



por un planeta vivo

Cambios en el uso del suelo en el Entorno de Doñana entre POTAD y 2009

Documento Actualizado Junio 2009



Cambios en el uso del suelo en el Entorno de Doñana entre POTAD y 2009

GEOSYS S.L. y WWF España

IMAGENES PORTADA: Ejemplo de mapa de índice de detección de plásticos, © GEOSYS S.L.
Fotografía de explotación de fresa bajo plástico, © WWF/Felipe Fuentelsaz

Junio de 2009



TABLA DE CONTENIDOS

1.- INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.- Antecedentes	5
1.2.- Objeto del estudio	6
1.3. Normativa del POTAD.....	7
1.4.- Área de estudio	8
1.5.- Fuentes de datos empleadas.....	9
1.5.1 Imágenes Landsat.....	9
1.5.2.- Cartografía digital de apoyo	11
1.5.3.- Ortofotos Digitales	12
2.- METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS TRANSFORMADAS PARA EL CULTIVO BAJO PLÁSTICO	13
2.1.- Análisis visual y espectral	13
2.2.- Cartografía de parcelas transformadas en cultivos bajo plástico en la situación de partida (fecha de elaboración de cartografía del POTAD).	15
2.3.- Delimitación de áreas transformadas en cultivos bajo plástico entre la situación de partida y distintas fechas de referencia (año 2007 y 2009).....	16
2.4.- Localización de otras transformaciones de interés en el periodo estudiado.....	17
2.5.- Campaña de validación.....	18
3.- SÍNTESIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	19
3.1.- Estimación de superficie transformada a cultivos bajo plástico y análisis de transformación de usos del suelo.....	21
3.1.1 Definición de la situación de partida	21
3.1.2 Transformaciones a cultivos intensivos bajo plástico desde la Situación de Partida hasta el año 2009.	23
3.3.1.- Localización de áreas potencialmente en transformación a CBP .	28
3.3.2- Localización de otros cultivos intensivos en Zona A del POTAD...	29
4. CONCLUSIONES.....	30
4.1.- En relación a las técnicas empleadas.....	30
4.2.- En relación a la metodología.....	31

4.3.- En relación a los resultados obtenidos	32
4.3.1.- Conclusiones en relación a la estimación de superficie transformada en cultivos intensivos bajo plástico en el periodo estudiado.	32
4.3.2.- Conclusiones en relación a otras zonas de transformación	34
4.3.3.- Conclusiones en relación a la campaña de validación	35

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO I: Transformaciones a cultivos intensivos bajo plásticos desde la Situación de Partida (POTAD) hasta 2007

ANEXO II: Transformaciones a cultivos intensivos bajo plásticos desde 2007 hasta 2009

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedentes

Desde los años 80, los cultivos bajo plástico han proliferado en el entorno de Doñana. El fresón se ha convertido en uno de los principales cultivos en cuanto a superficie y economía de la zona, pero también en cuanto a afecciones ambientales, teniendo un severo impacto sobre la calidad y cantidad del agua disponible para los humedales del Parque Nacional, y sobre todo en la ocupación de áreas de conexión de Doñana con otras zonas de valor del interior.

Entre las iniciativas que en los últimos años han surgido de cara a la ordenación de este tipo de usos del suelo, destaca el POTAD (Plan de Ordenación Territorial del Ámbito de Doñana), que aprobado en 2003, tiene como objeto establecer un marco jurídico para la ordenación y desarrollo sostenible del entorno de Doñana con el propósito de garantizar y compatibilizar la preservación de los recursos ambientales y territoriales con el progreso socioeconómico y la mejora de las condiciones de vida de sus ciudadanos (Junta de Andalucía, 2003). Dentro de este plan se incluye información acerca de la localización de los cultivos bajo plástico en el año 2003, basándose en fotografías aéreas del año 2001-2002 y con trabajo de técnicos en campo en el 2003, obteniendo parámetros y recomendaciones para su mejor ordenación.

Sin embargo, tras la aprobación del POTAD, sigue aumentando la superficie agrícola de regadío en el Entorno de Doñana; incluso a veces a costa de la pérdida de terrenos forestales, incumpliendo artículos importantes del POTAD y de la legislación ambiental vigente.

Por ello, en diciembre de 2007, la Junta de Andalucía firmó la redacción de un Plan especial para la reordenación agraria de la zona fresera de Doñana y la creación de corredores ecológicos. El objetivo principal de este plan es reubicar las fincas que se encuentren en zonas de corredores o en otras zonas sensibles desde el punto de vista ambiental, eliminar aquellas que hubieran infringido la legislación ambiental básica, especialmente las que se hayan transformado con posterioridad al POTAD, y legalizar las que puedan ajustarse a la Ley actual.

Teniendo en cuenta la evolución de los cultivos bajo plástico en el entorno de Doñana y las distintas iniciativas de ordenación y planificación de dicho cultivo, las técnicas de Observación de la Tierra, facilitan datos que permiten un adecuado conocimiento de la extensión, distribución y evolución de las zonas cubiertas por cultivos bajo plástico; por ello se han planteado de manera periódica esta serie de estudios de teledetección.

1.2.- Objeto del estudio

Este estudio tiene como propósito la identificación y cuantificación de la superficie de cultivos bajo plástico existentes en la comarca de Doñana en distintas fechas estudiadas:

- POTAD (diciembre de 2003)
- Campaña 2006-2007
- Campaña 2008-2009

Se ha definido para el estudio una situación de partida que muestra el estado de distribución del cultivo en la fecha de elaboración de la cartografía del POTAD, para lo cual se parte de una cartografía en detalle de las explotaciones presentes dentro de las envolventes de uso del suelo definidas en este Plan. A partir de estos datos y utilizando imágenes satélite de distintas campañas desarrolladas con posterioridad a esta fecha de referencia (años 2007 y 2009), se pretende identificar todas las zonas que han sido transformadas en cultivos bajo plástico desde cualquier otro uso del suelo, destacando el número de hectáreas de secano a regadío y de forestal a agraria.

Para la realización de un adecuado seguimiento de la evolución de áreas transformadas a cultivos bajo plástico y su distribución territorial, se han llevado a cabo una serie de actualizaciones de la cartografía de partida, incorporándose a la misma las nuevas áreas transformadas a cultivos bajo plástico que se han identificado en las distintas campañas estudiadas.

1.3. Normativa del POTAD

En cuanto al uso del suelo, en el POTAD (Plan de Ordenación Territorial del Ámbito de Doñana) se especifican los siguientes artículos:

Artículo 45. Zona A. Zona de protección de recursos naturales. En la zona A se prohíbe la transformación del uso forestal y la implantación de nuevos usos agrícolas.

Artículo 46. Zona B. Zona de limitaciones específicas a las transformaciones de usos.

Artículo 47. Zona C. Zona de limitaciones generales a las transformaciones de usos.

En cuanto al uso del agua, el POTAD se especifican los siguientes artículos:

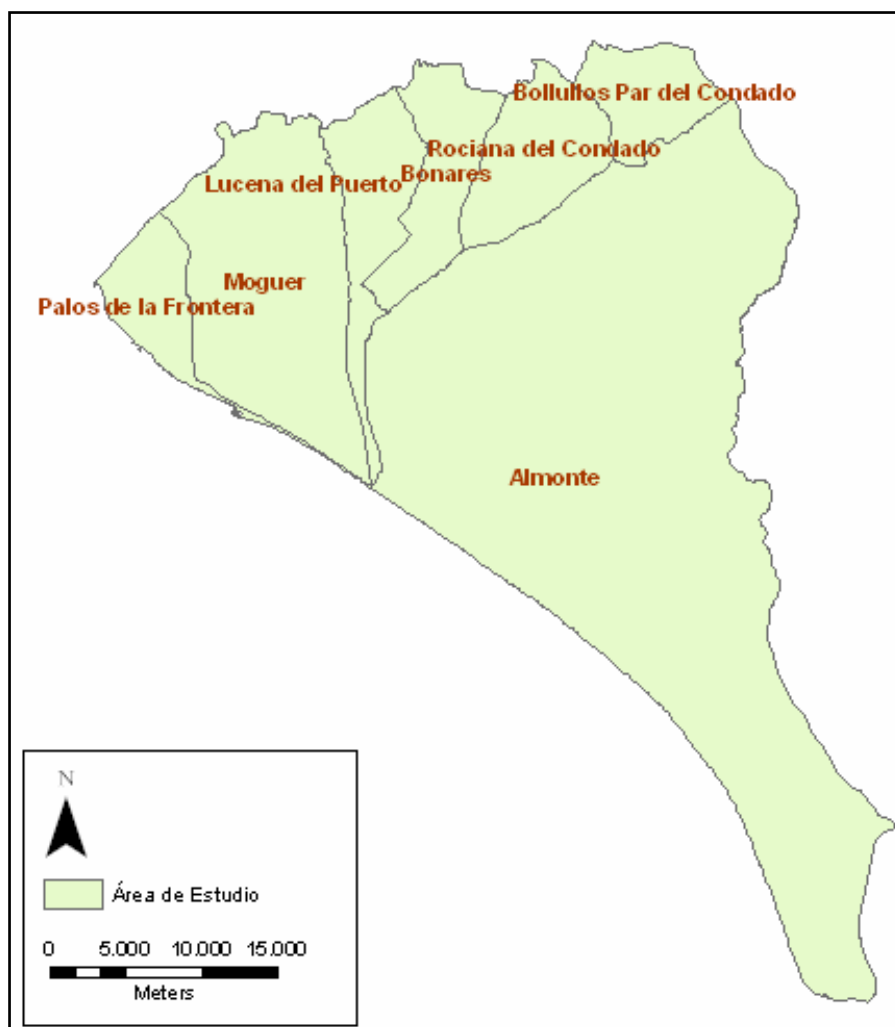
Artículo 73. Prohibición de regadíos en Zona I. En la Zona I que se delimita en el plano de recursos y riesgos no estará permitida la implantación de nuevas superficie de regadíos.

Artículo 86. Zona I. Zona de prohibición a la extracción de recursos hídricos subterráneos. En la Zona I que se delimita en el plano de recursos y riesgos se prohíben nuevas captaciones.

Artículo 87. Zona II. Zona de limitación a la extracción de recursos hídricos subterráneos. La zona II estará sujeta a las normas de explotación que establece el Plan Hidrológico del Guadalquivir para la zona denominada sin restricciones específicas de la Unidad Hidrogeológica Almonte-Marismas.

1.4.- Área de estudio

El área de estudio comprende la Comarca de Doñana, que agrupa los términos municipales de Almonte, Bollullos Par del Condado, Bonares, Lucena del Puerto, Moguer, Palos de la Frontera y Rociana del Condado.



En la zona de estudio las técnicas de cultivo bajo plástico son muy diferentes a las de los clásicos invernaderos que abundan en otras zonas, como Almería, que aquí suponen un porcentaje muy reducido del total de la superficie agrícola. Las técnicas aquí utilizadas son la de acolchado, que supone un primer revestimiento de plástico negro a nivel del suelo en los lomos realizados para el cultivo, y/o microtúnel y macrotúnel, que son túneles de plástico blanco de mayor o menor tamaño que proporcionan una cobertura aérea a las plantas.

1.5.- Fuentes de datos empleadas

En este apartado se describen los materiales y los recursos utilizados en el estudio. A modo de resumen y en relación con los materiales, se han adquirido imágenes del satélite Landsat de distintos años, cartografía digital de apoyo facilitada por diferentes administraciones Públicas y una cobertura de ortofotos digitales facilitadas por la Junta de Andalucía.

1.5.1 Imágenes Landsat

De entre los distintos satélites para la observación de recursos naturales disponibles, se ha elegido el satélite Landsat por considerarse el más adecuado para la realización del estudio, ya que por sus características permite el estudio de zonas amplias y la diferenciación de Cultivos Bajo Plásticos de otros usos del suelo.

Las características principales de los sensores a bordo de los satélites Landsat son:

- *Superficie que cubre una escena:* 185x170 Km. (aproximadamente 35.000 Km²).
- *Resolución espacial:* 30 m
- *Resolución espectral:* 7 bandas en el rango del visible e infrarrojo (ver tabla adjunta)
- *Repetición de adquisición:* cada 16 días

Las imágenes adquiridas por el satélite Landsat, se organizan acorde a un sistema de referencia global que define la posición de las escenas que cubren toda la superficie terrestre.

Debido al modelo orbital de este satélite, éste sobrevuela la misma zona cada corto periodo de tiempo; permitiendo obtener observaciones periódicas de una misma zona, disponiendo así de un archivo continuo de imágenes a lo largo del tiempo para cada escena. Cada escena, que cubre 185 X 170 km, se identifica con un número de órbita y de fila que indica su posición en el sistema de referencia global utilizado por Landsat.

En el caso de este estudio, la escena de satélite que cubre el área de interés se corresponde, dentro del sistema de referencia Landsat, a la órbita 202 y fila 34.

Una vez conocida esta disponibilidad de imágenes, se han tenido en cuenta los siguientes criterios de selección:

- *Criterios de fecha:* dadas las características fenológicas los cultivos bajo plástico, se considera el invierno como la mejor época de adquisición de imágenes para favorecer su discriminación frente otras cubiertas.
- *Criterios de calidad:* en todo caso se buscó que el área de estudio no presentara cobertura nubosa.

La descripción de las imágenes adquiridas son las siguientes:

ID	Órbita	Fecha	Sensor
IMG1	202-34	07-01-2002	Landsat 7 ETM+
IMG2	202-34	18-03-2007	Landsat 5 TM
IMG3	202-34	18-01-2009	Landsat 5 TM

La metodología desarrollada busca la detección de los plásticos que cubren los cultivos, ya que se considera que la respuesta espectral de esta superficie resulta más fácilmente discriminable que la del propio cultivo, una vez que han desaparecido los plásticos que lo cubrían. Los cultivos bajo plástico, se caracterizan por una amplia variedad de prácticas agrícolas a lo largo de su evolución fenológica. Así, resulta necesario determinar la fecha óptima para la detección de estos cultivos mediante el uso de imágenes satélite de Landsat.

De acuerdo con la fenología del cultivo de la fresa, se han adquirido imágenes Landsat, coincidentes con la época en la que los plásticos han sido instalados en su totalidad y aún no han comenzado a retirarse de los cultivos.

Las imágenes han sido corregidas geométricamente con objeto de eliminar las distorsiones inherentes al proceso de toma de datos por parte del sensor y para proyecta los datos sobre un sistema de coordenadas estándar.

La corrección geométrica se ha llevado a cabo usando puntos de control mediante la aplicación de un polinomio de transformación de segundo orden. Se han tomado alrededor de 100 puntos de control para georreferenciar cada imagen. Los puntos de control se han distribuido homogéneamente por toda la imagen, para asegurar una correcta aplicación de la transformación polinómica de segundo orden, si bien se ha introducido una mayor densidad de puntos en las zonas incluidas dentro del área de estudio del proyecto.

El error máximo de cada punto de control es siempre inferior a 1 píxel. En cada una de las imágenes se cumple que el error medio cuadrático (RMS) de los puntos de control es inferior a 0.7 píxeles.

Los parámetros de georreferencia han sido los siguientes:

- Proyección cartográfica: UTM – *Universal Transverse Mercator*
- Elipsoide Internacional de 1924
- Datum Europeo de 1950
- Huso 30

La corrección geométrica se ha llevado a cabo dos veces para cada imagen, usando el algoritmo de convolución cúbica para la interpolación en un caso y el algoritmo de vecino más próximo en el otro. Para ambas correcciones geométricas el tamaño de remuestreo del píxel ha sido de 30 metros.

1.5.2.- Cartografía digital de apoyo

Se ha contado para la realización de este estudio, con distintas capas vectoriales que han apoyado las etapas de visualización, digitalización y análisis. Se ha determinado para cada una de ellas la escala de trabajo en la que fueron elaboradas, las fechas en las que se generaron y la información temática contenida en sus bases de datos para garantizar una adecuada integración de las mismas en la etapa de análisis. En todos los casos, se trata de capas vectoriales que facilitan información sobre el área de estudio, categorías de usos de suelo en distintas fechas y un marco general sobre distribución de cultivos intensivos de regadío como la fresa en relación al POTAD (Plan de Ordenación Territorial del Ámbito de Doñana).

La información cartográfica empleada ha sido la siguiente:

- A. Límites municipales : Delimitación a escala 1:50.000 del ámbito de trabajo, que incluye los términos municipales de Almonte, Bollullos Par del Condado, Bonares, Lucena del Puerto, Moguer, Palos de la Frontera y Rociana del Condado.
- B. Retícula Kilométrica U.T.M.: sobre la que se organizaron distintas tareas de localización del área de estudio.
- C. Mapa de Catastro del SIGPAC: Se trata de una capa vectorial relativa a distintos usos del suelo en nomenclatura del SIGPAC.
- D. Usos del suelo en POTAD: cartografía temática de distribución de usos del suelo, elaborada por la Junta de Andalucía mediante fotointerpretación de ortofotos tomadas en el año 2001.
- E. Cartografía de distribución de cultivos intensivos bajo plástico del POTAD (Plan de Ordenación del Territorio del Ámbito de Doñana). Capa vectorial que incluye información acerca de la localización de los cultivos bajo plástico en el año 2003, basándose en fotografías aéreas del año 2001 y con trabajo de técnicos en campo en la primavera de 2003. Esta cartografía ha sido empleada como marco de referencia para elaborar la cartografía específica para este estudio.
- F. Cartografía sobre áreas de especial interés medioambiental. Se han utilizado la capa de Zonas de Red Natura (actualizada en septiembre de 2004), la capa de Montes Públicos facilitada por la Consejería de Medio Ambiente y la propuesta de WWF de Corredores para Doñana (actualizada en septiembre de 2007).

1.5.3.- Ortofotos Digitales

Se ha utilizado una cobertura de ortofotos digitales de resolución espacial de 0.5 m., en blanco y negro, correspondiente a un vuelo del año 2002, y facilitada por la Junta de Andalucía. La anualidad de 2002 es la fecha más cercana a la aprobación del POTAD (diciembre de 2003) para la cual está disponible un vuelo de la zona de estudio.

Además se ha usado ortofoto en color, correspondiente a un vuelo del año 2006 realizado en el marco del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

2.- METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS TRANSFORMADAS PARA EL CULTIVO BAJO PLÁSTICO

La metodología para la discriminación de las parcelas ocupadas por cultivos bajo plástico se ha basado en la extracción de información temática de fuentes de datos diferentes.

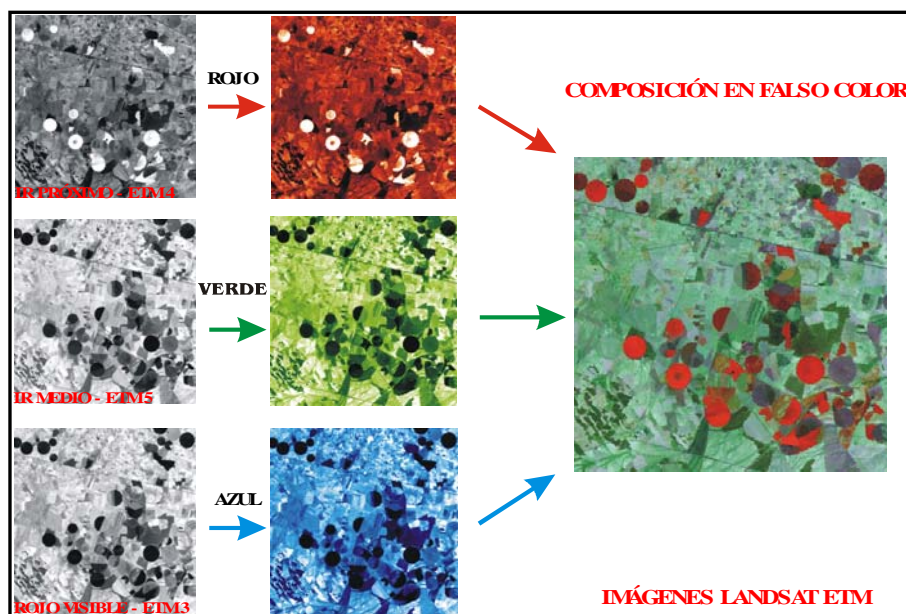
La información espectral existente en las imágenes Landsat se ha empleado para detectar las zonas ocupadas por cultivos bajo plástico, mientras que la información espacial de mayor detalle de las ortofotos digitales se ha utilizado para la definición de las parcelas agrarias a una mayor escala de trabajo. Como apoyo al desarrollo e integración de estos procesos de extracción y asociación de información se han usado diversas capas de información vectorial y se han realizado procesos minuciosos de fotointerpretación.

Aparte de esa documentación, se ha realizado un intensivo trabajo de campo, verificando la información del documento y analizando nuevas transformaciones.

2.1.- Análisis visual y espectral

Para obtener una primera aproximación visual de la distribución de cultivos bajo plástico dentro del área de estudio se crearon varias composiciones en falso color a partir de las imágenes de satélite, identificándose los elementos paisajísticos del terreno, y en especial los CBPs.

Una composición en falso color es el resultado de la combinación en una sola imagen de tres bandas de la imagen de satélite, asociadas a los tres colores primarios (rojo, verde y azul) mediante una paleta de color. Este proceso se ilustra en la siguiente figura:



Como paso previo a la elaboración de las composiciones y con objeto de poder discriminar con la mayor nitidez posible las zonas ocupadas por plástico, se identificaron sobre una composición con las bandas 4, 5 y 3, (normalmente empleada para la caracterización de zonas cubiertas por vegetación), los tipos de superficie más significativos en la zona de estudio, cartografiándose áreas ocupadas por cada uno de ellos. En este proceso se intentaron buscar zonas ocupadas de forma exclusiva por cada tipo de superficie de interés, evitando la inclusión de muestras con características mixtas.

Para la toma de muestras de parcelas ocupadas por cultivos bajo plástico se emplearon datos de campo, facilitados por los técnicos de WWF, al igual que se realizaron varias visitas de campo con el objetivo de comprobar resultados.

A partir de la cartografía de superficies del área de estudio se realizó un análisis espectral para identificar la curva característica de reflectividad de cada superficie en relación con la longitud de onda en que registran las bandas del satélite Landsat y de la fecha de adquisición de cada imagen.

Tras estudiar y probar diferentes combinaciones de las bandas, derivadas del análisis de la respuesta espectral de los plásticos, se ha concluido que la combinación de las bandas 1, 3 y 7 en cualquiera de sus variantes (1-3-7, 7-3-1, 3-1-7, etc) resulta óptima para resaltar los CBPs respecto del resto de usos del suelo. La figura 2.3 muestra el resultado de la combinación 7 –3 –1.



Composición en falso color de las bandas ETM+ 7, 3 y 1. Los cultivos bajo plástico se aprecian en tonos azules aguamarina y metálicos.

Dado que estas composiciones realzan los cultivos bajo plástico, se utilizaron como elementos de apoyo para la elaboración de cartografía a escala 1:2.500 y para la detección de CBP en el periodo estudiado.

2.2.- Cartografía de parcelas transformadas en cultivos bajo plástico en la situación de partida (fecha de elaboración de cartografía del POTAD).

El Plan de Ordenación Territorial del Área de Doñana, incluye una cartografía de zonas ocupadas por cultivos bajo plástico. Sin embargo, para la realización del presente estudio y con objeto de caracterizar con exactitud la extensión y distribución de las parcelas transformadas en zonas de cultivo intensivo bajo plástico, se ha considerado necesario revisar y actualizar esta información debido a los siguientes factores:

- la cartografía del POTAD fue elaborada con datos obtenidos en el año 2001, y parcialmente actualizados en el 2003 mediante visitas de campo, por lo que no incluye necesariamente todas las superficies transformadas antes de la aprobación del Plan.
- el uso de datos de Observación de la Tierra proporciona una visión sinóptica el territorio, permitiendo la detección de explotaciones de difícil acceso, y posibilitando la actualización de la información.
- la capa de cultivos intensivos del POTAD fue generada como una clase dentro de un mapa general de usos del suelo, cartografiado con una escala de trabajo amplia. Dentro de esta clase, las parcelas bajo plástico son el elemento que cubre una mayor superficie, aunque también se engloban caminos, balsas de riego, zonas improductivas y construcciones.

Con objeto de obtener una cartografía de detalle actualizada a la fecha de aprobación del POTAD, se ha realizado un proceso de revisión en dos fases:

- a) Elaboración de una cartografía ajustada a las parcelas bajo plástico dentro de la envolvente definida por la cartografía del POTAD. En este proceso se han definido, sobre la ortofoto del año 2002, los límites de las parcelas transformadas en cultivos intensivos bajo plástico. La escala de trabajo ha sido equivalente a un 1:2.500.

De esta manera, se han eliminado todas las áreas no cultivables incluidas en la cartografía de cultivos bajo plástico del POTAD. También, se ha aprovechado para incluir nuevas parcelas, situadas en las inmediaciones de la envolvente del POTAD, y que han sido identificadas con claridad como zonas cubiertas por plástico. Estas parcelas no están incluidas en la primera cartografía bien, por falta de precisión en la escala de digitalización, bien por un defecto propio de la cartografía.

- b) Uso de la imagen de satélite LANDSAT para la inclusión de zonas transformadas no incluidas en la cartografía de POTAD. Se ha visualizado la cartografía resultante de la anterior fase, sobre la composición en falso color para el año 2002, y se ha realizado un proceso secuencial de fotointerpretación para localizar todas las zonas que se observan cubiertas por cultivos bajo plástico en la imagen Landsat, y no se encuentran incluidas en la cartografía provisional elaborada.

Una vez localizadas estas zonas, siguiendo criterios de color, forma y contexto, se han incluido en la cartografía, identificando sus límites sobre la ortofoto de 2002.



Figura. Ejemplo de revisión y actualización de la cartografía del POTAD. En color verde con fondo rallado, se muestra la cartografía de partida, mientras que en color amarillo se representa la cartografía actualizada

2.3.- Delimitación de áreas transformadas en cultivos bajo plástico entre la situación de partida y distintas fechas de referencia (año 2007 y 2009).

En la siguiente fase del trabajo, se han determinado las áreas transformadas en cultivos intensivos bajo plástico con posterioridad a la situación de partida definida con anterioridad.

Con este objeto, se han empleado las composiciones en falso color de imágenes Landsat de distintas fechas. A pesar de haber realizado pruebas satisfactorias con un método automático de detección, se decidió emplear procesos de fotointerpretación visual para la determinación con mayor seguridad de las zonas transformadas en el periodo estudiado.

Para cada caso, se realizó un proceso secuencial de visualización, dentro de la totalidad del área de estudio, y a una escala de pantalla inferior a la de visualización 1:1, observándose en barrido la composición Landsat en falso color con las bandas 7, 3 y 1 para los años estudiados, sobre la ortofoto de 2002 y de 2006 según corresponda, y con la cartografía de parcelas bajo plástico definida como situación de partida.

De esta manera, se determinaron las zonas que según las distintas imágenes estudiadas, aparecen cubiertas por plástico, y que no se reflejan como tal en la cartografía definida como situación de partida, ni en la ortofoto de 2002 ni en la de 2006. Este proceso ha servido para realizar un control de calidad de la cartografía generada en la fase anterior.

Una vez localizadas las zonas de cambio, y de manera análoga a la fase anterior, se ha empleado la ortofoto de 2002 y 2006 para la delimitación de las parcelas transformadas. En estos casos se considera que la escala de trabajo es de 1:2.500, dada la resolución espacial de la ortofoto utilizada para la digitalización de las parcelas en producción.

No obstante, en las zonas donde la superficie transformada ha sido de tipo forestal o de matorral, no ha sido siempre posible ajustar los límites a parcelas existentes en las ortofotos de 2002 y 2006, por lo que hay que tener en cuenta que la cartografía generada no tiene la misma precisión que la de referencia. En estas zonas, se ha tenido que emplear las imágenes Landsat para la delimitación de las parcelas transformadas, lo que implica que se ha trabajado con una escala de menor precisión. Esto se debe a que esta información ha tenido que ser extraída directamente de las imágenes Landsat, reduciéndose la escala de trabajo a 1:150.000, dada la resolución espacial de los sensores TM y ETM+ del satélite Landsat (30 m).

Como resultado del proceso global, se ha obtenido una cartografía actualizada de superficie transformada a cultivos bajo plástico a partir de las distintas fechas estudiadas, dentro de la cual se puede distinguir en qué fecha se detectó la transformación.

2.4.- Localización de otras transformaciones de interés en el periodo estudiado

En esta fase del trabajo, se discriminaron áreas que han sufrido procesos de deforestación (independientemente de su grado –de severo a leve–), en el periodo comprendido entre POTAD y 2009, y se han localizado áreas ocupadas por otros cultivos intensivos y que se encuentran dentro de la zona A del POTAD.

Para localizar las áreas que han sufrido procesos de deforestación, se realizó una comparativa entre las imágenes disponibles para la localización de áreas que potencialmente podrían transformarse en futuras campañas en cultivos bajo plástico. Para ello se revisó de manera visual, la imagen de 2009, detectando áreas de suelo desnudo o con algún grado de deforestación. Una vez detectadas estas áreas, se determinó a qué tipo de uso de suelo se correspondían según la imagen Landsat de 2002. Si en la imagen de 2002, las áreas localizadas se correspondían con masas forestales, se digitalizaron dichas zonas tomando en todo caso como base la imagen Landsat. Finalmente se cuantificó la superficie de dichas áreas.

En el caso de localización de cultivos intensivos en zona A (zona de protección de recursos naturales definida en el POTAD en la que se prohíbe la transformación del uso forestal y la implantación de nuevos usos agrícolas), se han discriminado áreas que presentan una respuesta intensa y característica de cultivos tipo intensivo y que se encuentran en dicha zona de protección. Para la elaboración de esta cartografía se ha fotointerpretado sobre una composición en color 453 de una imagen Landsat de noviembre de 2008, fecha adecuada para determinar este tipo de cultivos dada su fenología.

2.5.- Campaña de validación

Durante el mes de mayo de 2009, se llevó a cabo una campaña de campo orientada a la recogida de datos para la validación del mapa digital de cultivos transformados bajo plástico en el periodo estudiado.

La campaña de campo se realizó dentro del área de estudio, en un recorrido longitudinal, en el que se visitaron explotaciones de nueva transformación a cultivo bajo plástico de gran tamaño. Además se visitaron algunas zonas de especial interés como zonas en proceso de deforestación y cultivos intensivos localizados en la Zona A del POTAD.

Los datos de campo se han integrado con la cartografía sobre superficie transformada elaborada en el presente estudio. Esto ha permitido poner en relación los datos obtenidos mediante técnicas de observación de la Tierra con los resultados de la campaña.

El número de explotaciones visitadas y la superficie muestreada se recoge en la siguiente tabla:

Campaña Validación	
Explotaciones Visitadas	243
Superficie Explotaciones Visitadas	1.370 ha

3.- SÍNTESIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dentro de este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación del proceso metodológico desarrollado, para la obtención de la superficie transformada, tanto para cultivos intensivos bajo plástico como para otros cultivos o usos.

La **superficie transformada** en distintas fechas o periodos facilita datos sobre superficie que, en alguna de las fechas estudiadas, ha sido dotada de la infraestructura y condiciones necesarias para el cultivo bajo plástico, y que ha sido puesta en producción. Este bloque se estructura en las siguientes secciones:

- **Definición de la Situación de Partida.** Esta sección enmarca la situación de partida para este estudio; en concreto se ha estimado la superficie transformada en cultivo bajo plástico a fecha de elaboración de la cartografía del POTAD (año 2003).
- **Transformaciones a cultivos intensivos bajo plástico desde la Situación de Partida hasta el año 2009.** En esta sección se facilitan datos sobre nueva superficie transformada a CBP, para el periodo total estudiado (desde la elaboración de la cartografía POTAD hasta la época actual de redacción del presente informe).
 - o **Transformaciones a cultivos intensivos bajo plástico desde la Situación de Partida hasta el año 2007.** En esta sección se facilitan datos sobre nueva superficie transformada a CBP, desde la situación de partida hasta el año 2007. (ANEXO I)
 - o **Transformaciones a cultivos intensivos bajo plástico desde 2007 a 2009.** Este periodo coincide con el periodo posterior a la firma de la redacción del Plan especial para la reordenación agraria de la zona fresera de Doñana por parte de la Junta de Andalucía.. Por ello en esta sección se analiza en detalle las nuevas transformaciones a CPB en este periodo, desde 2007 fecha en la que se aprueba el Plan anteriormente citado, hasta 2009. (ANEXO II)

Para cada uno de los periodos analizados se presenta un análisis de transformaciones en relación al uso del suelo según los usos del POTAD y un análisis en relación a otras cartografías como la de Monte Público y Zonas catalogadas como Red Natura.

En este apartado también se pone en manifiesto otra serie de **transformaciones** sucedidas en el área de estudio. El primer tipo de transformaciones analizadas son las relacionadas con procesos de deforestación que, si bien no se corresponden con parcelas puestas en producción como cultivos bajo plástico, podrían suponer una transformación a

este tipo de cultivos en futuras campañas. Así se facilita información sobre áreas que han sufrido procesos de deforestación (independientemente de su grado – de severo a leve-), en el periodo comprendido entre POTAD a 2009. Además se han localizado áreas transformadas a otro tipo de cultivos intensivos, no CBP, y que se encuentran dentro de la zona A del POTAD, como cítricos o arándanos (sin túneles blancos en los primeros años de cultivo).

Por último se exponen los resultados de la **campana de campo de validación** de resultados.

3.1.- Estimación de superficie transformada a cultivos bajo plástico y análisis de transformación de usos del suelo.

3.1.1 Definición de la situación de partida

Se ha considerado que la capa vectorial del POTAD sobre cultivos intensivos, establece una envolvente amplia de la distribución de los cultivos bajo plástico en la comarca de Doñana. Por ello se han utilizado sus límites como base para la elaboración de la capa vectorial revisada y en detalle de la superficie transformada en cultivo bajo plástico en la fecha de referencia.

Es importante tener en cuenta este hecho, ya que existen diferencias cuantitativas al comparar la superficie definida por la capa vectorial del POTAD (clase de un mapa de usos del suelo) y la capa vectorial digitalizada dentro de este proyecto en la primera fase de elaboración (digitalización de parcelas transformadas para la producción de cultivos bajo plástico dentro de la envolvente de la cartografía POTAD).

Como se puede observar en la siguiente tabla, la superficie total que cubren ambas capas difiere en unas 1.747 hectáreas. Esto se debe a dos motivos diferenciados:

- Ambas capas se han elaborado bajo distintas escalas de trabajo.
- La cartografía revisada delimita únicamente las zonas cubiertas por cultivos intensivos bajo plástico sin introducir algunos elementos que, según se puede apreciar en la ortofoto, pertenecen a otras categorías como edificaciones, balsas de agua, caminos, etc.

Cartografía	Superficie (ha)
POTAD	10.304
Cartografía revisada en el estudio (primera fase)	8.557

Dentro de la capa del POTAD se han localizado una serie de explotaciones, que en la actualidad se encuentran cultivadas de frutales y cítricos, y que han sido mantenidas dentro de la capa de superficie transformada. La superficie ocupada por estas explotaciones se ha estimado en torno a las 180 hectáreas.

En la segunda fase de la revisión, se ha actualizado la cartografía incluyendo parcelas bajo plástico discriminadas a partir del análisis datos de observación de la Tierra de 2002. En este proceso se ha digitalizado una superficie de 561 hectáreas distribuidas en 521 parcelas fuera del marco establecido por el POTAD. Estas parcelas, a pesar de situarse fuera de este marco, fueron identificadas como cultivos bajo plástico bien, durante la visualización de la

ortofoto de 2002, bien, al realizar la extracción de la información temática de la imagen de satélite disponible para ese año.

A continuación se muestran en forma de tabla los datos finales de distribución de la cartografía de superficie transformada en fecha de elaboración de cartografía POTAD, en función de su relación con la envolvente inicial definida por el POTAD.

Relación con cartografía inicial	Superficie (ha)
Dentro de la envolvente del POTAD	8.557
Fuera de la envolvente del POTAD	561
TOTAL	9.118

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la superficie en la situación de partida según los términos municipales:

MUNICIPIO	Superficie (ha)
Almonte	2.653
Bollullos	71
Bonares	773
Lucena del Puerto	1.059
Moguer	3.182
Palos de la Frontera	1.083
Rociana del Condado	296
TOTAL	9.118

Los resultados que se muestran de aquí en adelante, y si no se indica lo contrario, se refieren a la capa elaborada de forma específica dentro de este estudio, y que se considera que describe el estado inicial de referencia de la superficie transformada a cultivos bajo plástico, en el momento de elaboración de la cartografía del POTAD.

3.1.2 Transformaciones a cultivos intensivos bajo plástico desde la Situación de Partida hasta el año 2009.

A) Estimación de superficie transformada a CPB en el periodo estudiado

En el ámbito de la comarca de Doñana, se ha estimado que la superficie transformada en cultivos intensivos bajo plástico desde la situación de partida (fecha de elaboración de la cartografía de POTAD) hasta el año 2009, es de **1.688 hectáreas**. La superficie transformada en este periodo supone un incremento con respecto a la superficie de la fecha de referencia (fecha de elaboración de la cartografía de POTAD) de un 18,5%.

La siguiente tabla resume la evolución de la superficie transformada total en el periodo analizado:

Periodo	Superficie Transformada (ha)
Situación de partida	9.118
Situación de partida - 2009	1.688
TOTAL	10.806

En la siguiente tabla se muestran los resultados de nueva superficie transformada desde la situación de partida a 2009 por término municipal.

MUNICIPIO	Superficie Transformada (ha)
Almonte	736
Bollullos	15
Bonares	174
Lucena del Puerto	334
Moguer	324
Palos de la Frontera	29
Rociana del Condado	76
TOTAL	1.688

En cuanto a la distribución del área transformada por término municipal, destacan los municipios de Almonte y Moguer, que cuentan, cada uno de ellos, con porcentajes en torno al 43% y 19 % respectivamente de la superficie transformada total.

B) Análisis de transformaciones en el uso del suelo

Una vez se ha cuantificado la superficie transformada dentro del territorio, resulta de gran interés identificar cuales han sido los cambios producidos en la distribución de los usos del suelo.

Para ello se ha integrado el mapa de superficie de nueva transformación a CPB generado hasta 2009 y el mapa de usos del suelo del POTAD, analizando que cambios en relación al uso del suelo se han producido.

Uso del suelo	Superficie (ha)
Extensivos de secano	351
Viñedo	42
Olivar	24
Olivar-viñedo	35
Cítricos y frutales	49
Extensivos en regadío	78
Intensivos regadío	17
Improductivo agrícola	361
En transformación	116
Masas arboladas	375
Matorral/Matorral arbolado	95
Monte repoblado	5
Pastizal/Pastizal arbolado	102
Otros	38
TOTAL	1.688

Aunque todos los cambios en el uso del suelo son sin duda de gran interés, se resalta como dato más preocupante, las transformaciones acaecidas en relación a los usos forestales. Además de suponer la transformación que modifica de forma más impactante la estructura del paisaje, se considera la más crítica, ya que significa una pérdida no sólo de superficie forestal en términos cuantitativos sino de calidad de los ecosistemas presentes en la comarca. Estas zonas forestales, sin duda cumplen una función vital como corredores ecológicos que conectan Doñana con otros espacios naturales de Andalucía.

De esta tabla se destaca que han resultado transformadas de categoría forestal según POTAD **693 hectáreas**, muchas de ellas fincas forestales privadas. Además se obtiene que:

- De categoría masas arboladas a CBP; han resultado transformadas 375 hectáreas.
- De otros usos (según POTAD) a CBP; han resultado ser transformadas un total de 1.313 hectáreas, de las cuales 102 se corresponden con pastos (en esta categoría se ha incluido pastizal y pastizal arbolado). Además destaca la cantidad de superficie de la categoría de improductivo agrícola transformada a CBP (unas 360 ha) y de extensivo de secano a CBP (unas 351 ha).

En cuanto a la clasificación de usos en el POTAD, las 1688 has transformadas tienen la siguiente clasificación:

MUNICIPIO	A (ha)	B (ha)	C (ha)
Almonte	124,50	527,30	84,90
Bollullos			15,20
Bonares	128,00		45,50
Lucena del Puerto	173,70		159,80
Moguer	158,50	0,6	165,20
Palos de la Frontera	6,80		22,00
Rociana	4,2		72,20
TOTAL	595,70	527,90	564,80

Hay que destacar que **595,70 has clasificadas en zona A** han sido transformadas, por lo que se ha incumplido el artículo 45 del POTAD, que refleja que la Zona A es una zona de protección de recursos naturales en donde se prohíbe la transformación del uso forestal y la implantación de nuevos usos agrícolas.

Dentro de esta línea, se ha realizado un análisis de mayor detalle sobre las áreas catalogadas como Monte Público. Como resultado, se ha observado que un total de 2.436 hectáreas identificadas como superficie total transformada, se ubican dentro de la delimitación de Monte Público. Es de interés destacar que 2.019 hectáreas son parcelas integradas en los límites establecidos por el POTAD como cultivos intensivos.

En la siguiente tabla, se puede observar, dividida por municipio, la superficie total de Monte Público que ha sido transformada en cultivos intensivos hasta la actualidad.

MUNICIPIO	Superficie dentro de Monte Público (ha)
Almonte	919
Bollullos	0
Bonares	77
Lucena del Puerto	1.221
Moguer	217
Palos de la Frontera	1
TOTAL	2.436

De esta cifra total, unas **417 hectáreas** han sido transformadas en el periodo elaboración de la cartografía POTAD-2009. A continuación se muestra la distribución de esta superficie por municipio:

MUNICIPIO	Superficie dentro de Monte Público (ha)
Almonte	60
Bonares	31
Lucena del Puerto	312
Moguer	14
TOTAL	417

C) Análisis de transformaciones en zonas de especial interés medioambiental

Una vez cuantificada la superficie transformada dentro del territorio, y dado el contexto de este proyecto, resulta de gran interés identificar qué cantidad de la superficie transformada desde la situación de partida hasta 2009, está incluida en distintas zonificaciones de protección como la Red Natura y la Propuesta de Corredores de WWF.

A partir de la integración del mapa de superficie transformada desde la situación de partida hasta el 2009 y el mapa que contiene zonas de **Red Natura** facilitado por WWF, se han obtenido los siguientes resultados:

MUNICIPIO	Superficie dentro de Red Natura (ha)
Dehesa del Estero y montes de Moguer	11
Doñana	93

Doñana norte y oeste	90
Lagunas de Palos y las Madres	1
TOTAL	195

De esta tabla se destaca que han sido transformadas unas 90 hectáreas dentro del espacio nombrado como Doñana y Doñana norte y oeste.

Del cruce entre la cartografía sobre superficie de nueva transformación a cultivo bajo plástico en el periodo estudiado y la Propuesta de corredores de WWF se ha obtenido que 393 ha se encuentran en dichos espacios.

3.2.- Otras transformaciones de interés en el periodo estudiado (Cartografía POTAD-2009)

Durante las visitas de campo se descubrió la existencia de una serie de parcelas en proceso de transformación en zonas de cultivo intensivo, en las que se apreciaba claramente un proceso de deforestación entre las fechas en que se dispone de imágenes de satélite. Este hecho ha motivado que se prepare una cartografía de este tipo de áreas para su futuro análisis en el terreno y seguimiento.

El primer tipo de transformaciones analizadas son las relacionadas con procesos de deforestación que, si bien no se corresponden con parcelas puestas en producción como cultivos bajo plástico, podrían suponer una transformación a este tipo de cultivos en futuras campañas. Así se facilita información sobre áreas que han sufrido procesos de deforestación (independientemente de su grado – de severo a leve-), en el periodo comprendido entre la fecha de elaboración de la cartografía POTAD a 2009.

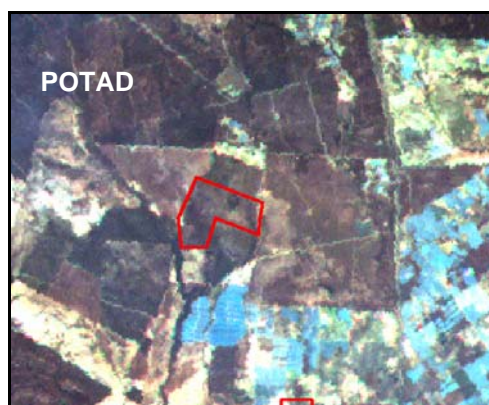
Además, y dadas las restricciones en cuanto a usos que supone la zonificación A del POTAD, se han cartografiado áreas ocupadas por otro tipo de cultivos intensivos, no cultivos bajo plástico, y que se encuentran dentro de dicha zona.

3.3.1.- Localización de áreas potencialmente en transformación a CBP

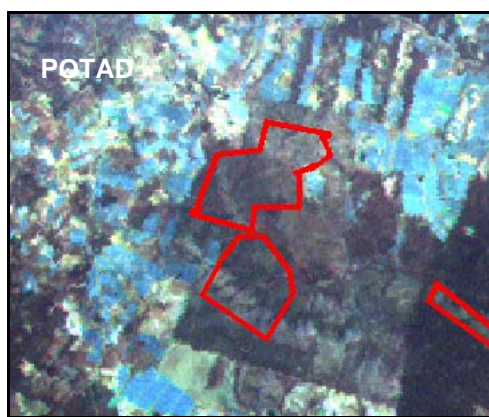
Al comparar las imágenes de POTAD, 2007 y 2009, se han localizado varias zonas con distinto grado de deforestación.

Hay que resaltar en este punto que no se puede determinar, con los datos utilizados para este estudio y la metodología empleada, que estas zonas se vayan a transformar a cultivo bajo plástico en la próxima campaña. Así, este ejercicio solo pretende llamar la atención sobre zonas que potencialmente podrían transformarse a CBP en futuras campañas o, en otros casos, fincas forestales que se han transformados, como es el caso de plantaciones nuevas de eucaliptos.

Sin embargo, con dichos datos, si aparecen ejemplos claros como los siguientes ejemplos.



Detalle de parcela deforestada, en la que en la visita de campo se comprobó que la zona forestal existente ha sido transformado en cultivos agrícolas



Detalle de parcela parcialmente deforestada, en la que en la visita de campo se comprobó que el terreno está siendo acondicionada para el cultivo intensivo de arándanos.



Detalle de parcelas antes de sufrir la transformación (imagen de la izquierda). En la imagen de la derecha, sobre ortofoto de 2006, se aprecia el inicio de procesos de transformación.



Detalle de parcelas en transformación (imagen de la izquierda) en las que se ha perdido la cubierta forestal original, y se observa una baja respuesta fotosintética. En la siguiente imagen estudiada (imagen de la derecha), se observa que parte del área identificada se ha cubierto con plástico, y otra se está cultivando (según datos de campo con arándanos).

3.3.2- Localización de otros cultivos intensivos en Zona A del POTAD

Dadas las restricciones que establece el POTAD en la Zona A, se ha considerado de interés identificar otras áreas que hayan sido transformadas en dicha zona a otro tipo de cultivo intensivo sin plástico en el periodo estudiado. Para ello se ha utilizado una imagen Landsat del 15 de noviembre de 2008, sobre la que se han llevado a cabo procesos de fotointerpretación. En concreto se han identificado, sobre la imagen anteriormente referida, aquellas zonas que presentaban una respuesta de cultivo intensivo y que se situaban dentro de la zona A del POTAD.

4. CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones más relevantes, en relación a la técnica empleada, en este caso la teledetección espacial; en relación a la metodología utilizada y por último, en relación a los resultados obtenidos en el estudio.

4.1.- En relación a las técnicas empleadas

La aplicación de técnicas de teledetección espacial para la extracción de información de interés en estudios medioambientales y, en concreto en estudios relacionados con la agricultura, está avalada por veinte años de experiencias.

Las principales características que aporta la técnica de teledetección en este tipo de estudios son:

- *Objetividad.* Los datos suministrados son imágenes digitales obtenidas por agencias espaciales internacionales (ESA, NASA, etc...) y son accesibles comercialmente por cualquier ciudadano
- *Continuidad de los datos*
- *Periodicidad de las observaciones.*
- *Multiespectralidad de la observación.* Los sensores a bordo de los satélites captan los datos no sólo en la región del espectro visible (que es la que capta el ojo humano o la fotografía aérea), sino también en las regiones espectrales del infrarrojo, lo que nos permite “ver” cosas invisibles para el ojo humano.
- *Observación multiescala.*
- *Bajo coste de adquisición de los datos*
- *Visión sinóptica del territorio* en un mismo momento, pues en una única imagen queda registrada toda la información de interés para una misma fecha.

Así pues, esta técnica, la teledetección espacial, se considera una potente, dinámica y objetiva fuente de datos para la estimación de superficies cultivadas bajo plástico y, para el seguimiento de su evolución desde la entrada en vigor de distintas normativas y planes de ordenación territorial relacionados con el cultivo de la fresa en la comarca de Doñana.

4.2.- En relación a la metodología

A la hora de determinar la metodología a utilizar, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- *Desarrollo vegetativo de los cultivos a estudiar.* En la comarca de Doñana se ha considerado adecuado elegir una fecha de invierno para cada año de estudio para discriminar los cultivos bajo plástico dado la fenología de este tipo de cultivos.
- *El grado de parcelación de la comarca.*
- *La escala de trabajo.*

Según estas consideraciones, la metodología utilizada para al estimación de superficies transformadas a cultivos bajo plástico en la comarca de Doñana, se basa en el análisis multispectral y multitemporal de imágenes Landsat, mediante el cálculo de índices de cultivos bajo plástico.

Como se comentó anteriormente, en este estudio se han aplicado técnicas de fotointerpretación y de análisis digital. Ambos métodos no han sido excluyentes entre sí, sino que han trabajado de manera simultánea apoyándose en distintas etapas de la metodología.

Gracias al formato digital de los materiales de partida, se han podido integrar las imágenes satélite y los productos derivados de su análisis digital, con otro tipo de información como ortofotos digitales y cartografía ya elaborada que han enriquecido sin duda este estudio al facilitarnos información de distintas entidades y en distintas épocas. Así se ha contado con cartografía elaborada antes de la fecha de referencia, y cartografía más cercana y actualizada con el año 2.009.

4.3.- En relación a los resultados obtenidos

El presente estudio pretende dar respuesta con un grado de fiabilidad elevado a una serie de preguntas relacionadas con la transformación del territorio:

- ¿Cuál era la distribución de parcelas transformadas para su cultivo bajo plástico en el momento de la elaboración de la cartografía del POTAD?
- ¿Cuál ha sido el área transformada en cultivos bajo plástico en la comarca de Doñana después de la elaboración de dicha cartografía hasta la actualidad? ¿Y tras la firma del Plan de Ordenación de la zona fresera en diciembre de 2007? ¿Dónde han aparecido nuevas transformaciones en los distintos periodos estudiados?
- ¿Qué tipo de superficies son las que se han transformado?

Los datos que aparecen en el informe hacen referencia a aquellas fincas puestas en cultivos bajo plástico en diferentes periodos, a partir de la aprobación del POTAD. WWF no ha analizado si estas fincas poseen o no los permisos necesarios, tanto de agua como de suelo.

A continuación destacamos las principales conclusiones derivadas de los resultados obtenidos.

4.3.1.- Conclusiones en relación a la estimación de superficie transformada en cultivos intensivos bajo plástico en el periodo estudiado.

A) Definición de la situación de partida

Dado el elevado grado de parcelación y dispersión, especialmente en algunas zonas, de los cultivos bajo plástico de la comarca de Doñana, se ha considerado conveniente revisar y actualizar la cartografía elaborada para su inclusión en el POTAD. Esto ha permitido el trabajar y ofrecer resultados en una escala más precisa, y por tanto más ajustada a la realidad.

El proceso de revisión efectuado ha dejado claras las diferencias existentes entre una clase dentro de un mapa general de usos del suelo (capa de cultivos intensivos del POTAD) y un mapa de parcelas cultivadas bajo plástico, que no considera elementos como caminos, balsas de riego y construcciones (mapa revisado de superficie transformada para la fecha de elaboración de cartografía POTAD).

En el proceso realizado, se ha pasado de una envolvente genérica, cartografiada a una escala amplia a partir de datos de 2001, a una capa actualizada de parcelas agrícolas bajo

plástico, con escala 1:2.500 y actualizada a la fecha de elaboración de la cartografía POTAD.

El total de superficie cartografiada para el POTAD como superficie transformada para el cultivo bajo plástico asciende a 10.304 ha. Dentro de esta envolvente, se han definido 8.501 ha., como correspondientes a parcelas cultivadas bajo plástico, encontrándose el resto de superficie ocupada por otros elementos.

En la fase de actualización de la cartografía, se ha digitalizado una superficie de 561 ha., distribuidas en 521 parcelas fuera del marco establecido por el POTAD.

De esta manera, el total de superficie transformada en parcelas ocupadas por plástico en la **fecha de aprobación del POTAD asciende a 9.118 ha.**, si bien existe una cierta superficie adicional correspondiente a infraestructuras asociadas, que no se incluye en esta cifra, pero forma parte del consumo de terreno derivado de las prácticas agrarias intensivas.

B) Estimación de la superficie transformada a cultivos bajo plástico y análisis de transformaciones en el uso del suelo desde la situación de partida hasta 2009

En el periodo comprendido desde la elaboración de la cartografía del POTAD en diciembre de 2003 y el año 2009, **se han transformado a cultivos bajo plástico 1.688 ha.**, lo que supone un 18,5% de la cifra que se estableció como referencia con los datos de la elaboración de la cartografía del POTAD.

Del análisis de la distribución de superficies transformadas, se observa que el proceso de cambio de usos de suelo no ha aparecido concentrado en focos concretos, sino que resulta bastante disperso dentro del área de estudio. El tamaño de las nuevas explotaciones es también bastante variable.

La superficie total ocupada por parcelas con infraestructura para su cultivo bajo plástico en la fecha más reciente analizada, asciende a 10.806 ha. Como se ha comentado en el punto previo, el total de superficie transformada, asociada a la práctica agrícola, resulta mayor, aunque no resulta cuantificable con precisión a partir de imágenes Landsat con una escala de trabajo de 1:150.000.

La cifra obtenida de superficie transformada presenta un sesgo a la baja, debido a que existe la posibilidad de que haya parcelas transformadas dentro del periodo analizado, que en la campaña analizada no hayan sido puestas en cultivo bajo plástico. Cuando la transformaciones se han producido a partir de terrenos forestales se ha podido controlar esta situación, al observarse claramente los cambios producidos, pero esta revisión no ha sido posible cuando el uso previo del suelo era diferente. Este sesgo se estima poco importante, pero debe ser tenido en cuenta en la interpretación de los datos.

El proceso de intensificación agraria que se sigue produciendo en la comarca de Doñana, lleva implícito consigo un **cambio significativo en relación a los usos del suelo**. Estos

cambios quedan reflejados al comparar la cartografía de superficie transformada a cultivos intensivos bajo plástico entre la fecha de elaboración del POTAD y la campaña de 2008-2009 frente a la cartografía de usos del suelo del POTAD.

En este sentido hay que resaltar los siguientes cambios a CBP:

- De improductivo agrícola (según uso POTAD) han sido transformadas 361 hectáreas.

- De masas arboladas (uso POTAD, Zona A) han sido transformadas 375 hectáreas.

- De extensivos de secano (uso POTAD) han sido transformadas 351 hectáreas.

Respecto a la clasificación de usos del POTAD, hay que destacar que **595,70 hectáreas son de zona A del POTAD**, zonas de protección de recursos naturales donde se prohíbe el cambio de uso de suelo. De la misma manera, **527,90 hectáreas son de zona B**, con limitaciones específicas para el cambio de uso de suelo.

Por otro lado, se ha analizado la pérdida de zonas de Monte Público por procesos de intensificación agraria, cifrándose en 2.436 ha. El dato es más preocupante, si tenemos en cuenta el total de superficie transformada y la categoría de uso de suelo de monte público que entendemos previa a la fecha tomada como punto de partida, es que se observa que unas 2.019 hectáreas de Monte Público se encuentran transformadas a fecha de elaboración de la cartografía del POTAD. En el periodo comprendido después de la fecha de referencia de diciembre de 2003, **se han transformado 417 hectáreas dentro de la zona catalogada como Monte Público**.

Si analizamos los datos en relación a término municipal obtenemos que son Almonte y Lucena del Puerto los municipios donde se sitúa el mayor porcentaje de superficie que antes de la aprobación del POTAD tenía un uso de categoría de Monte Público, y que ha sido transformada.

La comarca de Doñana alberga zonas de alto interés ambiental, por lo que es también de interés analizar las transformaciones que están produciéndose en dichas áreas. En el caso de la zonificación establecida por la Red Natura, cabe destacar que:

- Existen unas 90 hectáreas dentro del espacio nombrado como Doñana Norte y Oeste y otras 93 hectáreas dentro del espacio de Doñana.

Además, y en relación con la propuesta de corredores para Doñana que WWF presentó en 2007, hay que resaltar las transformaciones sucedidas dentro de dichas áreas en los municipios de Lucena (unas 151 ha) y en Moguer (unas 150 ha).

4.3.2.- Conclusiones en relación a otras zonas de transformación

Las áreas en las que se ha detectado un proceso de deforestación, independientemente de su grado de severidad y que podrían potencialmente transformarse a Cultivos Bajo Plástico,

ocupan una superficie significativa (828 has), por lo que se recomienda realizar un seguimiento mediante visitas de campo o análisis de imágenes de las futuras campañas.

Del total de superficie detectada en proceso de deforestación, existen una gran cantidad de hectáreas ubicadas dentro de alguna figura de protección de la Red Natura, perteneciendo en su mayoría a la categoría de masas arboladas según usos del POTAD, lo que provoca que el control de la posible transformación en curso sea de elevado interés.

Hay que resaltar que el hecho de que se haya producido una deforestación no implica necesariamente que estas zonas vayan a transformarse en cultivos bajo plástico, si bien, este hecho indica que existe una posibilidad considerable de que estas zonas puedan ser finalmente ocupadas por cultivos bajo plástico.

Además existe una superficie de 456 ha que han sido identificadas como áreas cultivadas de forma intensiva dentro de la zona A del POTAD a las que se recomienda realizar un seguimiento dadas las restricciones que plantea la zonificación de dicho Plan.

4.3.3.- Conclusiones en relación a la campaña de validación

En general podemos comentar que la cartografía elaborada se ajusta de manera precisa a la realidad. La fecha en la que se llevó a cabo la validación en campo fue apropiada para detectar todos los CBP. De todas las explotaciones visitadas, sólo se detectó un caso en el que ya se había retirado el plástico.

En relación con la cartografía de superficies transformadas a cultivos intensivos bajo plástico, se destaca que la mayoría de explotaciones visitadas estaban puestas en producción como cultivo bajo plástico, aunque en las categorías de POTAD actualizado y nuevas transformaciones de POTAD a 2007 algunas parcelas habían cambiado de uso (mayoritariamente a explotaciones de frutales) o no habían sido puestas en producción en esta campaña.

En cuanto a otras áreas visitadas, pertenecientes a las categorías de deforestadas y posibles deforestadas, hay que decir que si bien pueden ser un indicador de futuras transformaciones a cultivos bajo plástico como se ha visto en anteriores estudios, es necesario hacerles un seguimiento anual. En este sentido se detectó que en algunos casos dicha transformación había derivado finalmente a un cultivo bajo plástico, si bien en otros casos o no estaban puestas en producción o estaban siendo objeto de trabajos forestales (replantaciones, entresaca de madera, etc.).

En relación con la superficie discriminada como de nueva transformación en el periodo 2007-2009 y según el muestreo realizado, podemos decir que ha existido un nivel de acierto para la categoría de nueva transformación en el periodo 2007-2009 del 100%. Lo que indica un grado muy elevado de fiabilidad en cuanto a los resultados obtenidos.

ANEXO I. Transformaciones a cultivos intensivos bajo plástico desde la Situación de Partida hasta el año 2007

En este periodo se analizan las la fincas agrarias transformadas desde el POTAD hasta el 2007. Basándonos en el POTAD, todas la fincas transformadas durante este periodo, si no cuentan con la autorización oportuna tanto de suelo como de aguas, están incumpliendo la legislación ambiental básica.

A) Estimación de superficie transformada a CPB en el periodo estudiado

En el ámbito de la comarca de Doñana, se ha estimado que la superficie transformada en cultivos intensivos bajo plástico desde la situación de partida (fecha de elaboración de la cartografía de POTAD) hasta el año 2007, es de 1.283 hectáreas. La superficie transformada en este periodo supone un incremento con respecto a la superficie de la fecha de referencia (fecha de elaboración de la cartografía de POTAD) de un 14%.

La siguiente tabla resume la evolución de la superficie transformada total en el periodo analizado:

Periodo	Superficie Transformada (ha)
Situación de partida	9.118
Situación de partida - 2007	1.283
TOTAL	10.401

En la siguiente tabla se muestran los resultados de nueva superficie transformada desde la situación de partida hasta 2007 por término municipal.

MUNICIPIO	Superficie Transformada (ha)
Almonte	3147
Bollullos	84
Bonares	886
Lucena del Puerto	1343
Moguer	3486
Palos de la Frontera	1105
Rociana del Condado	351
TOTAL	10.401

En cuanto a la distribución del área transformada por término municipal, destacan los municipios de Almonte y Moguer, que cuentan, con porcentajes de 38% y 24% respectivamente de la superficie transformada total. En la siguiente tabla se muestran los resultados de superficie transformada (hasta 2007) por término municipal:

MUNICIPIO	Superficie Transformada (ha)
Almonte	493
Bollullos	13
Bonares	113
Lucena del Puerto	284
Moguer	304
Palos de la Frontera	21
Rociana del Condado	54
TOTAL	1.283

B) Análisis de transformaciones en el uso del suelo

Una vez que hemos cuantificado la superficie transformada dentro del territorio, resulta de gran interés identificar cuales han sido los cambios producidos en la distribución de los usos del suelo.

Para ello se ha integrado el mapa de superficie de nueva transformación a CPB generado para este periodo y el mapa de usos del suelo, analizando que cambios en relación al uso del suelo se han producido.

A continuación se muestran los datos globales sobre superficie transformada en la que se ha analizado el cambio de uso:

Uso del suelo	Superficie (ha)
Extensivos de secano	294
Viñedo	33
Olivar	23
Olivar-viñedo	29
Cítricos y frutales	40
Extensivos en regadío	70
Intensivos regadío	16
Improductivo agrícola	228
En transformación	91
Masas arboladas	328
Matorral/Matorral arbolado	64
Monte repoblado	4
Pastizal/Pastizal arbolado	36
Otros	27
TOTAL	1.283

De esta tabla se destaca que han resultado transformadas de categoría forestal según POTAD **523 hectáreas**, muchas de ellas fincas forestales privadas. Además se puede observar que:

- De categoría masas arboladas a CBP; han resultado transformadas 328 hectáreas.
- De otros usos (según POTAD) a CBP; han resultado ser transformadas un total de 955 hectáreas, de las cuales 294 se corresponden con extensivos de secano y 228 ha con improductivo agrícola.

Aunque todos los cambios en el uso del suelo son sin duda de gran interés, se resalta como dato más preocupante, las transformaciones acaecidas en relación a los usos forestales. Además de suponer la transformación que modifica de forma más impactante la estructura del paisaje, se consideran las más críticas, ya que significan una pérdida no sólo de superficie forestal en términos cuantitativos sino de calidad de los ecosistemas presentes en la comarca. Estas zonas forestales, sin duda cumplen una función vital como corredores ecológicos que conectan Doñana con otros espacios naturales de Andalucía.

En cuanto a la clasificación de usos en el POTAD, las 1283 has transformadas tienen la siguiente clasificación:

MUNICIPIO	A (ha)	B (ha)	C (ha)
Almonte	33,80	400,10	59,40
Bollullos			13,00
Bonares	84,70		28,60
Lucena del Puerto	150,50		133,60
Moguer	157,50	0,60	145,60
Palos de la Frontera	4,50		16,40
Rociana	4,2		50,30
TOTAL	435,20	400,70	446,90

Hay que destacar que **435,20 has clasificadas en zona A** han sido transformadas, por lo que se ha incumplido el artículo 45 del POTAD, que refleja que la Zona A es una zona de protección de recursos naturales en donde se prohíbe la transformación del uso forestal y la implantación de nuevos usos agrícolas.

Dentro de esta línea, se ha realizado un análisis de mayor detalle sobre las áreas catalogadas como Monte Público. Como resultado, se ha observado que un total de unas 2.360 hectáreas identificadas como superficie total transformada, se ubican dentro de la delimitación de Monte Público. Es de interés destacar que 2.018 hectáreas son parcelas integradas en los límites establecidos por el POTAD como cultivos intensivos.

En la siguiente tabla, se puede observar, dividida por municipio, la superficie total de Monte Público que ha sido transformada en cultivos intensivos hasta la actualidad.

MUNICIPIO	Superficie dentro de Monte Público (ha)
Almonte	909
Bonares	59
Lucena del Puerto	1.174
Moguer	217
Palos de la Frontera	1
TOTAL	2.361

De esta cifra total, unas 342 hectáreas han sido transformadas en el periodo elaboración de la cartografía del POTAD (situación de partida) hasta el 2007. A continuación se muestra la distribución de esta superficie por municipio:

MUNICIPIO	Superficie dentro de Monte Público (ha)
Almonte	50
Bonares	12
Lucena del Puerto	266
Moguer	14
TOTAL	342

C) Análisis de transformaciones en zonas de especial interés medioambiental

Una vez cuantificada la superficie transformada dentro del territorio, y dado el contexto de este proyecto, resulta de gran interés identificar qué cantidad de la superficie transformada en el periodo elaboración de la cartografía del POTAD (situación de partida) hasta 2007, está incluida en distintas zonificaciones de protección como la Red Natura y la Propuesta de Corredores de WWF.

A partir de la integración del mapa de superficie transformada en el periodo POTAD-2007 y el mapa que contiene zonas de **Red Natura** facilitado por WWF, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 3.18.- Distribución de la nueva superficie transformada en el periodo estudiado (POTAD-2007), por áreas de Red Natura.

MUNICIPIO	Superficie dentro de Red Natura (ha)
Dehesa del Estero y montes de Moguer	11
Doñana	3
Doñana norte y oeste	90
Lagunas de Palos y las Madres	1
TOTAL	105

De esta tabla se destaca que han sido transformadas en torno a unas 90 hectáreas dentro del espacio nombrado como Doñana norte y oeste, y otras 11 hectáreas dentro del espacio de Dehesa del Estero y montes de Moguer.

También destacar que existen 324 ha de superficie de nueva transformación desde la elaboración de la cartografía POTAD a 2007 que se encuentran dentro de la Propuesta de Corredores que WWF presentó en 2007.

ANEXO II.- Transformaciones a cultivos intensivos bajo plástico desde 2007 hasta 2009

Este periodo es muy interesante para el análisis, porque coincide con el periodo desde que la Junta de Andalucía firmó en Consejo de Gobierno (5 de diciembre de 2007) la elaboración de un Plan de ordenación del sector agrario de la fresa. Todas las fincas agrarias transformadas en este periodo, si no cuentan con la autorización oportuna tanto de suelo como de aguas, están incumpliendo la legislación ambiental básica.

A) Estimación de superficie transformada a CPB en el periodo estudiado

En el ámbito de la comarca de Doñana, se ha estimado que la superficie transformada en cultivos intensivos bajo plástico desde 2007 hasta el año 2009, es de 405 hectáreas. La superficie transformada en este periodo supone un incremento con respecto a la superficie transformada a fecha de 2007 de un 4%.

La siguiente tabla resume la evolución de la superficie transformada total en el periodo analizado:

Periodo	Superficie Transformada (ha)
2007	10.401
2007-2009	405
TOTAL	10.806

En la siguiente tabla se muestran los resultados de nueva superficie transformada desde 2007 a 2009 por término municipal.

MUNICIPIO	Superficie Transformada (ha)
Almonte	243
Bollullos	2
Bonares	60
Lucena del Puerto	49
Moguer	21
Palos de la Frontera	8
Rociana del Condado	22
TOTAL	405

En cuanto a la distribución del área transformada por término municipal, destaca el municipio de Almonte, que cuenta con un porcentaje en torno al 60% de la superficie transformada total.

B) Análisis de transformaciones en el uso del suelo

Una vez que hemos cuantificado la superficie transformada dentro del territorio, resulta de gran interés identificar cuales han sido los cambios producidos en la distribución de los usos del suelo.

Para ello se ha integrado el mapa de superficie transformada a CPB generado para el periodo estudiado y el mapa de usos del suelo, analizando que cambios en relación al uso del suelo se han producido.

A continuación se muestran los datos globales sobre superficie transformada en la que se ha analizado el cambio de uso:

Uso del suelo del POTAD	Superficie (ha)
Extensivos de secano	57
Viñedo	9
Olivar	1
Olivar-viñedo	6
Cítricos y frutales	9
Extensivos en regadío	8
Intensivos regadío	1
Improductivo agrícola	133
En transformación	25
Masas arboladas	47
Matorral/Matorral arbolado	31
Monte repoblado	1
Pastizal/Pastizal arbolado	66
Otros	11
TOTAL	405

De esta tabla se destaca que han resultado transformadas de categoría forestal según POTAD **170 hectáreas**, muchas de ellas fincas forestales privadas. Además se puede observar que:

De esta tabla se destaca que:

- De categoría masas arboladas a CBP; han resultado transformadas 47 hectáreas.
- De otros usos (según POTAD) a CBP; han resultado ser transformadas un total de 358 hectáreas, de las cuales 57 se corresponden con extensivos secano y 133 ha a improductivo agrícola.

Aunque todos los cambios en el uso del suelo son sin duda de gran interés, se resalta como dato más preocupante, las transformaciones acaecidas en relación a los usos forestales. Además de suponer la transformación que modifica de forma más impactante la estructura del paisaje, se consideran las más críticas, ya que significan una pérdida no sólo de superficie forestal en términos cuantitativos sino de calidad de los ecosistemas presentes en la comarca. Estas zonas forestales, sin duda cumplen una función vital como corredores ecológicos que conectan Doñana con otros espacios naturales de Andalucía.

En cuanto a la clasificación de usos en el POTAD, las 405 has transformadas tienen la siguiente clasificación:

MUNICIPIO	A (ha)	B (ha)	C (ha)
Almonte	90,70	127,20	25,20
Bollullos			2,20
Bonares	43,30		16,90
Lucena del Puerto	23,20		26,20
Moguer	1,00		19,60
Palos de la Frontera	2,30		5,60
Rociana			21,90
TOTAL	160,50	127,20	117,60

Hay que destacar que **160,50 has clasificadas en zona A** han sido transformadas, por lo que se ha incumplido el artículo 45 del POTAD, que refleja que la Zona A es una zona de protección de recursos naturales en donde se prohíbe la transformación del uso forestal y la implantación de nuevos usos agrícolas.

Dentro de esta línea, se ha realizado un análisis de mayor detalle sobre las áreas catalogadas como Monte Público. Como resultado se ha observado que unas 75 hectáreas correspondientes a Monte Público han sido transformadas en el periodo 2007-2009. A continuación se muestra la distribución de esta superficie por municipio:

MUNICIPIO	Superficie dentro de Monte Público (ha)
Almonte	10
Bonares	19
Lucena del Puerto	46
TOTAL	75

C) Análisis de transformaciones en zonas de especial interés medioambiental

Una vez cuantificada la superficie transformada dentro del territorio, y dado el contexto de este proyecto, resulta de gran interés identificar qué cantidad de la superficie transformada en el periodo 2007-2009, está incluida en distintas zonificaciones de protección como la Red Natura y la Propuesta de Corredores de WWF.

A partir de la integración del mapa de superficie transformada en el 2007-2009 y el mapa que contiene zonas de **Red Natura** facilitado por WWF, se ha obtenido que unas 90 ha transformadas se encuentran dentro del espacio Red Natura denominado como Doñana. Además existen 68 hectáreas transformadas que se encuentran dentro de los límites de la propuesta de corredores que WWF presentó en 2007.