortega³
Javier Gutiérrez Puebla⁴

Trabajo realizado en el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) para optar al título de M.Sc. en Tecnologías de la Información Geográfica (TIG).

***Máster en Tecnologías de la Información Geográfica
Universidad Complutense de Madrid
Junio 2013***

¹ Ingeniero de Montes. M.Sc. Gestión Ambiental en la Empresa. (Estudiante de M.Sc. TIG)

² Departamento de Protección Forestal. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

³ Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid.

⁴ Departamento de Geografía Humana. Facultad de Geografía en historia. Universidad Complutense de Madrid.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo General	10
2.2. Objetivos específicos	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1. Área de estudio.....	11
3.2. Material Cartográfico (SIOSE, PNOA, SIGPAC)	12
3.3. Información biológica (RAIF).....	13
3.4. Caracterización de la estructura del paisaje en la zona de estudio	16
3.4.1. Elaboración de la capa base	16
3.4.2. Análisis espacial e índices de composición y configuración del paisaje	21
3.5. Análisis estadístico	23
4. RESULTADOS	26
4.1. Análisis de la curva de vuelo y daños de <i>P. oleae</i>	26
4.2. Análisis de correlación entre los índices de paisaje y los parámetros de población y daño del <i>P. oleae</i>	28
4.2.1. Índice de diversidad de Shannon (SDI).....	28
4.2.2. Índice de forma (MSI)	32
4.2.3. Índice de borde (TE).....	36
5. DISCUSIÓN	42
6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	45
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	50

Índice de Tablas y Figuras

Tablas

- Tabla 1:** Cantidad de puntos de control empleados según los distintos radios de influencia. **16**
- Tabla 2:** Número de muestras por variable que contuvieron un mínimo de 10 datos por semana. **26**
- Tabla 3:** Correlación entre el índice de diversidad de Shannon (SDI) y la población de *P. oleae* (número de adultos capturados por trampa y día) a lo largo de los tres años de estudio. Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). **29**
- Tabla 4:** Correlación entre el índice de diversidad de Shannon (SDI) y los daños de la generación filófaga del *P. oleae* (hojas atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se observan dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales. **30**
- Tabla 5:** Correlación entre el índice de diversidad de Shannon (SDI) y los daños de la generación antófaga del *P. oleae* (flores atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se observan dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales. **31**
- Tabla 6:** Correlación entre el índice de diversidad de Shannon (SDI) y los daños causados por la generación carpófaga (frutos atacados).) Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se presentaron dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales. **32**
- Tabla 7:** Correlación entre el índice de forma media (MSI) y la población de *P. oleae* (número de adultos capturados por trampa y día) a lo largo de los tres años de estudio. Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (P). Se observan dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales. **33**
- Tabla 8:** Correlación entre el índice de forma media (MSI) y el daño de la generación filófaga. (Hojas atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de

Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Los niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales..... **35**

Tabla 9: Correlación entre el índice de forma media (MSI) y los daños causados por la generación antófaga (flores atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se ilustraron dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales. **35**

Tabla 10: Correlación entre el índice de forma media (MSI) y los daños causados por la generación carpófaga (frutos atacados). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se presentan dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales. **36**

Tabla 11: Correlación el índice de longitud de borde (TE) y la población de *P. oleae* (número de adultos capturados por trampa y día) a lo largo de los tres años de estudio. Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). La tabla presenta dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales. **38**

Tabla 12: Correlación entre el índice de longitud de bordes (TE) y daños de la generación filófaga (hojas atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se observó dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales..... **39**

Tabla 13: Correlación entre el índice de longitud de bordes (TE) y los daños causado por la generación antófaga (flores atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). En la tabla se observó dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales. **40**

Tabla 14: Correlación entre el índice de longitud de bordes (TE) y los daños causados por la generación carpófaga (frutos atacados). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). En la tabla se observó dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales. **41**

Figuras

Figura 1: Oruga de la generación filófaga de <i>P. oleae</i> alimentándose de hojas.....	8
Figura 2: Oruga de la generación antófaga de <i>P. oleae</i> alimentándose de flores.....	8
Figura 3: Oruga de la generación carpófaga de <i>P. oleae</i> alimentándose del hueso (semilla).....	8
Figura 4: Localización del área de estudio y de los puntos de control.....	11
Figura 5: Ejemplo de las áreas de influencia o escalas espaciales de un sólo punto de control (Punto 53).....	17
Figura 6: Capa construida mediante la herramienta "Buffer" con un radio de influencia a 1500m desde cada punto de control.....	17
Figura 7: Anillo de influencia con usos del suelo a 2000m.....	18
Figura 8: Polígonos de la misma clase compartiendo límites "antes de aplicar Dissolve"	20
Figura 9: Resultado de aplicar la herramienta "Multipart to Singlepart"	20
Figura 10: Curva de vuelo de <i>P. oleae</i> para los tres años de estudio. Se indican los valores medios de los datos que cumplieron el criterio SDC.	26
Figura 11: Curva de daños de cada una de las generaciones de <i>P. oleae</i> para los tres años de estudio. Se indican los valores medios de 35 muestras. (F: Filófaga, A: Antófaga y C: Carpófaga).....	27
Figura 12: Variación del índice de Shannon (SDI) a distintas escalas espaciales...	28
Figura 13: Variación del índice MSI a distintas escalas espaciales.	33
Figura 14: Variación del índice TE a distintas escalas espaciales.	37
Figura 15: Ejemplo de un paisaje con valor bajo de SDI y alto de MSI.....	43

1. Introducción

España es el primer productor y exportador mundial de aceite de oliva y de aceituna de mesa, con la mayor superficie de olivar, aproximadamente 2.584.565 ha., y el mayor número de olivos, alrededor de 282.696.000. (De Andrés, 1997)

A nivel nacional, el olivar es el segundo cultivo en extensión, después de los cereales, y está presente en 34 de las 50 provincias españolas. La comunidad de Andalucía representa el 60% de la producción neta del olivo en España con una cantidad aproximada de 174.788.000 árboles. Según Sánchez Martínez, et al. (2011), la provincia de Jaén aporta el 38% aproximadamente a la producción neta de Andalucía. La variedad predominante de olivo en Jaén es la "Picual".

La polilla del olivo, *Prays oleae* (Lepidoptera: Praydidae) es un insecto del orden *Lepidóptera* superfamilia *Yponomeutoidea*, familia *Praydidae*, constituye una de las plagas de mayor importancia económica en el olivar a escala mundial junto a la mosca del olivo, *Bactrocera oleae*. *P. oleae* es monófago (se alimenta de una sola planta) y representa la segunda plaga de importancia en el cultivo del olivo en España (De Liñan Vicente, s.f.). Se extiende por todo el área mediterránea, aunque, está presente sobre todo en las zonas septentrionales de fuerte humedad, desapareciendo progresivamente en las regiones meridionales de clima más cálido y seco, salvo en las zonas marítimas, debido a la sensibilidad de algunos de sus estadios a la sequedad atmosférica (Civantos Ruiz & Etevéz Alcalde, 2011).

El adulto es una polilla que mide de 13 a 15 mm de envergadura alar y 6 mm de longitud. Las alas anteriores son de un color gris plateado y presentan unas manchitas negras en el centro, y un fleco de pelo en el borde externo; las alas posteriores son de color gris claro uniforme y también tienen un borde con fleco. El macho es de menor tamaño que la hembra aunque los dos son muy similares de aspecto exterior. Su actividad es crepuscular. El huevo mide 0,5 mm de diámetro, es redondo y aplastado. Recién puesto es de color blanquecino, se va oscureciendo y finalmente amarillea al eclosionar. La larva mide entre 0,7 hasta 8 mm de longitud según su estado de desarrollo. La coloración es avellana y presenta 2 bandas longitudinales verdosas en el dorso y otras 2 laterales más claras o amarillentas. La cabeza es de color pardo y el cuerpo está cubierto de finos pelos de desigual longitud. Durante la fase de crisálida, el insecto ni se mueve ni se alimenta, y sufre una metamorfosis completa. Se la conoce también por "pupa", es de color marrón-rojizo y mide de 5 a 6 mm de longitud. (Junta de Castilla y León, 2006).

P. oleae presenta un ciclo de vida desarrollado sucesivamente en tres generaciones anuales, cada una de ellas está especializada en el aprovechamiento de una parte completamente distinta del vegetal (hojas, flores, frutos). Las tres generaciones que se suceden a lo largo de la campaña están sincronizadas con la evolución fenológica del olivo. (De Liñan Vicente, s.f.)

Generación filófaga (1ª generación): Octubre y noviembre son los meses en los que los adultos de la generación carpófaga depositan sus huevos en la parte superior (haz) de las hojas. Las larvas recién nacidas invernan en el interior de las hojas. En febrero aumenta la actividad de la larva cambiando varias veces de hoja formando galerías y alimentándose de yemas y la parte inferior de las hojas (envés). Las larvas crisalidan predominantemente en el envés de la hoja en el interior de un capullo sedoso. El tiempo de vida de los adultos de esta generación oscila entre 20 y 40 días (MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION, 1992).

Esta generación no presenta daños económicos en los árboles adultos ya que únicamente reduce su superficie foliar. Sin embargo, los árboles jóvenes en desarrollo pueden sufrir destrucción de yemas que pueden afectar el futuro del árbol. (ECONEX, 2012).

Generación antófaga (2ª generación): Se presenta en los meses de abril y mayo. Los adultos procedentes de la generación invernante (filófaga), depositan los huevos principalmente en el cáliz de los botones florales cerrados. Las larvas nacen después de 6 ó 7 días y a lo largo de la floración se alimentan de diferentes partes de la flor (corola, ovarios, estilo) produciendo desecación y muerte. Cada larva puede llegar a destruir un número elevado de flores (20-40).

Durante la floración, las larvas usan hilos sedosos para trasladarse de una rama a otra. Finalmente, de las crisálidas que se encuentran en los restos salen las mariposas que dan origen a la siguiente generación. El principal problema que representa esta generación es la destrucción de las flores, pero en el olivo de cada 100 flores sólo cuajan de 2 a 3 frutos, además, el olivo compensa la flor caída con un mayor cuajado. (Junta de Castilla y León, 2006)

Generación carpófaga (3ª generación): En los meses de mayo y junio, los adultos de la anterior generación realizan la puesta preferentemente en los restos del cáliz. Cuando nacen las larvas perforan directamente el fruto y entran en la aceituna antes de que se endurezca el hueso, provocando así la primera caída de la aceituna (San Juan). Durante el verano, la larva se alimenta de la semilla de los frutos que aún permanecen en el árbol y a mediados de septiembre inicia la salida del fruto provocando la segunda caída (San Miguel) para crisalidar en el suelo, donde posteriormente nacerán los adultos que dan origen a la generación filófaga.

Esta generación es la más dañina al provocar la caída de frutos. La primera caída (junio) es muy difícil de valorar porque el árbol la compensa aumentando de tamaño las aceitunas que quedan. La segunda caída, es muy importante porque la aceituna ya está desarrollada y el árbol no tiene tiempo de compensar. Las generaciones antófaga y carpófaga son entonces aquellas que mayor daño producen en el ciclo productivo del olivo. (De Liñan Vicente, s.f.)

Regulación de poblaciones: El frío y los calores extremos causan una mortalidad en torno a una media del 40%, destruyendo huevos y larvas dentro de las aceitunas. La primera caída de aceitunas impide el desarrollo de larvas que se encuentran dentro del fruto causando entre un 30 y 80% de mortalidad.



Figura 1: Oruga de la generación filófaga de *P. oleae* alimentándose de hojas.



Figura 2: Oruga de la generación antófaga de *P. oleae* alimentándose de flores.



Figura 3: Oruga de la generación carpófaga de *P. oleae* alimentándose del hueso (semilla).

En la actualidad el manejo de esta plaga está dominado por el control químico, el cual suele estar enfocado hacia las generaciones antófaga y carpófaga. Se suele aplicar un insecticida organofosforado, aunque en una minoría de los casos se utiliza *Bacillus thuringiensis* para combatir la generación antófaga (González Núñez, 2008).

Atendiendo a que el control químico presenta consecuencias secundarias no deseadas, se plantea el control biológico como una alternativa más respetuosa con el medio ambiente. El control biológico por conservación, está definido como la práctica de incrementar la eficacia de los enemigos naturales (parasitoides y depredadores) mediante la modificación del medio ambiente o de las prácticas de control de plagas en uso (Eilenberg, Hajek et al. 2001).

Según Forman & Godron, (1986) el paisaje es un mosaico de ecosistemas que interactúan entre sí bajo un mismo clima, geomorfología y régimen de disturbios. En los últimos años diferentes autores han estudiado el efecto de la estructura del paisaje en distintos insectos, como polinizadores, parasitoides, depredadores y fitófagos. (Avelino, et al., 2012), (Grilli, 2010), (Ricci, et al., 2009), (Scalercio, et al., 2012), (Bianchi, et al., 2008).

En lo referido a la relación espacial de los diferentes ecosistemas o teselas que componen el paisaje, se deben diferenciar dos conceptos fundamentales: la *composición* del paisaje (variedad y abundancia de teselas en un paisaje) y la *configuración* del paisaje (distribución espacial de las teselas en el paisaje) (Vila Subirós, et al., 2006). En el estudio del paisaje se emplean métodos cuantitativos que en ecología se agrupan en los denominados índices de paisaje, los cuales aportan datos numéricos sobre su composición y configuración (MCGARIGAL & J. MARKS, Marzo, 2004), (Badii & Landeros, 2006). El cálculo de tales índices permite tener herramientas con las cuales responder a hipótesis del tipo: ¿Cómo influye el paisaje en el control biológico de plagas a través de sus enemigos naturales? o ¿Qué relación existe entre el valor de los índices del paisaje y la población de una determinada plaga?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- ✓ Análisis espacio-temporal de la relación entre la estructura del paisaje y la polilla del olivo (*P. oleae*).

2.2. Objetivos específicos

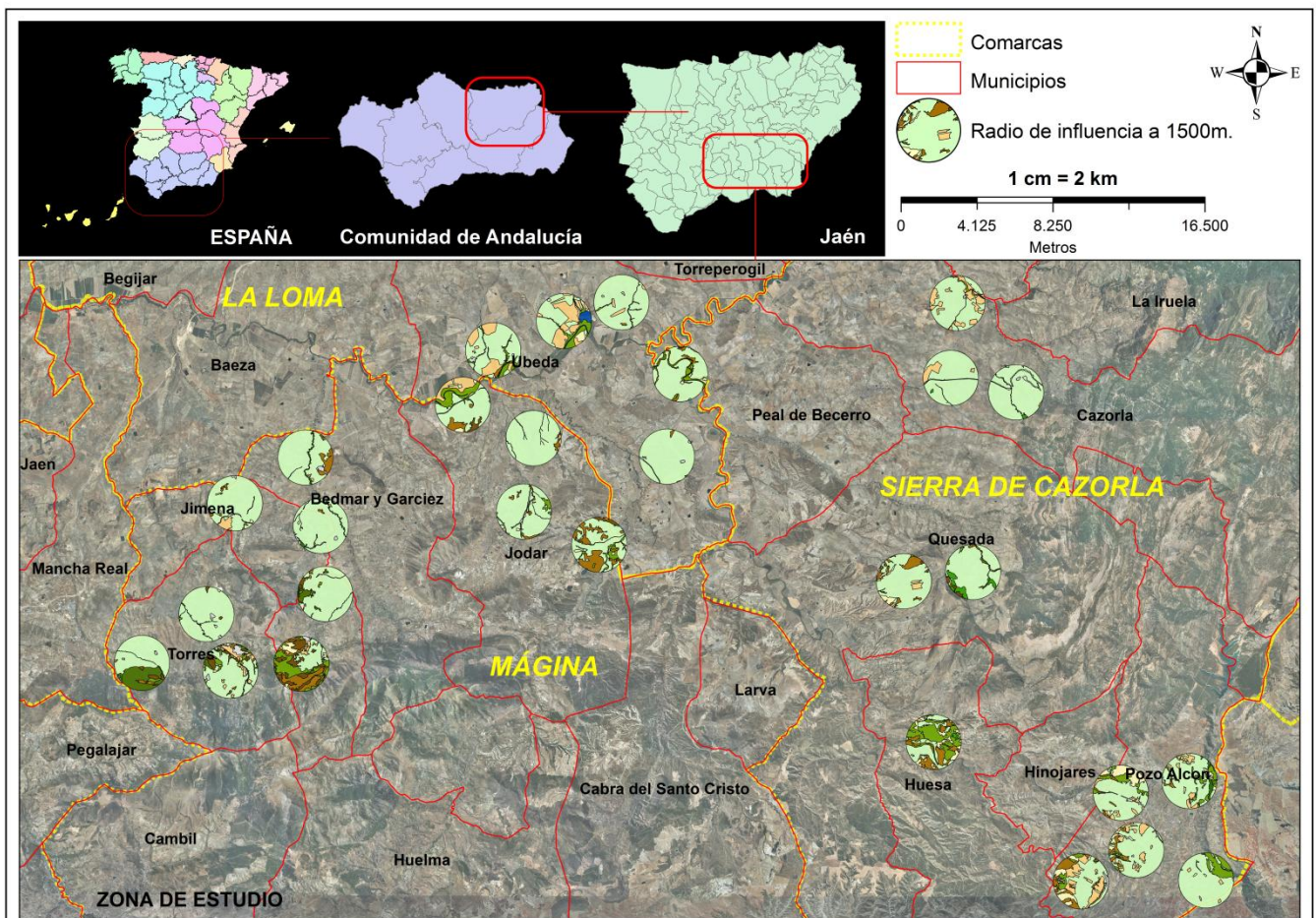
- ✓ Construcción de una capa de usos del suelo en el área de estudio a partir de la capa del Sistema de Información sobre Ocupación de Suelo en España (SIOSE) que será el paisaje a analizar.
- ✓ Cálculo de índices de paisaje a diferentes escalas espaciales circundantes a las muestras de *P. oleae* (radios de influencia de 2000, 1500m, 1000m, 750m, 600m, 500m y anillos de influencia de 1500-2000, 1000-1500m, 750-1000m, 600-750m, 500-600m).
- ✓ Análisis estadístico de correlación lineal entre los índices de paisaje y la población y el daño de cada una de las generaciones del *P. oleae*.

3. Materiales y Métodos

3.1. Área de estudio

La zona de estudio comprende las siguientes zonas biológicas: Loma alta, Loma baja, Magina norte y Sierra Cazorla, las cuales se encuentran ubicadas en las comarcas descritas en la figura 4. En la zona de estudio se han utilizado diferentes puntos de control según la escala espacial para el registro de datos de la población de *P. oleae* y el daño causado por este insecto, ubicados en parcelas de olivares del sureste de la provincia de Jaén (Comunidad de Andalucía) por la Red de Alerta e Información Fitosanitaria (RAIF).

Figura 4: Localización del área de estudio y de los puntos de control.



3.2. Material Cartográfico (SIOSE, PNOA, SIGPAC)

3.2.1. Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE)

El proyecto SIOSE nace como iniciativa del Instituto Geográfico Nacional (IGN) con el objeto de integrar las bases de datos de ocupación del suelo a nivel de la Administración General del Estado. SIOSE tiene como primera referencia temporal el año 2005, usando como entidad de trabajo el polígono, además, plantea una periodicidad de actualización de 5 años, realizada mediante fotointerpretación y reconocimiento de campo. Algunas de las características técnicas del SIOSE son:

- ✓ Escala de Referencia: 1: 25.000.
- ✓ Sistema Geodésico de Referencia: ETRS 89.
- ✓ Proyección UTM: husos 28, 29, 30 y 31.
- ✓ Unidad mínima de representación para las superficies artificiales y las láminas de agua será de 1 ha.
- ✓ Las playas, vegetación de ribera, humedales y cultivos forzados tendrán como unidad mínima de representación 0,5 ha.
- ✓ Zonas agrícolas, forestales y naturales equivalentes a una unidad mínima de representación de 2 ha.

Asociadas a la entidad de trabajo (polígono) del SIOSE, se han definido dos superclases denominadas Uso y Cobertura. La Cobertura está directamente referida al tipo de superficie en el terreno (Cobertura Simple) o elementos que aparecen sobre dicha superficie (Cobertura Compuesta), mientras que el Uso es un concepto relativo a las actividades socioeconómicas que se realizan sobre dicho terreno, y por tanto pueden superponerse en superficie.

Los polígonos tendrán una cobertura simple cuando ésta sea única, y una cobertura compuesta cuando se encuentre formada por 2 o más coberturas simples y/o compuestas a su vez. En función del tipo de combinación, la cobertura compuesta será Asociación o Mosaico. La Asociación es la combinación de coberturas sin distribución fija, cuando éstas se encuentren entremezcladas indistintamente. El Mosaico es la combinación de coberturas cuya distribución geométrica y separación entre ellas es claramente perceptible (Instituto Geográfico Nacional, SIOSE).

3.2.2. Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)

Tiene como objeto la obtención de ortofotografías aéreas con resolución de 25 ó 50 cm de todo el territorio español, con un periodo de actualización de 2 ó 3 años dependiendo de las zonas.

Las fotografías son realizadas mediante vuelo fotogramétrico equivalente a una escala de vuelo de 1:30.000, con cámara digital de alta resolución, equipada con sensor pancromático y 4 sensores multiespectrales, adicionalmente, las fotografías presentan un tamaño de pixel de 0,50 metros. El sistema de referencia geodésico en el que se encuentran las fotografías es el ETRS89, con una proyección UTM en el huso correspondiente según la cuadrícula oficial (Instituto Geográfico Nacional, 2004).

El último vuelo de actualización de las ortofotos para la zona de estudio del presente proyecto fue realizado en agosto del año 2011. Las fotografías aéreas han sido usadas como referencia para la fotointerpretación de los usos del suelo en la actualización cartográfica del presente proyecto.

3.2.3. Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC)

El SIGPAC es una aplicación web que permite obtener información gráfica y alfanumérica actualizada de las parcelas agrícolas declaradas por los agricultores y ganaderos del territorio Español (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2000).

Para el desarrollo de este proyecto, el SIGPAC fue utilizado como herramienta de solución de dudas ante los casos en los que la fotointerpretación resultó confusa para identificar el uso del suelo en un polígono determinado.

3.3. Información biológica (RAIF)

3.3.1. Red de Alerta e Información Fitosanitaria (RAIF)

La RAIF se puso en marcha por primera vez en Andalucía en 1996 ofreciendo de forma actualizada información del estado fitosanitario de los principales cultivos de Andalucía, entre los cuales se encuentra el cultivo del olivo.

El territorio andaluz ha sido dividido en "zonas biológicas", es decir, zonas en las que por sus características agroecológicas se desprende un comportamiento similar de las plagas y de los cultivos, y por tanto se puede dar una información homogénea y más o menos fiable para toda una zona. Dentro de cada zona biológica existen Estaciones de Control Biológico (ECB), que son puntos de toma de datos de fenología y del estado de las plagas. Cada ECB debe tener dos trampas para captura y recopilación de datos del *P. oleae*. En total la RAIF cuenta con 6.162 ECB repartidas por el territorio andaluz para todos los cultivos de los que se informa. (Junta de Andalucía, RAIF, 1996).

La metodología de muestreo empleada por la RAIF para la captura de los datos de las variables a analizar en este proyecto es la siguiente.

3.3.1.1. Trampas y conteos

Según Junta de Andalucía, RAIF, (1996), las trampas son instaladas a principios del mes de marzo con una distribución al azar dentro de cada ECB, con una distancia de separación superior a 50 metros entre las trampas y son retiradas a finales del mes de noviembre.

El conteo de las capturas en las trampas es realizado semanalmente y la determinación del índice de captura (ATD: Adultos por Trampa y Día) será la suma del número de individuos capturados por las dos trampas, dividido por el producto del número de trampas por el número de días transcurridos desde la última observación.

3.3.1.1.1. Generación Filófaga

Se observan 10 brotes por árbol para un total de 200 por parcela contabilizando los brotes atacados, el porcentaje se calcula sobre el total de brotes observados.

3.3.1.1.2. Generación Antófaga

Se toman 10 brotes por árbol y 1 inflorescencia por brote, es decir, 200 inflorescencias por parcela. El porcentaje de aquellas que presentan daño por el *P. oleae* se determinan así:

3.3.1.1.3. Generación Carpófaga

Se toma 1 fruto por brote, en 10 brotes de 20 árboles, para un total de 200 frutos por parcela.

Los frutos son observados para identificar aquellos que posean huevos y determinar si están vivos, vanos o avivados.

Huevo vano: Considerado como forma no viva. Está seco y aplastado.

Huevo blanco: Blanco, turgente, con líquido dentro (forma viva).

Huevo amarillo: El huevo vira a amarillo cuando está próximo a eclosionar (forma viva).

Penetraciones: Son consideradas formas vivas y se observan en dos momentos.

- ✓ Se pueden ver en la penetración unos huevos oscuros (gris, marrón, etc.).
- ✓ Transcurridos los días se verá un agujero en la zona de los sépalos o próxima sin que haya presencia de huevo; esto indica que la larva ya ha penetrado.

Como forma viva se contabiliza los huevos blancos, amarillos, con cabeza negra y larvas. Los huevos vanos no son contabilizados como formas vivas.

La información suministrada por la RAIF, presenta valores "0" y valores "en blanco", la diferencia entre éstos para el cálculo de las correlaciones entre los datos del *P. oleae* y los índices de paisaje será:

- ✓ El valor "0" computa en el cálculo. Significa una medida de valor cero.
- ✓ El valor "en blanco" no interviene en el cálculo puesto que hace referencia a que no se tomó ninguna medida.

3.4. Caracterización de la estructura del paisaje en la zona de estudio

3.4.1. Elaboración de la capa base

La elaboración de la capa base fue ejecutada con el software ArcGIS de ESRI. ArcGIS es un Sistema de Información Geográfica que se utilizó para reunir, organizar, tratar y analizar la información espacial del presente proyecto. La versión empleada en este estudio fue ArcMap 10.1.

3.4.1.1. Selección de puntos de control y construcción de áreas de influencia circulares

Los datos de la población y los daños causados por *P. oleae* durante los años 2009, 2010 y 2011, han sido tomados de los puntos de control distribuidos sobre las parcelas del cultivo del olivo en la zona de estudio por parte de la red RAIF.

Se tomaron dos criterios para la selección de los puntos de control en la zona de estudio: disponibilidad de datos para la especie *P. oleae* y evitar la intersección de las áreas de influencia de los puntos de control a un mismo radio para que los datos relativos a los índices de paisaje fueran independientes. El proceso seguido para identificar la intersección entre las áreas de influencia fue:

1. Se creó una capa de área de influencia⁵ para cada punto a diferentes radios (Figura 5).
2. Los puntos cuyas áreas de influencia no presentaron intersección fueron elegidos.
3. De los puntos interseccionados, se eligió aleatoriamente uno de ellos.

Con la descripción del anterior procedimiento, además de elegir los puntos, se crearon las capas para cada uno de los radios de influencia a partir de dichos puntos. (Figura 6). De un total de 63 entidades puntuales se realizó la siguiente selección según los radios de influencia para el presente estudio.

Tabla 1: Cantidad de puntos de control empleados según los distintos radios de influencia.

Radio de influencia	Número de Puntos
500m, 600m y anillo 500-600m	42
750m y anillo 600-750m	40
1000m y anillo 750-1000m	37
1500m y anillo 1000-1500m	30
2000m y anillo 1500-2000m	21

⁵ La herramienta empleada para este geoproceto se llama BUFFER y se encuentra localizada en (ArcToolbox/Analysis Tools/Proximity/Buffer) del ArcGIS.

Figura 5: Ejemplo de las áreas de influencia o escalas espaciales de un sólo punto de control (Punto 53)

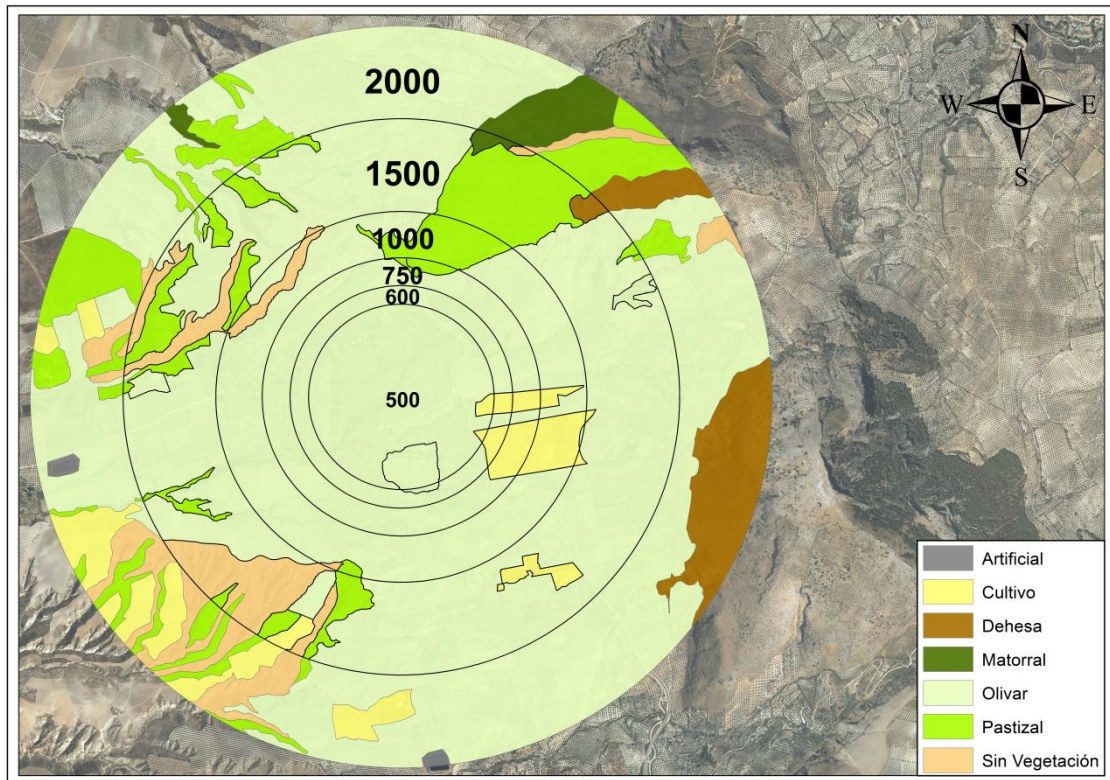
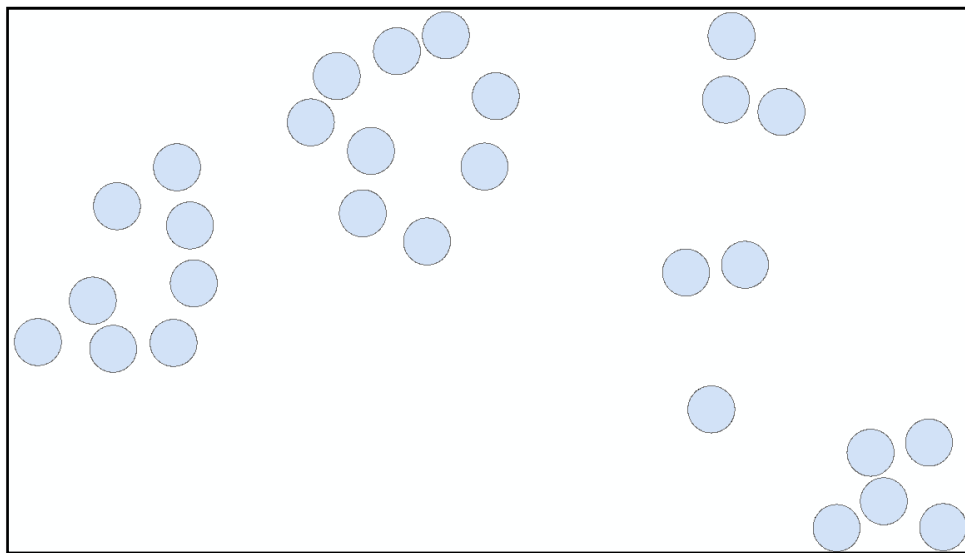


Figura 6: Capa construida mediante la herramienta "Buffer" con un radio de influencia a 1500m desde cada punto de control.

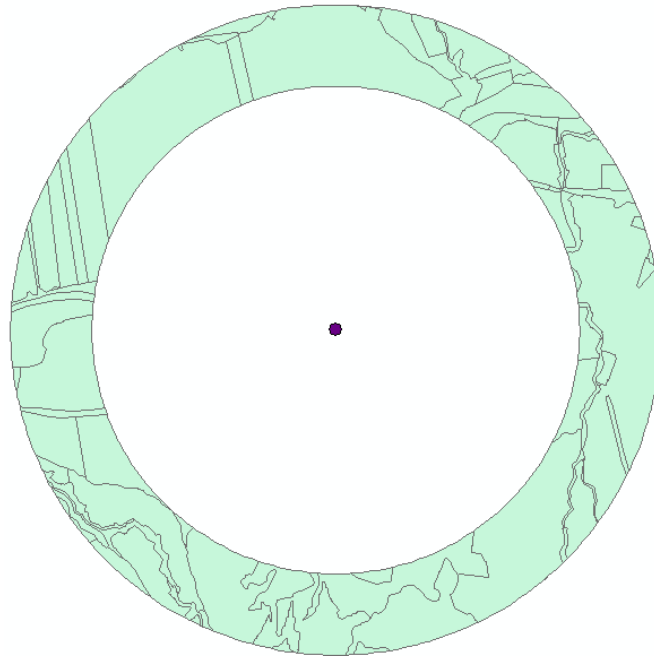


3.4.1.2. Elaboración de áreas de influencia anulares

La elaboración de estas áreas de influencia se realizó construyendo previamente áreas de influencia circulares, las cuales conformaron el límite exterior y el límite interior de los diferentes anillos.

Con el empleo de la herramienta "Erase"⁶ fue posible eliminar del área de influencia circular mayor la superficie correspondiente al área de influencia circular menor. La capa que resultó de aplicar el anterior proceso fue intersectada con la capa SIOSE para disponer de los usos de suelo en el área del anillo.

Figura 7: Anillo de influencia con usos del suelo a 2000m.



3.4.1.3. Reclasificación de la capa SIOSE

Los métodos planteados desde este punto, fueron aplicados para cada uno de los radios y anillos descritos en la tabla 1.

Usando la capa (Shapefile) de los usos del suelo del SIOSE, se procedió a intersectar⁷ la información gráfica y alfanumérica contenida en ella con la capa de los radios de influencia (Figura 5).

La capa creada en el geoproceto de intersección fue reclasificada. El objetivo de la reclasificación fue simplificar (Ver anexo 1) y actualizar los usos del suelo. La simplificación se realizó con el propósito de eliminar la prolijidad del SIOSE, la cual no resulta útil para el objetivo del estudio, puesto que puede producir ruido de fondo y enmascarar los resultados, con este propósito general se realizó la homogenización de atributos y la eliminación de coberturas compuestas del SIOSE, (aquellas que en un mismo polígono representa los porcentaje de diferentes usos del suelo), las cuales fueron simplificadas eligiendo sólo uno de los usos que describía, el uso cuya presencia era mayor según la fotointerpretación. Algunos

⁶ Localizada en (*ArcToolbox/Analysis Tools/Overlay/Erase*).

⁷ La ubicación de esta herramienta es (*ArcToolbox/Analysis Tools/Overlay/Intersect*).

criterios adicionales que permitieron la simplificación de la nueva capa del SIOSE en áreas de influencia fueron:

- ✓ Homogeneización de otros tipos de cultivos diferentes al olivar.
- ✓ Agrupación a una sola clase de las obras civiles urbanas y rurales ejecutadas por el hombre.

La actualización de los usos del suelo fue realizada debido al amplio lapso temporal entre la creación de la capa del SIOSE (año 2005) y los datos suministrados por la RAIF (tomados entre 2009 y 2011). La base de esta actualización se realizó comparando visualmente la información capturada en el SIOSE respecto al servicio WMS del PNOA⁸ (servicio basado en las ortofotografías aéreas tomadas en el mes de agosto de 2011) y el SIGPAC.

3.4.1.4. Peculiaridades en el tratamiento de fotointerpretación

Se tomaron en cuenta dos características observadas en el tratamiento de fotointerpretación para la corrección de las entidades poligonales de la capa base creada. Estas fueron originadas en el geoproceso de intersección entre las capas "Buffer" y la capa del SIOSE.

1. Entidades poligonales independientes aparecen unidas en una sola entidad.

Generalmente la característica aparece en las zonas más externas de las áreas de influencia circulares y en las zonas internas y externas de las áreas de influencia anulares. Esta peculiaridad fue resuelta usando la herramienta "Multipart to Singlepart"⁹, cuya funcionalidad es independizar los polígonos que se encuentran agrupados en una misma clase. El resultado final permite identificar a los polígonos que compartían una sola entidad como polígonos en entidades independientes.

2. Aparición de polígonos con superficie inferior a 0,5 hectáreas.

La unidad mínima de representación cartográfica empleada en la reclasificación de los usos del suelo en las áreas de influencia circulares y anulares en la zona de estudio es de 0,5 hectáreas, unidades propuestas en la cartografía del SIOSE.

Recalculando las áreas de los polígonos se observó esta particularidad, la cual fue resuelta uniendo el polígono de superficie inferior a 0.5 hectáreas al polígono

⁸ <http://www.idee.es/wms/PNOA-MR/PNOA-MR?REQUEST=GetCapabilities&SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1>

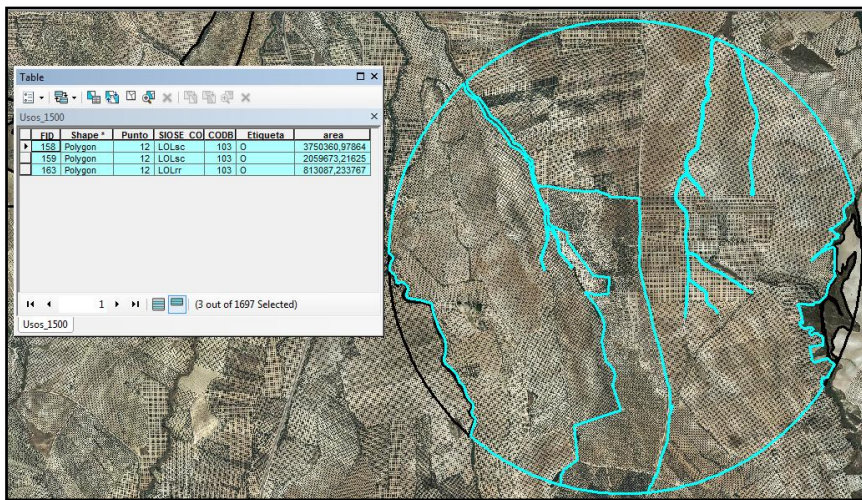
⁹ La herramienta se encuentra ubicada en (*ArcToolbox/Data Management Tools/Features/Multipart To Singlepart*).

vecino con el que presenta una mayor longitud de adyacente, se usó la herramienta "Merge"¹⁰.

3.4.1.5. Construcción final de la capa base

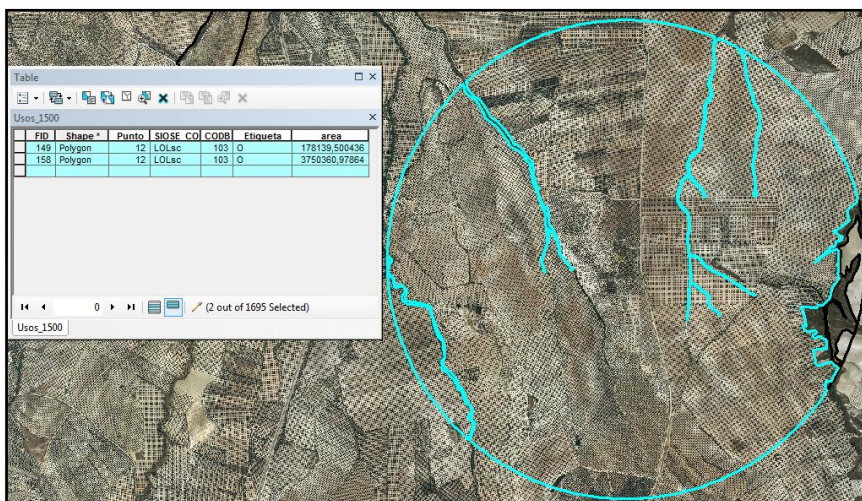
Las diferentes capas de las áreas de influencia radiales y anulares después de haber sido reclasificadas asumiendo las particularidades del tratamiento de fotointerpretación, se sometieron al proceso de disolver¹¹ las entidades poligonales que comparten límites y que poseían en común el mismo uso del suelo.

Figura 8: Polígonos de la misma clase compartiendo límites "antes de aplicar Dissolve"



Aplicando la herramienta "Dissolve", reaparece la característica 1 mencionada en el epígrafe peculiaridades en el tratamiento de la fotointerpretación.

Figura 9: Resultado de aplicar la herramienta "Multipart to Singlepart"



¹⁰ Esta herramienta se aplica cuando la capa está en estado de edición.

¹¹ Localización de la herramienta en (ArcToolbox/Data Management Tools/Generalization/Dissolve).

3.4.2. Análisis espacial e índices de composición y configuración del paisaje

3.4.2.1. Análisis espacial

El análisis espacial fue ejecutado mediante la extensión "Patch Analyst", la cual es una extensión del sistema de información geográfico ArcView (versión anterior a ArcGIS) que facilita el análisis espacial de la estructura del paisaje mediante teselas (Rempel, R.S., D. Kaukinen., and A.P. Carr. 2012). Esta extensión permite el cálculo de índices del paisaje, los cuales son el resultado de la aplicación de métodos cuantitativos que permiten obtener datos sobre la composición y configuración del paisaje (Vila Subirós, et al., 2006). Patch Analyst, contiene dos herramientas en su interfaz que permiten calcular los diferentes índices de paisaje en formato vectorial.

Analysis by Regions. Calcula índices de paisaje permitiendo trabajar con todos los puntos de control en una sola capa, ya que proporciona los valores de los distintos índices para cada punto por separado. Esta herramienta cuenta con dos niveles de análisis, el primero "*Landscape*" hace referencia a la estructura total del paisaje y el otro "*Class*", permite hacer el análisis por cada uno de los usos del suelo.

Spatial Statistics. Además de calcular los mismos índices que el "Analysis by Regions", permite calcular el índice de Diversidad de Shannon (*Shannon's Diversity Index*) y el índice de uniformidad de Shannon (*Shannon's Evenness Index*). La operatividad de esta herramienta está limitada, ya que hay que trabajar con un solo punto por capa¹², de lo contrario la herramienta asume a todos los puntos como una sola unidad a analizar, obteniéndose así un sólo resultado general para la capa y no para cada uno de los puntos.

El cálculo de los índices de paisaje se realizó para cada una de las áreas de influencia circulares y anulares separadas en capas independientes. La herramienta empleada fue el Spatial Statistics, en la cual se indicó que el nivel de análisis utilizado fuera "*Landscape*". Los ficheros de salida de esta herramienta son en formato de tablas.

3.4.2.2. Índices de composición y configuración

A continuación se describirán los índices usados en el proyecto pertenecientes a las dos categorías de índices.

¹² Para separar cada una de las áreas de influencia circulares y anulares de cada uno de los punto en capas únicas, se empleó la herramienta "Split", ubicada en (*ArcToolbox/Analysis Tools/Extract/Split*)

3.4.2.3. Índices de configuración

- ✓ Tamaño medio de las teselas (*Mean Patch Size*): Relación entre el área ocupada por todas las teselas y el número de teselas correspondientes a todas las clases. El índice se presenta en unidades de hectáreas y sus valores serán mayores a "0" sin un límite superior.

—

Dónde:

A: es el área del paisaje.

- ✓ Desviación estándar del tamaño de las teselas (*Patch Size Standard Deviation*): Calcula la medida de la variabilidad del tamaño de las teselas en el paisaje. Las unidades de este índice son representadas en hectáreas, PSSD es 0 cuando todas las teselas del paisaje tienen el mismo tamaño o cuando hay solo una tesela.

—————
—
—————

- ✓ Borde total (*Total Edge*): Es el sumatorio del perímetro del conjunto de teselas que componen el paisaje. Este índice se mide en metros.

- ✓ Media del borde de las teselas (*Mean Patch Edge*): Es el promedio del perímetro de las teselas que integran el paisaje, las unidades son metros por tesela.

—————

- ✓ Índice de forma media (*Mean Shape Index*): Es la suma del perímetro teselar dividido por la raíz cuadrada del área de cada tesela, ajustada mediante una constante circular. El índice no se expresa en unidades definidas y representa la irregularidad de los polígonos. Adquiere valor 1 en el caso de

una tesela completamente redonda y valores superiores cuando las teselas son irregulares.

3.4.2.4. Índices de composición

- ✓ Numero de teselas (*No. Of Patch*): Calcula el número de teselas que componen el paisaje. Este índice no presenta unidades y su valor mínimo será 1 cuando el paisaje este formado por una sola tesela.

Dónde:

N: es el número de teselas que componen el paisaje.

- ✓ Índice de Diversidad de Shannon (*Shannon's Diversity Index*): Valora el nivel de diversidad paisajística. En la naturaleza, los valores del índice suelen oscilar desde 0 hasta 3.5 (Ibáñez, 2006).

Dónde:

Pi= Abundancia relativa de las teselas por uso.

- ✓ Índice de uniformidad de Shannon (*Shannon's Evenness Index*): Es el valor observado del Índice de diversidad de Shannon, dividido por el máximo valor posible del Índice de diversidad de Shannon para el número de tipos de teselas (MCGARIGAL & J. MARKS, Marzo, 2004).

3.5. Análisis estadístico

3.5.1. Análisis de correlación entre los índices de paisaje y los parámetros de población y daño del *P. oleae*.

Los datos de captura de población y daños causados por *P. oleae* fueron organizados por día juliano y punto de toma de datos, los días julianos fueron agrupados por semanas.

Para ejecutar el cálculo de correlación se decidió trabajar con los datos que cumplieron el siguiente criterio para su análisis y representación: contar con un mínimo de 10 datos por semana.

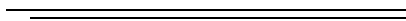
Las semanas que no cumplieron el criterio no fueron procesadas en el cálculo de correlación con los índices de paisaje y no se representaron gráficamente ni en la curva de vuelo ni en la curva de daños. En adelante este incumplimiento será identificado con las siguientes siglas: ***SDC (Sin Datos de Correlación)***.

La correlación, se ejecutó analizando cada uno de los índices del paisaje calculados con cada una de las semanas en las que se disponía de datos tanto para las capturas de *P. oleae* como para el daño causado de cada una de sus generaciones.

3.5.2. Statgraphics

Este es un software que calcula estadísticas y computa datos analíticos, fue el empleado para calcular el coeficiente de Pearson. (Polhemus, Neil; STATGRAPHICS, 2012, (creado en 1980)).

El coeficiente de correlación mide la fuerza de la relación lineal entre dos variables o matrices en una escala de -1 a $+1$. Entre mayor sea el valor absoluto de la correlación, más fuerte es la relación lineal entre las dos variables. Cuando el valor de la correlación (r) es igual a 0 indica que no existe relación entre las variables; los valores cercanos a 1 son indicadores de correlaciones positivas (cuando X crece, Y crece) y los valores cercanos a -1 son indicadores de correlaciones negativas (Cuando crece X , decrece Y).



Una vez calculado el coeficiente de correlación entre las variables dependiente e independiente, es importante determinar si esta correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación $\leq 0,05$ (5%), para esto se calcula el valor p , el cual está definido como la probabilidad de obtener un resultado al menos tan extremo como el que realmente se ha obtenido (valor del estadístico calculado), suponiendo que la hipótesis nula es cierta. (Clark, 2004)

Curva de vuelo

La curva de vuelo del *P. oleae*, fue la representación gráfica del promedio de capturas de adultos por semana en trampas de feromonas que cumplieron el criterio de presentar un mínimo de 10 datos semanales. Estos datos fueron recolectados por la RAIF. Por lo tanto, la curva será la representación de la relación entre la variable tiempo y la variable de población capturada.

4. Resultados

El número de semanas que cumplieron el criterio SDC para la realización de cálculos y gráficos se ilustra en la tabla 2.

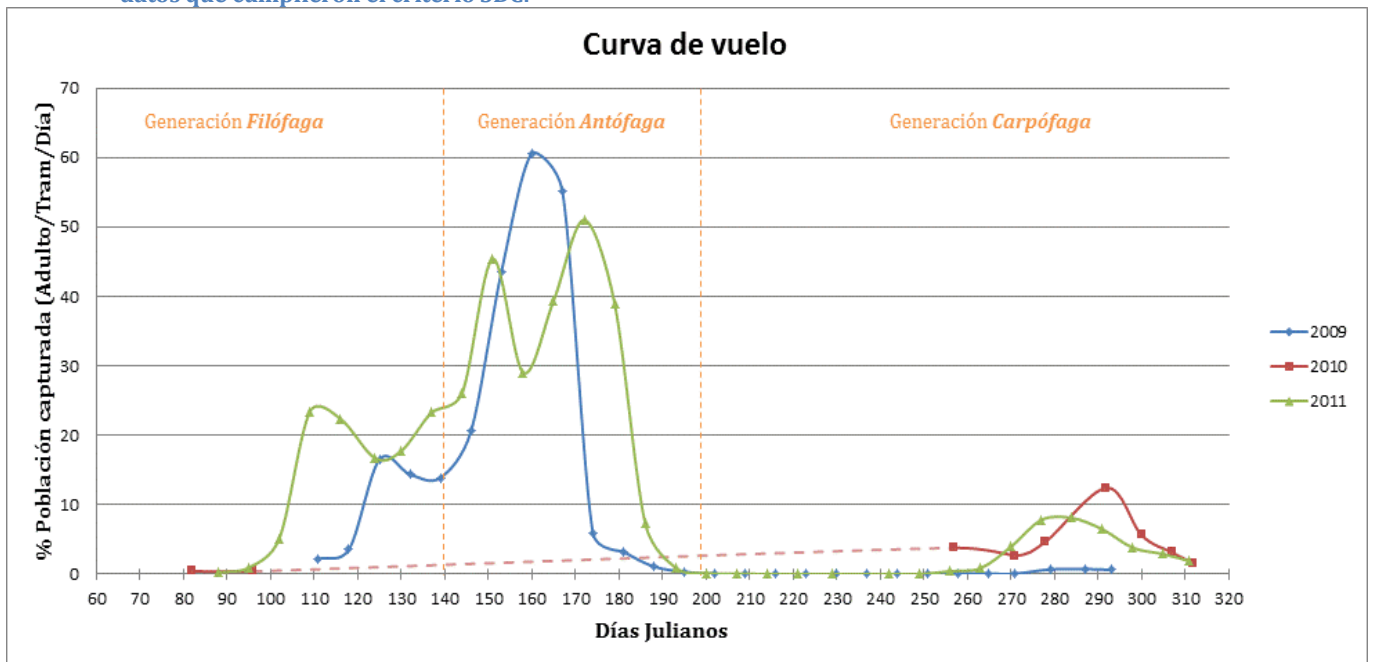
Tabla 2: Número de muestras por variable que contuvieron un mínimo de 10 datos por semana.

Variable dependiente	2009	2010	2011
Población adulta capturada:	35	9	36
% daño de la generación filófaga:	7	6	4
% daño de la generación antófaga:	4	5	2
% daño de la generación carpófaga:	6	6	7

4.1. Análisis de la curva de vuelo y daños de *P. oleae*.

En la figura 13 se puede ver la curva general de vuelo del *P. oleae* para los tres años estudiados.

Figura 10: Curva de vuelo de *P. oleae* para los tres años de estudio. Se indican los valores medios de los datos que cumplieron el criterio SDC.

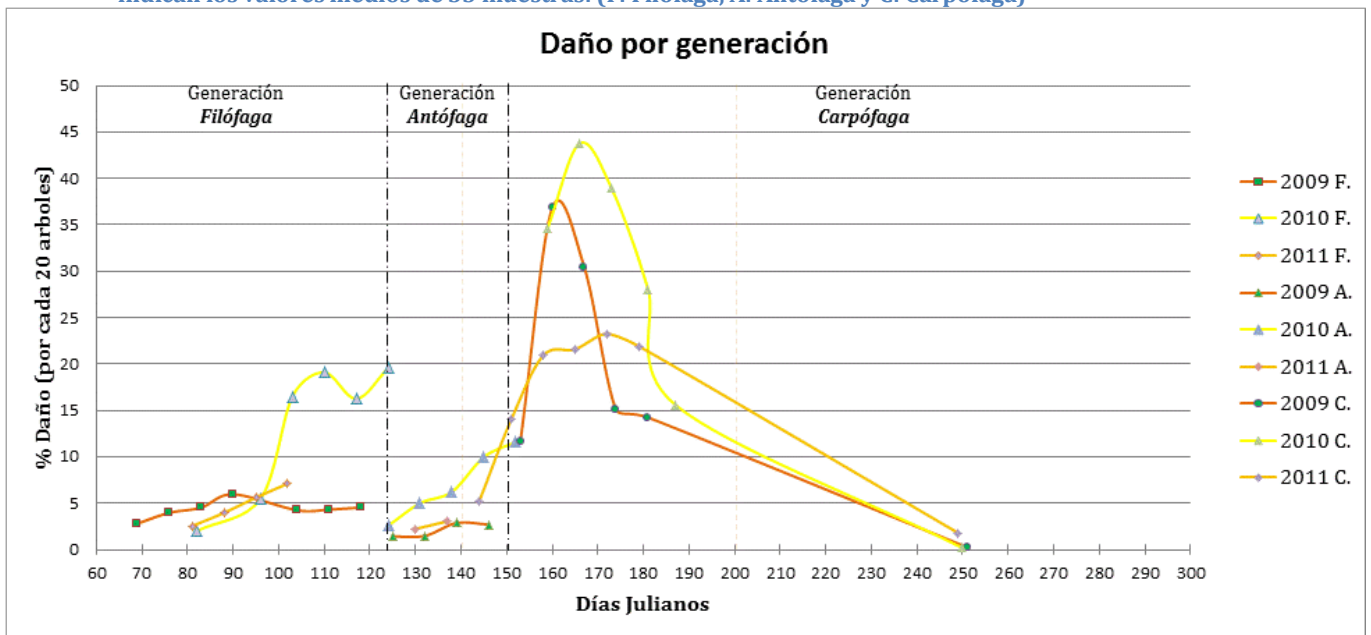


La línea punteada para el año 2010 significa que en ese periodo de tiempo no se cumplió del criterio SDC para el análisis de datos. Solo fue posible identificar el pico de la generación carpófaga. En los años 2009 y 2011 es posible diferenciar claramente el pico de las tres generaciones.

Se observó que la generación más importante en número de adultos fue la antófaga en el mes de junio, con aproximadamente el 75% de la población de todo el año. Entre finales de marzo y comienzos de abril se observó una importante presencia de adultos de la generación filófaga, el 22% de la población total. Finalmente, la generación carpófaga fue la menos abundante de las tres, ya que el número de adultos de esta generación fue solo del 3% respecto a la población total anual.

La figura 14 representa el daño causado por las larvas de cada una de las generaciones. La generación carpófaga en los tres años de estudio es claramente la que mayor daño causa en el olivo (68% de frutos atacados de media en tres años). La generación filófaga se presenta en segundo lugar de importancia en daño causado (18% de hojas atacadas) entre finales del mes de marzo y gran parte de abril, mientras que la generación antófaga fue la que causó menor daño (14% de flores atacadas) en el mes de mayo en cada uno de los periodos estudiados.

Figura 11: Curva de daños de cada una de las generaciones de *P. oleae* para los tres años de estudio. Se indican los valores medios de 35 muestras. (F: Filófaga, A: Antófaga y C: Carpófaga)



Según los informes fitosanitarios históricos de la RAIF (Junta de Andalucía, RAIF, 1996) en el cultivo de olivo, en el año 2009 se presentó casi un 50% más de daño sobre el cultivo por parte del *P. oleae* respecto a los años 2010 y 2011, de igual forma el año 2011 presentó una leve disminución de los daños respecto al año 2010. Los resultados obtenidos en este estudio, están de acuerdo con la información descrita en los citados informes de la red RAIF.

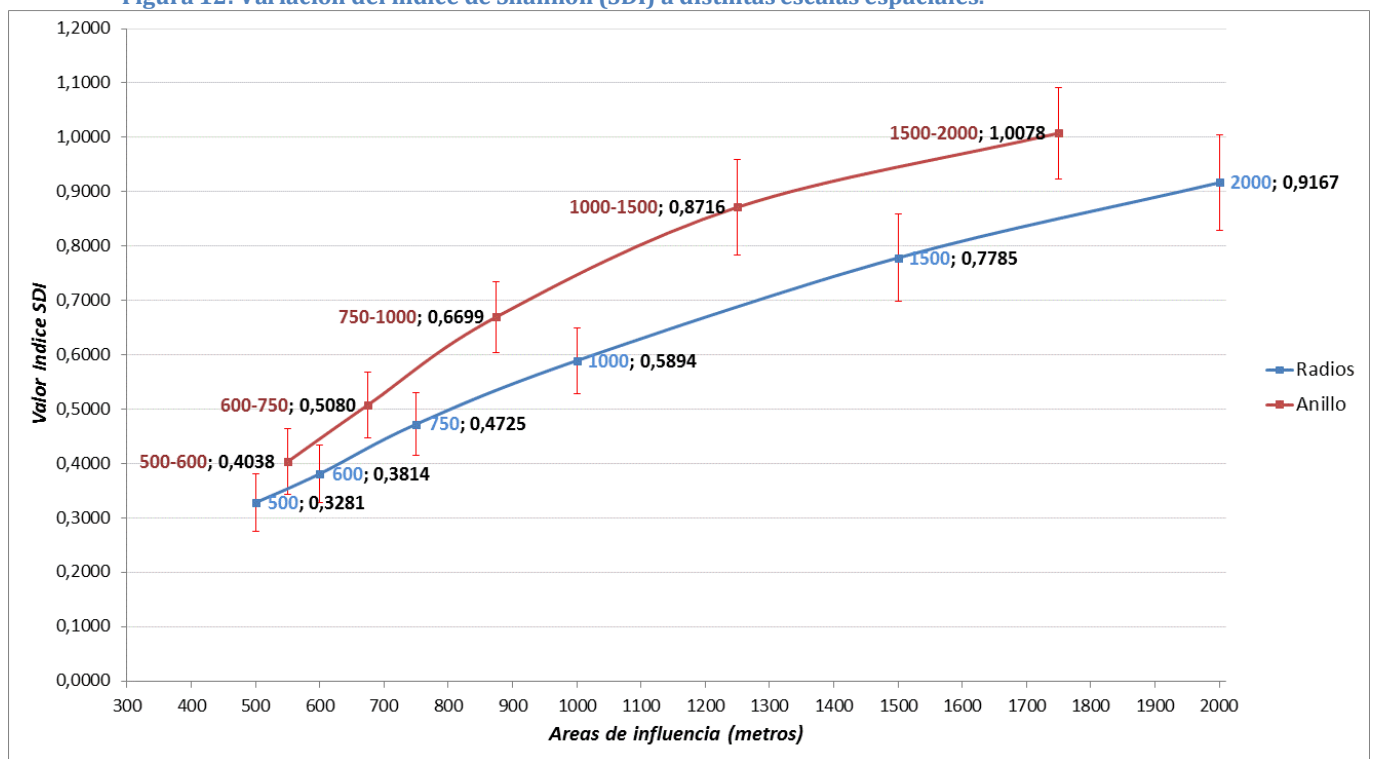
4.2. Análisis de correlación entre los índices de paisaje y los parámetros de población y daño del P. oleae.

4.2.1. Índice de diversidad de Shannon (SDI)

En índice de diversidad de Shannon que pertenece al grupo de los índices de composición ha sido elegido como el representante de este grupo por su importancia ecológica y su fuerte correlación con los demás índices de este grupo.

La figura 15, muestra el comportamiento del valor del índice de diversidad de Shannon a medida que aumenta la escala espacial.

Figura 12: Variación del índice de Shannon (SDI) a distintas escalas espaciales.



Se observa una tendencia clara de aumento del valor del SDI para escalas espaciales mayores. Así mismo, el valor del SDI es mayor para los anillos que para los radios que componen por separado los límites exterior e interior de dichos anillos.

La correlación entre el índice de diversidad de Shannon y la población capturada de *P. oleae* se muestra en la Tabla 3. Donde se observan dos niveles de significación estadística, $p=0,05$ (resaltado en rojo) y $p=0,1$ (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

Tabla 3: Correlación entre el índice de diversidad de Shannon (SDI) y la población de *P. oleae* (número de adultos capturados por trampa y día) a lo largo de los tres años de estudio. Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p).

DÍA JULIANO	AÑO	MES	2009																	
			MAYO				JUNIO				SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			
			124-125-126	131-132-133	138-139-140	145-146-147	152-153-154	166-167-168	270-271-272	292-293-294	299-300	310-311-312-313								
			r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p				
Radios	SDI	2000	-0,4795	0,0515	-0,5231	0,0259	-0,6313	0,0116	-0,451	0,0526	0,0359	0,8772	-0,1343	0,5615	-0,3314	0,1791	0,2958	0,4067		
		1500	-0,4846	0,0487	-0,5752	0,0125	-0,6739	0,0059	-0,4445	0,0566	0,029	0,9007	-0,1572	0,4962	-0,1801	0,4746	0,3749	0,2857		
		1000	-0,496	0,0429	-0,6185	0,0062	-0,6441	0,0096	-0,47	0,0423	-0,0385	0,8684	-0,1954	0,3959	-0,2088	0,4056	0,3196	0,368		
		750	-0,4664	0,0591	-0,5566	0,0164	-0,5861	0,0217	-0,4403	0,0592	-0,0448	0,8473	-0,2072	0,3676	-0,2656	0,2868	0,2267	0,5289		
		600	-0,375	0,138	-0,4839	0,0419	-0,499	0,0583	-0,3528	0,1385	-0,0443	0,8488	-0,1518	0,5111	-0,298	0,2298	0,139	0,7018		
			SDC																	
Anillos	SDI	500-600	-0,527	0,0297	-0,5428	0,0199	-0,5524	0,0327	-0,4417	0,0583	-0,0624	0,7881	-0,2337	0,3078	-0,2586	0,3001	0,147	0,6854		
		600-750	-0,5683	0,0173	-0,6505	0,0035	-0,6596	0,0075	-0,4879	0,0341	-0,0352	0,8795	-0,2216	0,3343	-0,2348	0,3482	0,3574	0,3106		
		750-1000	-0,5155	0,0342	-0,6715	0,0023	-0,6845	0,0049	-0,4787	0,0381	-0,0377	0,8712	-0,1738	0,4511	-0,1589	0,5288	0,439	0,2043		
		1000-1500	-0,4693	0,0573	-0,5618	0,0153	-0,6751	0,0058	-0,4121	0,0795	0,0786	0,735	-0,1272	0,5826	-0,1746	0,4885	0,4156	0,2323		
		1500-2000	-0,4416	0,0759	-0,4398	0,0678	-0,5363	0,0393	-0,4114	0,0801	0,0443	0,8487	-0,0977	0,6735	-0,4323	0,0732	0,245	0,4951		
			SDC																	
Radio	SDI	2010																		
		1000	SDC									0,4925	0,1238	SDC			-0,6699	0,0341		
		750	SDC									-0,1469	0,632	-0,5866	0,0746	-0,8179	0,0038	-0,1294	0,6885	
		600	SDC									-0,2396	0,4093	-0,4548	0,1599	-0,6166	0,0433	-0,0957	0,7557	
		500	SDC									-0,2949	0,2859	-0,5782	0,0489	-0,6075	0,0362	-0,0334	0,9097	
			SDC																	
Anillos	SDI	750-1000	SDC									0,6307	0,0375	SDC			-0,7268	0,0173		
		600-750	SDC									-0,0354	0,9085	-0,4083	0,2414	-0,6335	0,0492	-0,3317	0,2922	
			SDC																	
Radio	SDI	2011																		
		600	-0,1609	0,6174	-0,0982	0,7276	-0,1379	0,6105	-0,1369	0,6131	-0,0721	0,7908	-0,4371	0,0476	-0,2707	0,2352	-0,3311	0,1796	-0,3172	0,2147
Anillos	SDI	SDC																		
750-1000	SDI	SDC																		

Tanto para las áreas de influencia circulares como anulares los valores más significativos se encontraron en el mes de mayo del año 2009, coincidiendo con la curva de vuelo de la generación filófaga. La escala espacial a la que se observó el mayor número de correlaciones significativas de signo negativo en la relación entre la variable independiente "índice de diversidad de Shannon" y la variable dependiente "% de población capturada" fue la comprendida entre las áreas de influencia circulares y anulares de 750 y 1000 metros. El signo negativo de la correlación permitió identificar el tipo de relación entre estas variables: a medida que aumenta la diversidad del paisaje, la población de la generación filófaga del insecto disminuye.

Los resultados para cada uno de los años son muy variables, y no fue posible establecer una relación multitemporal en los tres periodos debido a que no se cumplió el criterio SDC.

La correlación entre el SDI y el daño causado por la generación filófaga permitió observar el escaso número de fechas en las cuales se registró una relación significativa entre estas dos variables a cualquier escala espacial. Sin embargo, es importante resaltar que para el año 2009 de los 7 análisis de correlación realizados en cada una de las áreas de influencia circulares y anulares, 4 de ellos han mostrado una relación significativa para el anillo comprendido entre los 1500 y 2000 metros (Tabla 4). La correlación entre estas variables fue negativa, lo que significa una reducción de los daños en los paisajes más diversos. El año 2010 no

ha sido representado puesto que no se obtuvieron correlaciones significativas estadísticamente.

Tabla 4: Correlación entre el índice de diversidad de Shannon (SDI) y los daños de la generación filófaga del *P. oleae* (hojas atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se observan dos niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

	AÑO MES	2009							
		MARZO				ABRIL			
DÍA JULIANO		75-76-77		82-83-84		89-90-91		103-104-105	
Radio		r	p	r	p	r	p	r	p
2000	SDI	-0,4531	0,0514	-0,3594	0,1429	-0,4315	0,0951	-0,4616	0,0405
Anillo									
1500-2000		-0,5291	0,0199	-0,4831	0,0423	-0,5697	0,0212	-0,5146	0,0203
600-750		-0,4277	0,0677	-0,3138	0,2048	-0,3666	0,1625	-0,4767	0,0336
Radio	AÑO	2011							
750	SDI	SDC		-0,211	0,5584	-0,0987	0,7727	-0,6728	0,033

La relación entre el SDI y el daño de la generación antófaga para el mes de mayo de 2009 indicó que el índice de diversidad de Shannon estuvo correlacionado negativamente con los daños causados por la generación antófaga en todas las áreas de influencia circulares y anulares trabajadas (Tabla 5).

Tabla 5: Correlación entre el índice de diversidad de Shannon (SDI) y los daños de la generación antófaga del *P. oleae* (flores atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se observan dos niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

	AÑO	2009					
		MAYO				JUNIO	
DÍA JULIANO	MES	124-125		138-139-140		151-152	
Radios		r	p	r	p	r	p
2000	SDI	-0,6891	0,0132	-0,7372	0,0007	SDC	
1500		-0,6697	0,0172	-0,709	0,0014		
1000		-0,6158	0,033	-0,6738	0,003		
750		-0,5908	0,0431	-0,6208	0,0078		
600		-0,5224	0,0814	-0,5533	0,0212		
500		-0,4383	0,1541	-0,5103	0,0364		
Anillos							
1500-2000		-0,6486	0,0225	-0,7181	0,0012	SDC	
1000-1500		-0,6882	0,0134	-0,7181	0,0012		
750-1000		-0,6131	0,034	-0,7299	0,0009		
600-750		-0,6334	0,027	-0,739	0,0007		
500-600		-0,5649	0,0556	-0,5906	0,0126		
Radio	AÑO	2010					
2000	SDI	-0,0485	0,8942	0,1491	0,6109	-0,6511	0,0159
Anillo							
1500-2000		-0,214	0,5528	-0,0567	0,8473	-0,6126	0,026

La relación entre el índice de diversidad de Shannon y el daño causado por la generación carpófaga en el mes de septiembre de 2010 dio como resultado una correlación positiva, manifestándose en todas las escalas espaciales circulares y anulares a excepción de los 2000 metros (Tabla 6). La correlación positiva indica que a mayor diversidad de paisaje, mayor será el daño causado por la generación carpófaga.

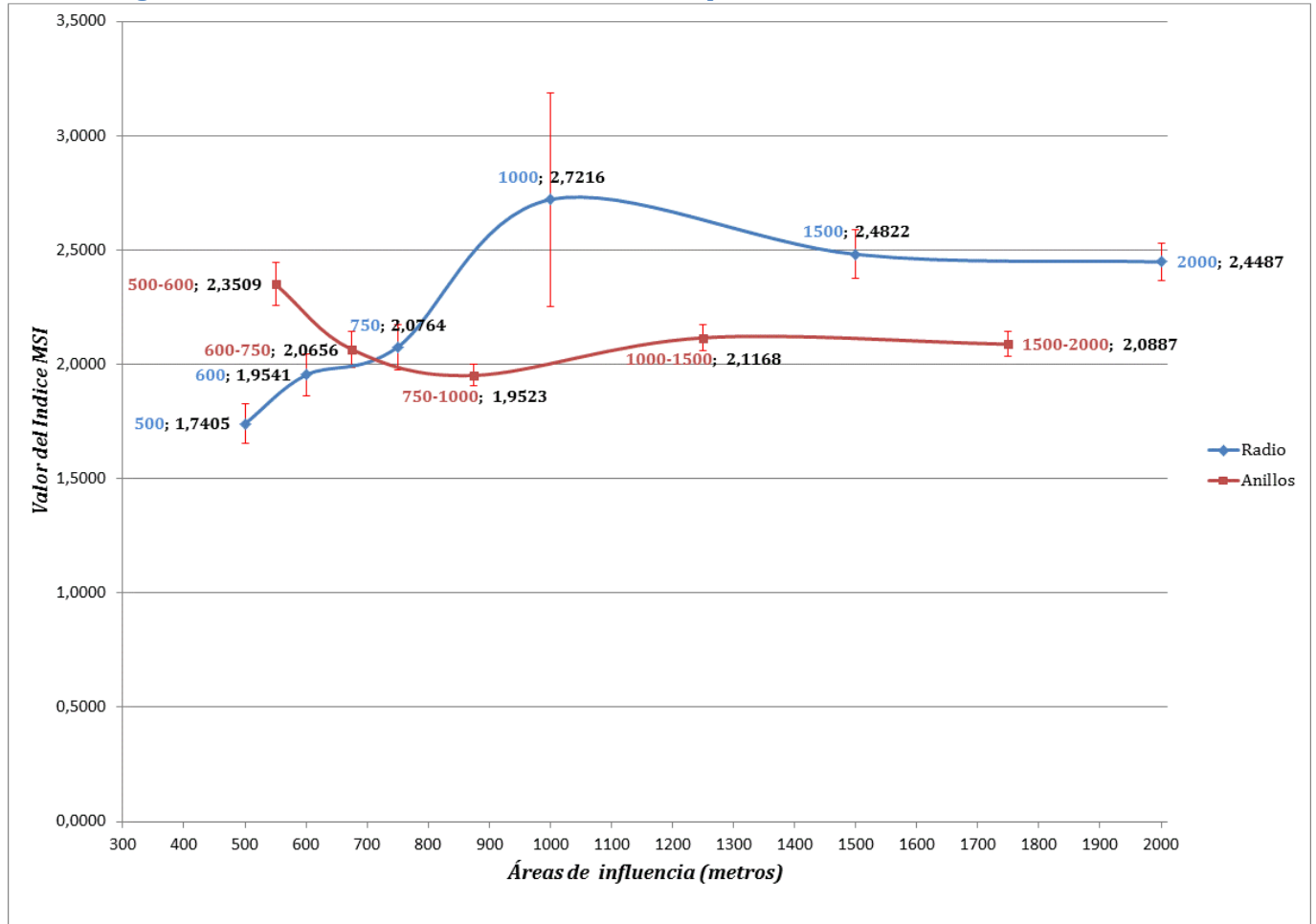
Tabla 6: Correlación entre el índice de diversidad de Shannon (SDI) y los daños causados por la generación carpófaga (frutos atacados.) Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se presentaron dos niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

DÍA JULIANO	AÑO MES	2009							
		JUNIO				SEPTIEMBRE			
		166-167		173-174-175		180-181-182		250-251	
Radios		r	p	r	p	r	p	r	p
1500	SDI	-0,0699	0,7633	0,1623	0,6335	SDC		0,5331	0,0035
1000		0,065	0,7475	0,2344	0,4003	SDC		0,4362	0,007
750		0,1056	0,5858	0,2129	0,4119	0,0368	0,9095	0,3512	0,0263
600		0,1539	0,4086	0,202	0,4214	0,0946	0,7476	0,305	0,0495
Anillos									
1000-1500	SDI	-0,1203	0,6035	0,121	0,7231	SDC		0,5051	0,0061
750-1000		-0,0079	0,9687	0,2237	0,4229	SDC		0,4733	0,0031
750-1000		-0,0079	0,9687	0,2237	0,4229	SDC		0,4733	0,0031
600-750		0,0483	0,8033	0,242	0,3493	-0,034	0,9165	0,3724	0,0179
500-600		0,0965	0,6057	0,1501	0,5522	-0,0412	0,8888	0,3395	0,0278
Radios	AÑO	2010							
1500	SDI	SDC		-0,2232	0,4431	0,6106	0,046	0,3505	0,0792
1000		-0,6447	0,0236	-0,2257	0,3527	0,5811	0,0182	0,391	0,0222
750				-0,372	0,0968	0,1044	0,6707	0,3542	0,034
600				-0,515	0,0142	-0,0403	0,8624	0,2709	0,1048
500				-0,4807	0,0236	-0,1513	0,5127	0,2852	0,0871
Anillos									
750-1000		-0,5248	0,0798	-0,1052	0,6681	0,666	0,0049	0,4144	0,0148
600-750				-0,2397	0,2954	0,1949	0,424	0,4122	0,0125
500-600				-0,473	0,0262	0,0732	0,7524	0,2553	0,1273

4.2.2. Índice de forma (MSI)

Este índice pertenece al grupo de índices de configuración, el índice MSI mide la irregularidad de las teselas que componen el paisaje, y fue seleccionado de entre los demás índices que componen este grupo porque permite identificar la forma media que predomina en el paisaje en todo su contexto.

Figura 13: Variación del índice MSI a distintas escalas espaciales.



En las escalas espaciales circulares inferiores a 1000 metros se aprecia un crecimiento en la irregularidad de las teselas y seguidamente el valor del índice empieza a estabilizarse a partir de los 1500 metros. En las áreas de influencia anulares, se observa que hasta los 1000 metros existe mayor irregularidad en los anillos pequeños que en los anillos grandes.

Aunque las correlaciones significativas entre el índice de forma media y la población de *P. oleae* se dieron a lo largo de varios meses, donde más se presentaron las mismas fue en el mes de mayo con una tendencia positiva (Tabla 7). Sin embargo en los meses de julio (2011), septiembre (2010) y octubre (2011) la correlación fue negativa. Los datos significativos estadísticamente se dan sobre todo a una escala espacial de 1500 metros, y se presenta una disminución de casos significativos en mayor proporción para escalas menores a este radio de influencia que para escalas mayores.

Tabla 7: Correlación entre el índice de forma media (MSI) y la población de *P. oleae* (número de adultos capturados por trampa y día) a lo largo de los tres años de estudio. Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (P). Se observan dos niveles de

significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

AÑO	MES	2009																																	
		ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE									
DÍA JULIANO		r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p						
Radios	2000	0,495	0,146	0,588	0,013	0,514	0,029	0,497	0,060	0,566	0,012	0,399	0,073	0,423	0,081	0,438	0,047	-0,154	0,652	0,252	0,313	0,139	0,582	-0,386	0,093	-0,117	0,643	-0,602	0,066						
	1500	0,652	0,043	0,599	0,011	0,661	0,003	0,592	0,020	0,485	0,036	0,515	0,017	0,502	0,034	0,448	0,042	0,143	0,676	0,126	0,617	0,165	0,513	-0,375	0,103	-0,303	0,222	-0,742	0,014						
	1000	0,410	0,239	0,410	0,102	0,500	0,035	0,543	0,036	0,145	0,554	0,224	0,330	0,247	0,324	0,237	0,301	0,159	0,641	-0,229	0,362	-0,040	0,874	-0,183	0,441	-0,222	0,376	-0,692	0,027						
	750	0,275	0,442	0,496	0,043	0,418	0,084	0,411	0,128	0,390	0,099	0,412	0,064	0,315	0,203	0,458	0,037	0,109	0,749	0,121	0,632	-0,049	0,846	-0,277	0,238	-0,227	0,365	-0,009	0,981						
	600	0,361	0,305	0,552	0,022	0,420	0,083	0,278	0,317	0,376	0,113	0,430	0,052	0,353	0,151	0,479	0,028	0,175	0,607	0,056	0,827	-0,011	0,966	-0,251	0,286	-0,208	0,407	0,043	0,907						
	Anillos	MSI																																	
500-600		0,047	0,898	0,388	0,124	0,382	0,118	0,666	0,007	0,508	0,026	0,074	0,751	0,063	0,804	0,259	0,256	-0,169	0,621	0,334	0,176	-0,153	0,544	-0,158	0,506	0,175	0,488	-0,255	0,478						
600-750		0,349	0,323	0,327	0,201	0,422	0,081	0,672	0,006	0,362	0,128	-0,001	0,998	-0,144	0,569	0,178	0,441	-0,293	0,382	0,473	0,047	-0,066	0,794	-0,114	0,633	0,068	0,788	-0,688	0,028						
750-1000		0,177	0,625	0,352	0,166	0,500	0,035	0,655	0,008	0,454	0,051	0,330	0,144	0,193	0,444	0,341	0,130	-0,231	0,494	0,368	0,133	-0,123	0,627	-0,103	0,666	-0,343	0,163	-0,461	0,180						
1000-1500		0,349	0,323	0,441	0,076	0,708	0,001	0,509	0,052	0,278	0,250	0,238	0,299	0,283	0,254	0,215	0,350	0,002	0,996	0,145	0,567	-0,109	0,668	-0,285	0,223	-0,154	0,541	-0,597	0,068						
1500-2000		0,268	0,454	0,574	0,016	0,383	0,116	0,539	0,038	0,706	0,001	0,349	0,121	0,298	0,230	0,440	0,046	-0,186	0,585	0,310	0,211	0,146	0,564	-0,294	0,208	-0,128	0,613	-0,581	0,078						
Radios	AÑO	2010																																	
1000		SDC																		0,067	0,855	-0,712	0,014	SDC				-0,057	0,875						
500		SDC																		0,240	0,430	-0,632	0,011	-0,526	0,079	-0,273	0,391	-0,094	0,749						
Anillos	MSI																																		
750-1000		SDC																		0,145	0,690	-0,716	0,013	SDC				0,157	0,664						
500-600		SDC																		0,282	0,350	-0,276	0,340	0,113	0,740	0,689	0,039	0,291	0,335						
Radio	AÑO	2011																																	
1500		SDC												-0,107	0,728	-0,412	0,162	-0,515	0,086	-0,690	0,027	SDC				-0,406	0,169	-0,527	0,096	-0,360	0,307	-0,525	0,097		
600		-0,155	0,581	0,461	0,131	-0,074	0,794	-0,193	0,473	-0,234	0,383	-0,274	0,305	0,255	0,340	-0,018	0,937	-0,192	0,404	-0,172	0,481	-0,537	0,048	0,442	0,087	-0,167	0,469	-0,289	0,245	-0,291	0,257	-0,425	0,079		
500		0,019	0,947	0,217	0,499	-0,254	0,361	-0,229	0,394	-0,415	0,110	-0,357	0,175	0,321	0,226	-0,073	0,755	-0,235	0,305	-0,347	0,145	-0,692	0,006	0,205	0,446	-0,271	0,235	-0,425	0,079	-0,413	0,100	-0,559	0,016		
Anillos	MSI																																		
1000-1500		SDC												-0,363	0,223	-0,591	0,034	-0,287	0,365	-0,083	0,819	SDC				-0,290	0,336	-0,399	0,224	-0,074	0,840	-0,267	0,427		
750-1000		-0,407	0,214	SDC				-0,298	0,347	-0,490	0,106	-0,582	0,047	-0,477	0,117	0,211	0,510	-0,129	0,634	-0,369	0,160	-0,214	0,463	-0,509	0,110	0,620	0,031	-0,080	0,768	-0,236	0,438	-0,109	0,736	-0,341	0,255

El índice permitió identificar que en el mes de mayo, cuando la correlación es positiva, a medida que sean más irregulares las teselas, la población de la generación filófaga tendera a aumentar. Entre los meses de septiembre y octubre la correlación es negativa, lo cual indica que las teselas más irregulares están asociadas con poblaciones menores de la generación carpófaga del *P. oleae*.

La relación entre el MSI y el daño de la generación filófaga registró el mayor número de correlaciones significativas (4 de 7 en el 2009) entre estas dos variables en escalas espaciales circulares y anulares superiores a 1500 metros (Tabla 8). Donde también se observaron relaciones significativas quizás aleatorias en las escalas espaciales inferiores a 600 metros tanto en las áreas de influencia circulares como anulares (2 de 6 en el 2010 y 1 de 4 en el 2011).

Tabla 8: Correlación entre el índice de forma media (MSI) y el daño de la generación filófaga. (Hojas atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Los niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

		2009											
		MARZO						ABRIL					
DÍA JULIANO		75-76-77		82-83-84		89-90-91		103-104-105		110-111-112		117-118-119	
Radios		r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
2000	MSI	0,7013	0,0008	0,5611	0,0154	0,7001	0,0025	0,631	0,0029	0,2762	0,2523	0,536	0,0725
1500		0,3042	0,2054	0,134	0,5961	0,362	0,1682	0,4723	0,0355	-0,0207	0,9328	0,5609	0,0578
600		0,095	0,699	0,1157	0,6476	0,1766	0,513	0,401	0,0797	0,2411	0,32	0,6026	0,0381
500		-0,0523	0,8317	0,1442	0,5682	-0,0509	0,8516	0,1288	0,5885	0,5058	0,0271	0,7074	0,0101
Anillos													
1500-2000		0,7039	0,0008	0,5914	0,0097	0,6879	0,0032	0,525	0,0175	0,2231	0,3585	0,494	0,1026
500-600		0,3691	0,12	0,3519	0,1522	0,4343	0,0928	0,4451	0,0493	0,1572	0,5203	0,227	0,4779
Radio	AÑO	2010											
600	MSI	SDC		0,4244	0,1932	SDC		-0,4432	0,0265	-0,3657	0,0862	-0,4445	0,026
Anillo	AÑO	2011											
500-600	MSI	SDC		0,4504	0,1645	0,2346	0,463	0,6924	0,0182			SDC	

El MSI relacionado con la variable daño de la generación antófaga presentó 1 de 4 correlaciones posibles para el año 2009 en el mes de mayo en 4 diferentes escalas espaciales (Tabla 9). La significación en mayor proporción se presentó en las áreas de influencia anulares. Para el año 2011 se obtuvo 1 de dos posibles correlaciones en un área de influencia circular de 600 metros y el año 2010 no cumplió el criterio SDC.

Tabla 9: Correlación entre el índice de forma media (MSI) y los daños causados por la generación antófaga (flores atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se ilustraron dos niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

		2009	
		MAYO	
DÍA JULIANO		138-139-140	
Radios		r	p
2000	MSI	0,5874	0,0132
Anillos			
1500-2000		0,5203	0,0323
600-750		0,6197	0,008
500-600		0,5187	0,0329
Radio	AÑO	2011	
600	MSI	-0,6376	0,0474

El cálculo de correlación entre el MSI y el daño de la generación carpófaga encontró en el mes de junio la mayor cantidad de correlaciones significativas, las cuales presentaron signo positivo (Tabla 10). En el año 2009 se presentaron 3 correlaciones de 6 posibles en alguna de las escalas espaciales circulares inferiores a 1000 metros. El año 2010 presentó correlaciones con signo positivo y negativo

en el mismo mes de junio y el año 2011 no tuvo semana que cumplieran el criterio SDC para su análisis.

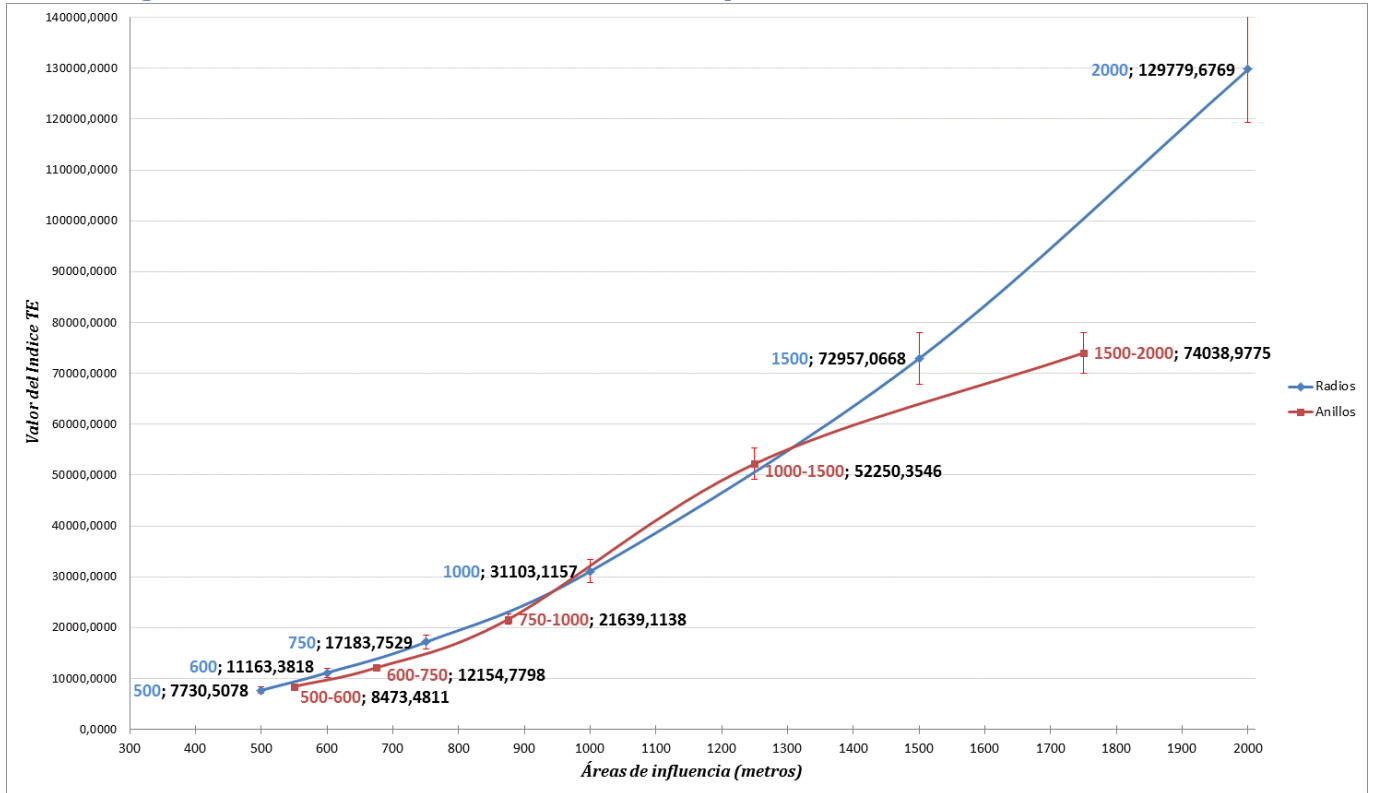
Tabla 10: Correlación entre el índice de forma media (MSI) y los daños causados por la generación carpófaga (frutos atacados). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se presentan dos niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

	AÑO	2009								
		JUNIO				SEPTIEMBRE				
DÍA JULIANO	MES	166-167		173-174-175		180-181-182		250-251		
Radios		r	p	r	p	r	p	r	p	
1000	MSI	0,2713	0,1711	0,634	0,0111	SDC		-0,0836	0,6226	
750		0,3549	0,0589	0,588	0,0131	0,1599	0,6196	0,0355	0,8279	
600		0,5049	0,0038	0,5974	0,0088	0,3137	0,2747	0,1668	0,2911	
500		0,4408	0,0116	0,7149	0,0006	0,7292	0,0031	0,2455	0,1171	
Radio	AÑO	2010								
1000	MSI	0,4094	0,1863	-0,5303	0,0195	-0,1151	0,6713	-0,0957	0,5902	
Anillos										
1000-1500		SDC		0,0281	0,924	-0,6644	0,0257	-0,1845	0,3668	
600-750				0,4397	0,0461	-0,143	0,5591	-0,3407	0,042	
500-600			0,4722	0,0265	-0,3178	0,1604	-0,2783	0,0954		

4.2.3. Índice de borde (TE)

El índice de longitud de bordes se ha elegido como representante de la métrica de bordes que pertenece al grupo de los índices de configuración debido a la importancia que puede tener el borde del paisaje en el *P. oleae*. Según lo observado en la representación gráfica (figura 18), el valor del índice tiende a aumentar a medida que se amplía la escala espacial. Este efecto es mayor en las áreas de influencia circulares que en las anulares. El valor del índice TE puede estar asociado a un mayor número de teselas que configuran el paisaje.

Figura 14: Variación del índice TE a distintas escalas espaciales.



La relación entre la variable dependiente (Población capturada) y la variable independiente (índice TE) dio como resultado una relación negativa, lo que indica que los valores mayores del índice TE están asociados con valores menores de la población de *P. oleae* (Tabla 11). La mayor cantidad de correlaciones significativas se encontraron en el mes de mayo del año 2009. La presencia de estas correlaciones se encuentra en todas las escalas espaciales a excepción de las inferiores o iguales a 600 metros tanto para las áreas circulares como anulares.

En 2010 y 2011 se presentan correlaciones de signo positivo distribuidas por diferentes meses, adicionalmente se observa que fueron varias las semanas que no cumplieron el criterio de SDC.

Tabla 11: Correlación el índice de longitud de borde (TE) y la población de *P. oleae* (número de adultos capturados por trampa y día) a lo largo de los tres años de estudio. Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). La tabla presenta dos niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

DÍA JULIANO	AÑO	2009																					
		ABRIL		MAYO				JUNIO				SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE							
	MES	117-118-119		124-125-126		131-132-133		138-139-140		145-146-147		152-153-154		173174-175		257-258		264-265-266		299-300		310-311-312	
Radios		r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
2000		-0,1978	0,5839	-0,4385	0,0783	-0,4714	0,0483	-0,6089	0,016	-0,5235	0,0214	-0,0236	0,9191	-0,093	0,7856	0,2718	0,2463	0,0913	0,694				
1500		-0,0515	0,8877	-0,4492	0,0705	-0,4995	0,0348	-0,6475	0,0091	-0,5567	0,0133	-0,0484	0,8349	-0,0786	0,8182	0,3347	0,1491	0,1446	0,5317				
1000		-0,0595	0,8703	-0,3232	0,2057	-0,4305	0,0745	-0,5719	0,0259	-0,4649	0,0449	-0,0784	0,7354	-0,0445	0,8966	0,3766	0,1017	0,1993	0,3865				
750		-0,0592	0,8709	-0,2677	0,2988	-0,371	0,1295	-0,5338	0,0404	-0,3805	0,1081	-0,042	0,8566	-0,1	0,7699	0,3658	0,1128	0,2566	0,2615				
Anillos	TE	0,034	0,9256	-0,3156	0,2172	-0,218	0,3848	-0,415	0,124	-0,3143	0,1901	-0,0183	0,9372	0,04	0,9071	0,4778	0,0331	0,4345	0,049				
500-600		-0,237	0,5097	-0,5147	0,0345	-0,5173	0,0279	-0,5268	0,0436	-0,4916	0,0325	-0,0958	0,6795	-0,1362	0,6897	0,3962	0,0837	0,2758	0,2263				
600-750		-0,1083	0,7659	-0,4333	0,0823	-0,569	0,0137	-0,5623	0,0291	-0,5176	0,0232	-0,141	0,5422	0,0174	0,9594	0,431	0,0578	0,1747	0,4489				
750-1000		-0,0469	0,8977	-0,5159	0,034	-0,5156	0,0285	-0,7056	0,0033	-0,6412	0,0031	-0,1016	0,6611	-0,0858	0,8019	0,2385	0,3113	0,0639	0,7831				
1000-1500																							
Radio	AÑO	2010																					
750		SDC										-0,1113	0,7306	SDC		-0,695	0,0257	-0,2464	0,44				
Anillos																							
750-1000	TE	SDC										-0,6329	0,0495	SDC				-0,7004	0,0241				
600-750												-0,2141	0,5039	SDC		-0,7685	0,0094	-0,214	0,5043				
500-600												-0,1129	0,7134			-0,6499	0,0304	-0,1467	0,6324				
Radios	AÑO	2011																					
1000		-0,6995	0,0166	SDC		-0,1016	0,7534	-0,3217	0,3078	-0,1983	0,5368	0,0495	0,8785	0,0312	0,9087	-0,0539	0,8679	-0,0775	0,7753	0,2327	0,4667	0,2863	0,343
750		-0,6253	0,0223	-0,0464	0,8988	-0,2769	0,3598	-0,4027	0,1534	-0,2986	0,2997	-0,1604	0,5839	-0,0614	0,8028	0,0056	0,9849	-0,1022	0,6771	0,1708	0,5427	0,1823	0,4991
Anillos																							
1000-1500	TE	SDC										0,5775	0,0387	SDC		0,0963	0,7543	0,3222	0,3639	0,3911	0,2343		
750-1000		-0,0062	0,9855	SDC		0,6837	0,0142	0,3824	0,2199	0,4089	0,1869	0,6192	0,0318	0,1792	0,5066	-0,2062	0,5202	0,1209	0,6556	-0,0768	0,8124	-0,001	0,9974
600-750		-0,5725	0,0409	-0,1847	0,6094	-0,2257	0,4584	-0,3516	0,2177	-0,2552	0,3786	-0,113	0,7005	-0,042	0,8645	-0,1025	0,7272	-0,0884	0,719	0,2871	0,2995	0,2713	0,3094

La relación entre el índice TE y el daño de la generación filófaga presentó la mayor parte de los valores significativos en el mes de abril para los tres años de estudio (Tabla 12). Sin embargo, el comportamiento de este índice no fue consistente a lo largo de los tres años estudiados respecto a las escalas espaciales donde se obtuvieron resultados de correlación significativos. En el año 2009, este índice calculado para áreas anulares a escalas espaciales entre 1000-1500m y 1500-2000m mostró una correlación significativa negativa con la variable dependiente, especialmente en el caso del anillo comprendido entre 1500 y 2000m, presentándose en 4 casos de 7 posibles. A 500 metros también se observó una relación significativa, pero sólo en una de las semanas evaluadas y con signo positivo.

En el año 2010 el escenario fue diferente al del año anterior, pues la significación estadística de la correlación se observó en los radios de 600, 750 y 1000 metros. En el año 2011 se observó una relación significativa para el anillo 500-600m.

Tabla 12: Correlación entre el índice de longitud de bordes (TE) y daños de la generación filófaga (hojas atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). Se observó dos niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

DÍA JULIANO	Radio	AÑO	MES	2009									
				MARZO					ABRIL				
				75-76-77		82-83-84		89-90-91		103-104-105		117-118-119	
				r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
500				-0,0098	0,9681	0,087	0,7315	0,0022	0,9934	0,0032	0,9894	0,6611	0,0192
			TE										
				-0,5111	0,0253	-0,5741	0,0127	-0,5147	0,0414	-0,5701	0,0087	0,0176	0,9566
				-0,3553	0,1355	-0,3916	0,108	-0,349	0,1852	-0,5208	0,0185	0,1598	0,6197
				2010									
1000				SDC		SDC		SDC		-0,4525	0,0344	-0,2822	0,2032
750			TE	SDC		-0,0304	0,9335	SDC		-0,4429	0,0302	-0,3478	0,0958
600				SDC		0,1357	0,6907	SDC		-0,4589	0,021	-0,4168	0,0382
				2011									
500-600			TE	SDC		-0,3881	0,2382	-0,2264	0,4793	-0,6022	0,0499	SDC	

La relación entre el índice TE y los daños de la generación antófaga fue significativa principalmente en el mes de mayo del año 2009 (se observó en 2 casos de los 4 posibles) (Tabla 13). El radio de 500m y el anillo de 500-600 metros fueron los únicos en los que los datos calculados no fueron significativos. La correlación fue negativa entre las dos variables, es decir, a mayor valor del índice TE menor es el valor de la variable que indica el daño del fitófago. El año 2010 presentó dos correlaciones significativas, una con signo positivo (en el área de 500m) y la otra con signo negativo (en el área de 2000) y el año 2011 no cumplió el criterio SDC.

Tabla 13: Correlación entre el índice de longitud de bordes (TE) y los daños causado por la generación antófaga (flores atacadas). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). En la tabla se observó dos niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

DÍA JULIANO	AÑO MES	2009							
		MAYO						JUNIO	
		124-125		131-132-133		138-139-140		151-152	
Radios	r	p	r	p	r	p	r	p	
2000	TE	-0,632	0,0275	-0,2698	0,3122	-0,6667	0,0035	SDC	
1500		-0,6829	0,0144	-0,3322	0,2088	-0,6277	0,007		
1000		-0,5878	0,0445	-0,285	0,2846	-0,5583	0,0198		
750		-0,6447	0,0236	-0,2652	0,3208	-0,5126	0,0354		
600		-0,6172	0,0325	-0,3507	0,1829	-0,4342	0,0816		
500		-0,4007	0,1967	-0,4577	0,0747	-0,4268	0,0875		
Anillos									
1500-2000		-0,5574	0,0597	-0,1513	0,5759	-0,6213	0,0078	SDC	
1000-1500		-0,6633	0,0187	-0,317	0,2315	-0,6225	0,0076		
750-1000		-0,4248	0,1686	-0,1945	0,4705	-0,6188	0,0081		
600-750		-0,43	0,1629	-0,07	0,7967	-0,5637	0,0185		
Radios	AÑO	2010							
2000	TE	-0,0183	0,96	SDC		0,0622	0,8328	-0,6111	0,0265
500		0,2786	0,3566	0,566	0,0279	0,2667	0,1787	0,0199	0,92
Anillos									
1500-2000		-0,2887	0,4186	SDC		-0,1524	0,6031	-0,5974	0,0311

En la tabla 14, para el año 2009 se observó solo una fecha en la que la relación entre las variables (índice TE-daños generación carpófaga) fue significativa, de las 7 fechas analizadas en todas las áreas de influencia circulares. Por otro lado, en las áreas anulares se observaron relaciones significativas solo para los anillos de 500-600m, 750-1000m y 1000-1500. La correlación para el mes de septiembre en este año resulto positiva, mientras que en el año 2010 la correlación resulto negativa para el mes de junio.

Tabla 14: Correlación entre el índice de longitud de bordes (TE) y los daños causados por la generación carpófaga (frutos atacados). Los datos son el coeficiente de correlación de Pearson (r) y la significación estadística de la misma (p). En la tabla se observó dos niveles de significación estadística, p=0,05 (resaltado en rojo) y p=0,1 (resaltado en violeta). Las siglas SDC significan que no se cumplió el criterio de mínimo 10 datos semanales.

	AÑO MES	2009			
		JUNIO		SEPTIEMBRE	
DÍA JULIANO		173-174-175		250-251	
Radios		r	p	r	p
2000	TE	SDC		0,466	0,0332
1500		0,0554	0,8715	0,5192	0,0046
1000		0,1487	0,5969	0,3858	0,0184
750		0,2506	0,3321	0,3649	0,0206
600		0,3396	0,168	0,3995	0,0088
500		0,3328	0,1639	0,373	0,015
Anillos					
1000-1500		-0,0384	0,9109	0,395	0,0375
750-1000		0,019	0,9464	0,4179	0,0101
500-600		0,1299	0,6074	0,3961	0,0094
Radios	AÑO	2010			
1000	TE	-0,4942	0,0315	0,3292	0,0573
750		-0,4486	0,0414	0,273	0,1071
600		-0,4689	0,0277	0,2274	0,176
Anillos					
750-1000		-0,3437	0,1497	0,4288	0,0114
500-600		-0,4757	0,0252	0,126	0,4575

5. Discusión

En este estudio se analizó la relación de la estructura del paisaje y la población y daños del *P. oleae* a diferentes escalas espaciales. Según Avelino, et al., (2012) en las diferentes escalas espaciales la configuración del paisaje presenta distintos hábitats o fuentes principales de teselas que son útiles para la reproducción de organismos o enemigos naturales que contribuyen al control natural de plagas.

El empleo de las áreas de influencia radiales toma en cuenta el centro de la parcela, en el cual su uso es predominantemente el olivo, de este modo se observó un paisaje mayoritariamente homogenizado. Tratando de identificar la importancia que ejerce los bordes externos del paisaje, se construyeron áreas de influencia anulares, pero en el estudio no se presentó una tendencia clara a que la relación entre las variables estudiadas fuera más significativa en las áreas de influencias circulares o anulares. En un estudio realizado por Bianchi, et al., (2008), donde se empleo areas circulares y anulares, tampoco se percibio un mejor comportamiento en algunas de estas areas. Pero no obstante, afirma Steffan-Dewenter, et al., (2002) que el empleo de las diferentes escalas es importante debido a que otros estudios han indicado que existen algunos patrones particulares y procesos que ocurren a diferentes escalas espaciales, en donde los diferentes organismos pueden interactuar y depender de un determinado tipo de paisaje.

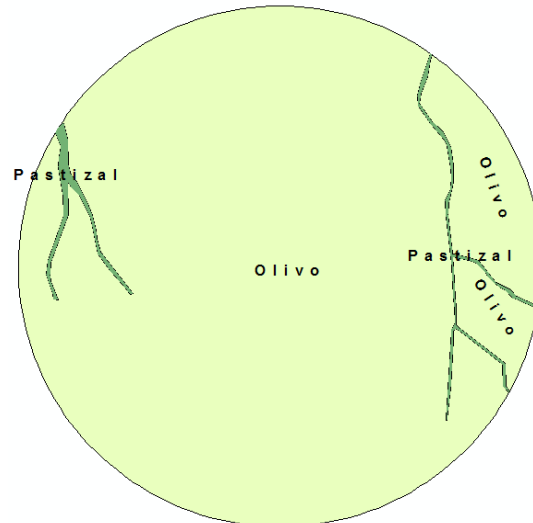
Para los tres años de estudio (2009, 2010 y 2011) por separado, se observó que el signo de las correlaciones calculadas entre cada uno de los índices para las variables dependientes "*Población adulta capturada, % daño de la generación filófaga y % daño de la generación antófaga*" fueron coincidentes en su tendencia positiva (+) o negativa (-), pero en el mes de septiembre para la relación entre el índice y la variable dependiente "*% daño de la generación carpófaga*" siempre fue el signo de correlación opuesto que el de las correlaciones de las demás variables dependientes. Para estos casos se obtuvieron resultados donde por ejemplo la tendencia de que a un mayor valor de índice diversidad de paisaje, mayor será el ataque de la generación carpófaga, caso contrario sucedió con las demás variables, donde a mayor valor del índice de diversidad de paisaje menor fue el ataque de cada una de las generaciones y de la población. Lo anterior plantea una hipótesis donde la estructura del paisaje no afecta las larvas de la generación carpófaga puesto que el daño está sucediendo en el interior del fruto, el cual le sirve de cobijo ante enemigos naturales que tenga la especie.

Por otra parte, existe un acontecimiento normal en el ciclo del vida del *P. oleae* en el que el mes de agosto no presenta registros de captura de población adulta del

insecto en ninguna de las escalas espaciales. Según Civantos Ruiz & Etevéz Alcalde, (2011) se puede deber a que las altas temperaturas del verano causan mortalidad en la población adulta del *P. oleae*. Sin embargo las larvas de la generación carpófaga no se ven afectadas por la temperatura debido a que se encuentra en el interior del hueso del fruto. De este modo se puede plantear una relación del porque en el mes de septiembre cada uno de los índices analizados presentaron siempre el signo de correlación inverso al que se presentó el resto del año, debido a la no presencia de población de adultos del insecto.

Otra de las discusiones que se plantea es la relación entre los índices de paisaje, los cuales facilitan en algunos casos la interpretación de otros índices. Un ejemplo a esto es la presencia de correlación positiva donde se relaciona la presencia de teselas muy irregulares (MSI alto) con el aumento de la población, en este punto se puede hacer dos interpretaciones respecto al índice MSI. Uno será que indica presencia de teselas pequeñas en un entorno homogéneo de paisaje o presencia de teselas grandes en un entorno heterogéneo de paisaje. Para entender la interpretación de este índice fue necesario correlacionarlo con el índice de Shannon, donde se obtuvo una correlación negativa entre estos dos índices, lo que quiso describir fue que a valores elevados de índices de diversidad de paisaje, los valores de MSI serán bajos.

Figura 15: Ejemplo de un paisaje con valor bajo de SDI y alto de MSI.



De las 11 escalas espaciales planteadas para el desarrollo del estudio, 6 áreas de influencia fueron circulares y 5 áreas de influencia fueron anulares; se obtuvo que las escalas espaciales circulares de 750m, 1000m y 1500m registraran la mayor cantidad de valores significativos en las correlaciones espaciales. De las escalas espaciales anulares las que presentaron mayor número de valores significativos fueron 600-750m, 750-1000m y 1000-1500m. Los valores significativos de las anteriores áreas de influencia se desarrollaron principalmente en el mes de mayo, periodo que es coincidente con el pico de vuelo de la generación filófaga. Aunque

diferentes autores citan las generaciones antófaga y carpófaga como las más perjudiciales económicamente para el cultivo del olivo (Civantos Ruiz & Etevéz Alcalde, 2011) (Sánchez Martínez, et al., 2011) al obtener valores tan significativos en la generación filófaga, permite establecer hipótesis donde se indique que la generación más importante para controlar puede ser la filófaga. Pues generando un control directo sobre esta generación, se disminuirá la población de la siguiente generación antófaga.

Autores como Bianchi, et al., (2006) citan la posible influencia de la estructura del paisaje con la presencia de enemigos naturales de las plagas, ejerciendo un control natural sobre estas. Es así como de las tres generaciones del *P. oleae*, son justamente las generación filófaga y antófaga las más vulnerables al ataque de enemigos naturales por estar expuestas al exterior de la planta, mientras la generación carpófaga no se encuentra expuesta al ataque debido a que esta habita en el interior del fruto en sus estados larvarios. En el caso de *P. oleae* es muy importante el papel que juegan parasitoides y depredadores en la regulación de las poblaciones de este insecto. Las especies de parasitoides que se han citados con más frecuencia en la Península Ibérica son *Ageniaspis fuscicollis*, *Chelonus alaeaphilus*, *Apanteles xanthostigma*, *Elasmus flavellatus* y *Elasmus Steffani*. Las especies más interesantes son *A. fuscicollis* y *C. elaeaphilus*, sobre todo por su especificidad. Las tasas de parasitismo por *A. fuscicollis* pueden superar el 75%, y su efecto es más notable en las generaciones antófaga y carpófaga (González Núñez, 2008). La depredación de *P. oleae* en la copa se ha estudiado mediante análisis serológicos, y se han identificado como depredadores hormigas, arañas, heterópteros y coleópteros (Morris, Campos et al. 1999). La hormiga *Tapinoma nigerrimum* dió positivo en el ELISA en el 93 % de los casos. (Morris, Symondson et al. 2002).

Para obtener una mayor aproximación en el estudio, resulta importante que los datos obtenidos en las correlaciones sean sometidos a un tratamiento estadístico para limpiar el ruido que alguno de estos genera en los resultados obtenidos, tal es el caso en el que se presenta una clara tendencia a que la correlación de la población capturada con el índice de Shannon sea de signo negativo, sin embargo existen casos en donde la correlación da de signo positivo.

Para las correlaciones, en nuestro caso los coeficientes de Pearson no son muy altos, aunque la correlación sea estadísticamente significativa. Esto quiere decir que las variables están relacionadas, pero que probablemente hay otros factores en juego que afectan a la variable dependiente (datos del insecto).

6. Conclusiones y futuras líneas de investigación

El año 2009 fue el periodo de tiempo en el que se presentaron mayor número de relaciones significativas entre los índices de paisaje y las 4 variables estudiadas, en parte esto fue debido a la alta presencia del *P.oleae* en este año, según informes del RAIF.

Para el año 2009 se observó principalmente en el mes de mayo bastantes correlaciones significativas estadísticamente ($p < 0,05$) entre la variable dependiente "Población capturada de *P.oleae*" y los índices de paisaje estudiados. El periodo de tiempo de estas correlaciones fue coincidente con el periodo de vuelo en parte de la generación filófaga y antófaga.

El índice de diversidad de Shannon permitió observar que a mayor diversidad del paisaje, la población y daños causados por el *P.oleae* tendera a disminuir.

El índice de forma mostró una relación positiva con las variables estudiadas, lo cual indica que a mayor irregularidad en las teselas del paisaje mayor será la población del insecto. Así mismo, el índice está indicando un paisaje homogéneo con presencia de teselas con tendencias lineales.

El índice de longitud de bordes marcó una influencia negativa para la presencia del *P.oleae*, por lo tanto se identificó que entre más alto sea el valor del índice menor será la presencia del insecto.

Entre las escalas espaciales circulares y anulares no se detectó diferencia en cuanto a mejor representación del paisaje en la obtención de valores estadísticamente significativos.

Las escalas espaciales circulares presentaron mayor cantidad de resultados estadísticamente significativos respecto a las escalas espaciales anulares para el cálculo de correlación entre los índices de paisaje y las variables estudiadas.

Según los datos obtenidos las escalas espaciales circulares en las que mejor se representa el paisaje son las referidas a 750m, 1000m y 1500m.

Comparando la información obtenida con los informes históricos, se observó que el año 2010 presento un descenso de casi el 50% de los datos adquiridos para el *P.oleae*, lo que significó un descenso en población y ataques por parte de este insecto. El año 2011 tuvo un comportamiento similar al 2010.

Como posibles líneas de investigación, se podría evaluar las correlaciones entre las variables y los índices de paisaje utilizando la I global de Moran o el método ponderado de regresión GWR empleado en el ArcMap para cartografiar los residuos de las regresiones.

Se puede plantear una línea investigativa en la que se estudie la influencia que ejerce la estructura del paisaje en los enemigos naturales del *P. oleae* en la misma zona de investigación, y así observar los resultados obtenidos en las correlaciones respecto a los índices de paisaje.

Bibliografía

- AEMO. (1996). *Asociación Española de Municipios del Olivo*. Recuperado el Mayo de 2013, de Asociación Española de Municipios del Olivo: <http://www.aemo.es/cultivo/plagas.php>
- Avelino, J., Romero-Guardián, A., Cruz-Cuellar, H. F., & J. Declerck, F. A. (2012). Landscape context and scale differentially impact coffee leaf rust, coffee berry borer, and coffee root-knot nematodes. *Ecological Application*, 22(2), 584-596.
- Badii, M., & Landeros, J. (Octubre de 2006). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 2(1), 26-38.
- Bianchi, F., Booij, C., & Tscharrntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscapes composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of royal society*, 273, 1715-1727.
- Civantos Ruiz, M., & Etevéz Alcalde, A. (2011). *Nutesca*. Recuperado el 10 de Mayo de 2013, de Nutesca: http://www.nutesca.com/web_nueva/flora-y-fauna-del-olivar/influencia-de-la-cubierta-vegetal-en-prays-oleae.html
- Clark, M. L. (2004). Los valores P y los intervalos de confianza. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 15(5), 293-296.
- De Andrés, C. F. (1997). *Enfermedades y Plagas del Olivo*. Jaén: Roquelme y Vargas Ediciones, S.L.
- De Liñan Vicente, C. (s.f.). *ENTOMOLOGÍA AGROFORESTAL*. Ediciones Agrotécnicas S.L.
- ECONEX. (2012). *ECONEX*. Recuperado el 3 de Mayo de 2012, de <http://www.e-econex.com/soluciones-para-plagas-ver.php?ids=7&n=Prays%20oleae>
- González Núñez, M. (2008). OLIVO. En J. A. Jacas, & A. Urbaneja (Edits.), *Control Biológico de Plagas Agrícolas* (págs. 366-374). Valencia: Phytoma.
- Grilli, M. P. (2010). The role of landscape structure on the abundance of a disease vector planthopper: a quantitative approach. *Landscape Ecol*, 25, 383-394.
- Ibáñez, J. J. (3 de Enero de 2006). Edafodiversidad y Biodiversidad 7: Sobre los Aspectos Técnicos de los Índices de Diversidad. *miod*.
- Ibáñez, J. J. (12 de febrero de 2009). *Madrimsd*. Recuperado el 6 de mayo de 2013, de <http://www.madrimsd.org/blogs/universo/2009/02/12/112749>
- Instituto Geográfico Nacional. (2004). *PNOA*. Recuperado el 15 de Abril, de PNOA: <http://www.ign.es/PNOA/>
- Instituto Geográfico Nacional. (SIOSE). *SIOSE*. Recuperado el Abril de 2013, de SIOSE: <http://www.siose.es/siose/>

- Junta de Andalucía. (RAIF, 1996). *Junta de Andalucía*. Obtenido de Junta de Andalucía:
http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/raif/que_es_raif/
- Junta de Castilla y León. (2006). *Boletín Fitosanitario. Prays del olivo*.
- Junta de Castilla y León. (2006). *Junta de Castilla y León*. Recuperado el 30 de Abril de 2013, de Junta de Castilla y León:
http://www.jcyl.es/web/jcyl/binarios/960/76/Prays_del_olivo__Prays_oleae_Bern_.pdf?blobheader=application%2Fpdf%3Bcharset%3DUTF-8&blobnocache=true
- MCGARIGAL, K., & J. MARKS, B. (Marzo, 2004). *FRAGSTATS SPATIAL PATTERN ANALYSIS PROGRAM FOR QUANTIFYING LANDSCAPE STRUCTURE* (2.0 ed.). Dolores, Colorado.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (17 de julio de 2000). *magrama*. Recuperado el 15 de Abril, de SIGPAC:
<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/objetivos.aspx>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. (1992). *MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION*. Recuperado el Abril de 2012, de DIRECCION GENERAL DE SANIDAD DE LA PRODUCCION AGRARIA:
<http://www.redes-cepalcala.org/olivaryescuela/materiales/ampliacion/Prays.pdf>
- Morris, T. and M. Campos (1999). "Entomofauna depredadora del suelo del olivar." *Zoologica Baetica* **10**: 149-160
- Morris, T. I., W. O. C. Symondson, et al. (2002). "The effect of different ant species on the olive moth, *Prays oleae* (Bern.), in Spanish olive orchard." *Journal of Applied Entomology-Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie* **126**(5): 224-230.
- Polhemus, Neil; STATGRAPHICS. (2012, (creado en 1980)). *STATGRAPHICS*. Recuperado el 2013, de <http://www.statgraphics.com/>
- Ricci, B., Franck, P., Toubon, J.-F., Bouvier, J.-C., Sauphanor, B., & Lavigne, C. (2009). The influence of landscape on insect pest dynamics: a case study in southeastern France. *Landscape Ecol*, *24*, 337-349.
- Sánchez Martínez, J. D., Gallego Simón, V. J., & Araque Jiménez, E. (2011). El olivar andaluz y sus transformaciones recientes. *Estudios Geográficos*. Vol. LXXII, 270, pp. 203-229.
- Scalercio, S., Brandmayr, P., Iannotta, N., Petacchi, R., & Boccaccio, L. (2012). Correlations between landscape attributes and ecological traits of Lepidoptera communities in olive groves. *Eur. J. Entomol*, *109*, 207-216.
- Steffan-Dewenter, I., Münzemberg, U., Bürger, C., Thies, C., & Tscharrntke, T. (2002). Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, *83*(5), 1421-1432.

- Suárez Ibujes, M. O. (2006). *Monografías*. Recuperado el 2013, de <http://www.monografias.com/trabajos85/coeficiente-correlacion-karl-pearson/coeficiente-correlacion-karl-pearson.shtml>
- SYNGENTA. (2013). *Syngenta*. Recuperado el 2013, de España: <http://www.syngenta.com/country/es/sp/cultivos/olivar/plagas/Paginas/polilla-olivo.aspx>
- Vila Subirós, J., Varga Linde, D., Lausàs Pascual, A., & Ribas Palom, A. (2006). Conceptos y metodos fundamentales en ecología del paisaje. En *Documento anual de Geografía 48* (págs. 151-166). Girona.

Anexos

Anexo 1: Listado de etiquetas e identificadores del SIOSE y su nueva etiqueta.

COBERTURA SIOSE	ETIQUETA	COBERTURA NUEVA	ETIQUETA
Coberturas simples			
Cobertura artificial			
Edificación	EDF	Artificial	A
Zona verde artificial y arbolado urbano	ZAU	Cultivo	C
Lámina de agua artificial	LAA	Artificial	A
Vial, aparcamiento o zona peatonal si vegetación	VAP	Artificial	A
Otras construcciones	OCT	Artificial	A
Suelo no edificado	SNE	Artificial o Vegetación Escasa	A o SV
Zonas de extracción o vertido	ZEV	Artificial	A
Cultivos			
Cultivos herbáceos			
Cultivos herbáceos distintos de arroz	CHL	Cultivo	C
Cultivos leñosos			
Frutales			
Frutales cítricos y no cítricos	LFN	Cultivo	C
Viñedo	LVI	Cultivo	C
Olivar	LOL	Olivar	O
Otros cultivos leñosos	LOC	Cultivo	C
Pastizal	PST	Pastizal	P
Arbolado forestal			
Frondosas			
Frondosas caducifolias	FDC	Frondosas caducifolias	BD
Frondosas perennifolias	FDP	Frondosas perennifolias	BE
Coníferas	CNF	Coníferas	F
Matorral	MTR	Matorral	M
Terrenos sin vegetación			
Suelo desnudo	SDN	Vegetación Escasa	SV
Ramblas	RMB	Vegetación Escasa	SV
Roquedo			
Afloramientos rocosas y roquedo	ARR	Vegetación Escasa	SV
Coberturas de agua			
Humedales marinos			
Salinas marinas	HSM	Artificial	A
Aguas continentales			
Cursos de agua	ACU	Ribera	RB
Cuerpos de agua			
Embalses	AEM	Ribera	RB
Coberturas compuestas predefinidas			
Dehesa	DHS	Dehesa	DH
Asentamiento agrícola residencial	AAR	Artificial	A
Artificial compuesto			
Urbano mixto			

Casco	UCS	Artificial	A
Ensanche	UEN	Artificial	A
Discontinuo	UDS	Artificial	A
Industrial			
Polígono industrial ordenado	IPO	Artificial	A
Polígono industrial sin ordenar	IPS	Artificial	A
Industria aislada	IAS	Artificial	A
Primario			
Agrícola/Ganadero	PAG	Vegetación Escasa	SV
Minero extractivo	PMX	Vegetación Escasa	SV
Terciario			
Comercial y oficinas	TCO	Artificial	A
Complejo hotelero	TCH	Artificial	A
Equipamiento/Dotacional			
Cementerio	ECM	Vegetación Escasa	SV
Educación	EDU	Artificial	A
Religioso	ERG	Artificial	A
Cultural	ECL	Artificial	A
Deportivo	EDP	Artificial	A
Parque urbano	EPU	Artificial	A
Infraestructura			
Transporte			
Red viaria	NRV	Artificial	A
Red ferroviaria	NRF	Artificial	A
Energía			
Solar	NSL	Vegetación Escasa	SV
hidroeléctrica	NHD	Artificial	A
Suministro de agua			
Depuradoras y potabilizadoras	NDP	Artificial	A
Conducciones y canales	NCC	Artificial	A