

1. FINALIDAD Y OBJETIVOS

La finalidad de la propuesta que se presenta consiste en la **caracterización paisajística del Arco Atlántico de la Depresión del Guadalquivir**. En la práctica, este proyecto de investigación se concreta en tres actividades fundamentales:

1. Identificación de los tipos y áreas paisajísticas a escala subregional y supramunicipal presentes en el ámbito de estudio, basándose para ello en las distintas bases de datos cartográficas desarrolladas por las distintas Administraciones y centros universitarios de investigación y en su posterior tratamiento mediante un procedimiento semiautomático de delimitación y clasificación.
2. Caracterización paisajística de los tipos y áreas identificados en los espacios litorales que conforman el borde occidental de la Depresión del Guadalquivir. Esta tarea se realizará a través de una serie de fichas sintéticas de reconocimiento e destinadas a analizar los fundamentos, procesos, componentes y valores apreciables en el paisaje del ámbito de estudio.
3. Transferencia de los resultados obtenidos en el proyecto a través de la preparación de las bases de datos cartográficas para su implementación en plataformas web que permitan su consulta y descarga telemática, así como de diversos materiales divulgativos (e-book, fichas interpretativas de las principales panorámicas del ámbito considerado, imágenes georreferenciadas,...) para su utilización por parte de distintos usuarios.



Foto 1. Campiña cerealista del entorno de Jerez de la Frontera.
Autor: Rafael Medina Borrego.

2. OPORTUNIDADES DEL PROYECTO



Foto 1. Cultivos de vid sobre uno de los cerros de alvarizas de la campiña de Jerez.
Autor: Rafael Medina Borrego.

La presente propuesta se relaciona directamente con las políticas de paisaje que actualmente están llevando a cabo las Administraciones Públicas de Andalucía, al amparo de las competencias y determinaciones que en esta materia establece el actual Estatuto de Autonomía de Andalucía. La *Estrategia Andaluza de Paisaje*, documento aprobado por el Consejo de Gobierno en marzo de 2012 y en el que se establecen las orientaciones fundamentales para el desarrollo de las políticas paisajísticas en nuestra CCAA, establece como uno de los cometidos básicos a desarrollar por los poderes públicos el de la identificación, caracterización y cualificación de los distintos paisajes presentes en el territorio de Andalucía. Este planteamiento concuerda con los planteamientos del Convenio Europeo del Paisaje (Florenza, 2000), acuerdo internacional suscrito y ratificado por España, que ha impulsado un notable interés por el reconocimiento paisajístico en el ámbito internacional y nacional en los últimos años. Bien a través de iniciativas sistemáticas y coordinadas (como en el caso Reino Unido, Francia o Cataluña) bien por medio de proyectos singulares o estratégicos (asumiendo el formato de atlas, catálogos, mapas o estudios paisajísticos), las Administraciones públicas han realizado importantes esfuerzos

en la tarea de inventariar y caracterizar los recursos paisajísticos presentes en los territorios bajo su jurisdicción.

Junto a este interés vinculado a la progresiva incorporación del paisaje en el marco de las políticas de paisaje de la Administración andaluza, el proyecto de investigación presenta también un notable interés desde un punto de vista científico y técnico.

Así, desde el punto de vista de la investigación científica, la propuesta permite seguir avanzando en la aplicación práctica de los planteamientos conceptuales del Convenio Europeo del Paisaje y de la metodología británica de la *Estimación del Carácter Paisajístico (Landscape Character Assessment)*, referencias fundamentales en los actuales estudios paisajísticos y que precisan de ciertas adaptaciones conceptuales y procedimentales para su aplicación efectiva en el caso de los paisajes andaluces. La adscripción del proyecto a estos dos referentes conceptuales y metodológicos, implica la adopción de un procedimiento de zonificación paisajística basada en el concepto de carácter y con una perspectiva escalar, que se va concretando en

niveles de detalle creciente, en función de los recursos y las iniciativas sociales disponibles.

En términos metodológicos cabe considerar igualmente al proyecto como una oportunidad para calibrar las potencialidades de los métodos de análisis multivariante en relación con la identificación paisajística. Estos métodos de ordenación y clasificación de datos multidimensionales pueden aportar al proceso de delimitación del paisaje el rigor, la operatividad y la reproducibilidad propios de las modernas herramientas informáticas y estadísticas, complementando y orientando la labor de los investigadores y técnicos que se enfrentan al reconocimiento del paisaje.

Por último, desde el punto de vista instrumental, la presente propuesta pretende explorar las numerosas posibilidades que las Nuevas Tecnologías de la Información ofrecen en el ámbito de la explotación y difusión de bases de datos o de recursos divulgativos relativos al paisaje a través de internet.

3. ÁMBITO DE ESTUDIO

El ámbito seleccionado para llevar a cabo las tareas de identificación, delimitación, caracterización y cualificación paisajística que se plantea en la presente propuesta se establece a través de una doble vía, determinadas en función del análisis de tipos y áreas de paisaje.

En el primer caso, el espacio inicial de estudio se corresponde con el extremo occidental de la Depresión del Guadalquivir, tomando como referencia para su delimitación los terrenos correspondientes al Mioceno superior y al Cuaternario que se desarrollan entre la desembocadura del Guadiana y el límite de la cuenca hidrográfica del Guadalquivir en la proximidades de la localidad de Jerez de la Frontera (Cádiz), a lo cual se ha sumado un perímetro de seguridad de más de 10 km. de anchura para asegurar introducir en este espacio la totalidad de las unidades paisajísticas que la compongan (Figura 1 y 2).

Este ámbito, cuyos límites definitivos se concretarán espacialmente en función de la extensión de los tipos paisajísticos (T3) que se identifiquen en las fases iniciales de la investigación, se encuadra dentro de la cuenca neógena del Guadalquivir, compartiendo con ella una serie de características generales perfectamente reconocibles: abundancia de materiales arcillosos o débilmente cohesionados en su composición geológica, relevancia de las fisiografías llanas o alomadas asociadas al concepto de campiña, prolongada ocupación humana del territorio aprovechando la accesibilidad y la abundancia de recursos propiciada por el Guadalquivir, predominio de los usos y aprovechamientos agrícolas,... No obstante, el ámbito de estudio propuesto presenta igualmente una serie de singularidades que permiten su diferenciación dentro de la Depresión del Guadalquivir y que, al mismo tiempo, aconsejan un reconocimiento individualizado desde el punto de vista paisajístico.

En el segundo caso (Figura 2), las áreas de paisaje necesitan por su condición de espacios reconocidos por la sociedad y unitarios, un ámbito inicial de estudio mayor, que englobe no sólo a las posibles áreas a identificar en este proyecto, sino que también se acogen aquellos espacios que a criterio experto son reconocidos como lugares externos al arco atlántico del bajo Guadalquivir. Una acción intencionada cuyo objetivo principal es el de dar una mayor maniobrabilidad y peso a los procesos semiautomáticos de identificación y delimitación de las áreas de paisaje (Figura 3).

Figura 1. Terrenos correspondientes al Mioceno superior y al Cuaternario de la cuenca hidrográfica del Guadalquivir.







Entre las particularidades que propician un especial interés en la identificación y caracterización paisajística de este sector de la cuenca del Guadalquivir pueden destacarse las siguientes:

1. Su apertura y proximidad al océano Atlántico implican una serie de condicionantes, factores y procesos asociados a la climatología y a los sistemas morfológicos dominantes que no se observan en otros ámbitos de la cuenca del Guadalquivir. Especialmente relevantes, por su notable incidencia en la configuración paisajística de importantes sectores del litoral onubense, resultan los procesos geomorfológicos vinculados a la acción de las mareas y del viento, responsables en última instancia de paisajes tan característicos y singulares como los estuarios y marismas del Guadiana, del Piedras y del Odiel, así como los extensos complejos dunares del entorno del Doñana.
2. Dentro del conjunto de espacios marismeños presentes el litoral onubense, el caso de Doñana debe ser destacado como una referencia paisajística que trasciende la escala local. A la especificidad y riqueza ambiental y natural de un espacio que goza de un amplio reconocimiento nacional e internacional hay que sumar el extenso y rico sistema de valores históricos, patrimoniales, artísticos y simbólicos atribuidos a este ámbito por la sociedad. La presente propuesta de investigación pretende abundar en el reconocimiento de los valores y recursos que connotan a este singular e icónico paisaje marismeño, procurando establecer una lectura conjunta de los fundamentos, procesos y componentes naturales y culturales que se concitan en él.
3. El carácter litoral del área propuesta tiene también importantes implicaciones en dinámicas recientes que determinan la imagen paisajística de amplios sectores del espacio considerado. En este sentido, los procesos urbanizadores asociados a la actividad turística han modificado sustancialmente los paisajes costeros onubenses y gaditanos, originando nuevas situaciones que deben ser identificadas y valoradas desde la perspectiva que se plantea en la presente propuesta de investigación.
4. En relación con las repercusiones paisajísticas de los procesos de expansión urbana, el área de estudio ofrece la posibilidad de analizar los paisajes periurbanos surgidos en el entorno de la ciudad de Huelva, en los sectores más meridionales del Aljarafe y en la Costa Noroeste de la provincia de Cádiz, permitiendo abordar el estudio de las nuevas formas de ocupar, habitar y percibir el territorio surgidas a partir del modelo de la ciudad difusa. En el caso del entorno de Huelva, la presencia del Polo Químico introduce una importante singularidad paisajística que también merece una especial consideración en términos de caracterización y cualificación.
5. Desde el punto de vista de los paisajes de dominante agrícola el área de estudio presenta una notable diversidad interna, estando representadas en el mismo situaciones paisajísticas tan dispares como los arrozales del Bajo Guadalquivir, los cultivos bajo plástico del litoral onubense, los cítricos y frutales del entorno de Gibraleón, etc. La delimitación, la caracterización y el análisis de estos paisajes aportará una valiosa información sobre los espacios rurales del área de estudio y puede ofrecer, igualmente, claves interpretativas para otros espacios agrícolas de Andalucía.



Foto 1. Viñedos del Condado de Huelva.
Autor: Rafael Medina Borrego.

6. Especial mención dentro de los paisajes agrícolas que se localizan dentro del área de estudio merecen los paisajes del viñedo, representados por dos ámbitos vitivinícolas de tanta trascendencia histórica y cultural como El Condado y el Marco de Jerez. El proyecto permitirá, en este sentido, reflexionar sobre la singularidad paisajística del viñedo en Andalucía, considerando sus valores patrimoniales y escénicos, así como las dinámicas y procesos que en mayor medida pueden incidir en su pervivencia y evolución.
7. Fruto del prolongado proceso de construcción histórica experimentado por el área objeto de estudio, se han ido conformando una serie de ámbitos territoriales que presentan una acusada identidad en el contexto de referencia (Do-

ñana, las marismas del Tinto y el Odiel, las poblaciones vinculadas al descubrimiento de América, El Condado, las Campiñas de Jerez,...). Este carácter diferenciado de las distintas partes del área de estudio, que se manifiesta a través de la distribución de los asentamientos y los usos en el territorio, así como en la utilización de soluciones funcionales, constructivas o formales específicas ante determinadas necesidades o condicionantes, también debe ser tomada en cuenta en la investigación, en tanto que constituye un significativo recurso patrimonial y paisajístico.

4. TAREAS BÁSICAS DEL PROYECTO

El proyecto de investigación comprende las siguientes fases y tareas generales:

A. Fase de identificación (utilizando un procedimiento semi-automático de clasificación)

- *Elección de las Variables de Referencia.* A partir de un conjunto extenso y variado de bases de datos habitualmente vinculadas al estudio del paisaje (bases de datos correspondientes con los fundamentos naturales, histórico-culturales y perceptivos), se seleccionarán aquellas que mejor se adecúan a la escala y al objetivo de la clasificación a implementar.
- *Preparación de las Variables de Referencia.* Esta tiene como finalidad la homogeneización de los datos cuantitativos imprescindibles para la realización de las técnicas de análisis multivariante. Las operaciones a realizar abarcan la reproyección, el ajuste geométrico, la georreferenciación, la re-clasificación de las bases de datos o la generación de nuevas capas de información a partir de algoritmos o rutinas incluidas en los Sistemas de Información Geográfica.
- *Análisis de Clasificación No Supervisada.* Este primer paso analítico, consistirá en un análisis exploratorio de los datos consistente en la clasificación de una muestra sin patrones predefinidos. El procedimiento estadístico a utilizar será el TWINSpan, que ofrece una mayor consistencia en relación con los resultados, al tiempo que facilita la caracterización de los grupos obtenidos.
- *Análisis de Clasificación Supervisada.* Esta segunda etapa analítica, se basa en la clasificación de una muestra a partir de un patrón predefinido que toma como referencia la clasificación no supervisada previamente realizada, así como el conocimiento experto. Dicho patrón se introduce en el proceso a través de la elección de verdades terreno, entendidas como lugares del territorio donde inequívocamente se presenta una clase paisajísticamente determinada (un tipo o un área concreta), que constituyen la información básica para la implementación del proceso clasificatorio definitivo.
- *Depurado y Validación.* A partir de los resultados obtenidos en la etapa precedente, se procederá a una doble validación de los resultados en la que se conjugan los datos estadísticos obtenidos a lo largo de todo el procedimiento, el criterio experto y el trabajo de campo.

B. Fase de caracterización

- Búsqueda y análisis de fuentes documentales y bibliográficas:
 - Obras científico técnicas de referencia.
 - Representaciones artísticas y culturales.
 - Instrumentos de políticas públicas.
 - Inventario de recursos ambientales, patrimoniales y paisajísticos.
- Trabajo de campo (validación de resultados y toma de imágenes fotográficas).
- Establecimiento del carácter holístico del ámbito de estudio.
- Realización de fichas de caracterización paisajística a distintas escalas de trabajo.
 - T2 (tipos a escala subregional).
 - T3 (tipos a escala comarcal).
 - A2 (grandes áreas paisajísticas).

C. Fase de transferencia de resultados

- Preparación de bases de datos y materiales para su incorporación a la REDIAM (Metadato de bases de datos cartográficas, creación de base de datos fotográfica del proyecto, maquetación de fichas y otros materiales,...).



cFoto 1. Plantación de trigo en la comarca del Condado de Huelva.
Autor: Rafael Medina Borrego.

5. PROCESO METODOLÓGICO

A. Conceptos generales

Las técnicas utilizadas en la fase de identificación del presente trabajo se basan en el uso de las herramientas propias de los sistemas de información geográfica (SIG) y del análisis multivariante.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una tecnología reciente, fundamentada en el uso de datos espaciales. En 1990, el National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de los EEUU los define como "sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (Peña Llopis, 2006).

El análisis multivariante proporciona métodos estadísticos para el estudio de datos multidimensionales, es decir, datos integrados por diversas variables, que están además fuertemente interrelacionadas entre sí (James & McCulloch, 1990; Legendre & Legendre, 1998). Gracias a que varias variables pueden ser consideradas de manera simultánea, es posible realizar interpretaciones que no son posibles con la estadística univariante (James & McCulloch, 1990).

Las primeras aplicaciones de la estadística multivariante en ecología tuvieron lugar en ecología vegetal y en taxonomía numérica hace más de 30 años. Según James & McCulloch (1990), ya no es posible obtener un completo entendimiento de la ecología sin cierto conocimiento del análisis multivariante.

Los métodos estadísticos de la estadística multivariante están diseñados para el análisis de datos complejos. Estos métodos tienen en cuenta la naturaleza covariante de los datos ecológicos y son capaces de evidenciar las estructuras que subyacen en los conjuntos de datos (Legendre & Legendre, 1998).

Según Podani (2000), existen dos áreas de aplicación del análisis multivariante. La primera de ellas es una extensión de los métodos propios de la estadística uni- y bivariante, que permiten realizar test de significación de hipótesis estadísticas. Típicos ejemplos de éstos son el análisis multivariante de la varianza (MANOVA) y el análisis de regresión múltiple. Estos test estadísticos permiten la estimación de determinados parámetros de la población (en sentido estadístico), que puede servir como base para la detección de relaciones causales y para la construcción de modelos adecuados de predicción. Este tipo de métodos pueden ser denominados en su conjunto como Procedimientos de estadística multivariante. La segunda área de aplicación se compone de una serie de métodos que suponen la alternativa a la estimación: la función de detección de patrones y exploración de la estructura de los datos multivariantes. Estos procedimientos reciben el nombre conjunto de Análisis exploratorio de los datos, refiriéndose comúnmente a los métodos de clasificación y ordenación.

Clasificar objetos requiere el reconocimiento de discontinuidades en un medioambiente que a veces es discreto, pero que con mayor frecuencia es continuo.

Identificar un clúster es reconocer que determinados objetos son lo suficientemente similares para ser colocados en un mismo grupo e identificar distinciones entre grupos.

El resultado de un clúster de objetos ecológicos muestreados en un continuo se denomina normalmente tipología (sistema de tipos). En tal caso, el propósito del clustering es identificar varios tipos de objetos que pueden ser usados para describir la estructura de dicho continuo. La identificación de un clúster impone, por tanto, una estructura discontinua sobre el conjunto de datos, tanto por el agrupamiento en subconjuntos de objetos que son suficientemente similares, como por constatar que los diferentes subconjuntos poseen características únicas reconocibles (Legendre & Legendre, 1998).

Existe gran cantidad de métodos de clustering que se basan en diferentes algoritmos. Legendre & Legendre (1998), basándose en la clasificación de procedimientos de clustering de Sneath & Sokal (1973) proponen una serie de dicotomías que a continuación se resumen:

1. Algoritmos secuenciales contra simultáneos: los algoritmos secuenciales son los más frecuentes y suponen la aplicación recurrente de operaciones a los objetos a clasificar. En los simultáneos, se obtiene la solución en un solo paso.
2. Aglomeración contra división: en los algoritmos aglomerativos se comienza desde los objetos individuales y éstos son agrupados en clústeres más y más grandes. Son los métodos más frecuentes. En los divisivos, es justo al contrario, se subdivide sucesivamente el conjunto de objetos en clústeres cada vez más pequeños.
3. Métodos monotéticos contra politéticos: los métodos divisivos pueden ser monotéticos o politéticos. Monotéticos son aquellos que utilizan un único descriptor para realizar las divisiones. Los politéticos utilizan varios.
4. Métodos jerárquicos contra no-jerárquicos: en los métodos jerárquicos se genera una jerarquía de clústeres estructurada por diferentes niveles de agregación o división.
5. Métodos probabilísticos contra no probabilísticos: en los métodos probabilísticos se incluye el modelo de clustering de Clifford & Goodall (1967) y los métodos paramétricos y no paramétricos para la estimación de funciones de densidad en el espacio multivariante.

La ordenación es la colocación de unidades en un determinado orden (Goodall, 1954; Legendre & Legendre, 1998). Esta operación consiste en realizar una representación geométrica de objetos a lo largo de un eje mostrando una relación ordenada, o formando un diagrama de dispersión con dos o más ejes. La representación geométrica presenta dos alternativas: los objetos son puntos en el espacio generado por las variables como ejes, y viceversa, las variables son puntos en el espacio generado por los objetos. No es posible realizar en papel un diagrama multidimensional con más de dos o tres dimensiones. Los análisis de ordenación proyectan el diagrama de dispersión multidimensional sobre gráficos bivariantes cuyos ejes representan gran parte de la variabilidad de la matriz de datos (Legendre & Legendre, 1998).

Se denomina ordenación a cualquier técnica que extrae variables artificiales con el objetivo de reducir la dimensionalidad de los datos (Podani, 2000).

La utilidad de los métodos multivariantes en la identificación y clasificación paisajística reside en:

B. Mayor grado de objetividad en los resultados

Según Bunce et al. (1996b), los procedimientos de clasificación se pueden diferenciar por el grado de objetividad de los mismos. Así, pueden distinguirse dos grandes categorías:

1. Aproximaciones intuitivas. Es la base de la cartografía tradicional y, aunque los resultados son raramente sometidos a test de validación, normalmente son óptimos, ya que las distinciones evidentes pueden ser fácilmente reconocidas y definidas. Un desarrollo del tipo anterior son los Métodos subjetivos formalizados. Una serie de reglas son definidas basándose en la experiencia y la intuición y son rigurosamente aplicadas en el proceso de clasificación.
2. Técnicas matemáticas objetivas. Estos procedimientos más recientes a la clasificación de la tierra han evolucionado a partir de las técnicas multivariantes desarrolladas en origen para describir las asociaciones y grupos de especies de plantas. La subjetividad se encuentra en la selección inicial de las variables

Del mismo modo, Forman & Godron (1986) diferencian dos tipos de procedimientos: los métodos multivariantes y los métodos directos. Se considera que los métodos multivariantes tienen la ventaja de trabajar con todas las observaciones a la vez y de generar divisiones diferenciables de manera objetiva. Como desventaja, solo solucionan la cuestión grosso modo (esta afirmación ha de ser relativizada, teniendo en cuenta que el avance tecnológico ha sido elevado en pocos años). Los métodos directos consisten en la utilización secuencial de la información, analizando las posibles relaciones entre pares de atributos antes de generar los grupos. La ventaja es la visualización inmediata de los problemas y/o errores antes de una representación total. La desventaja es que proporcionan visiones parciales, con lo que se corre el riesgo de ser demasiado subjetivo.

En el marco del análisis de los procedimientos de clasificación del paisaje a nivel europeo, cabe destacar el proyecto ELCAI. Éste presenta un análisis de los métodos de las "Evaluaciones del Carácter Paisajístico" realizadas a nivel nacional y comunitario en Europa, considerando el grado en el que el método utilizado se basa en la interpretación humana o en una metodología analítica automática. En ELCAI se han identificado cuatro tipos de métodos (Wascher, 2005):

1. Interpretación humana experta.
2. Interpretación experta con ayuda de algún análisis automático.
3. Análisis altamente automatizado.
4. Análisis automatizado, junto con algún refinado interpretativo.



Foto 1. Campiña de Jerez.
Autor: Rafael Medina Borrego.

C. Mayor fiabilidad en los resultados

Según Bunce (2002), los métodos de clasificación mediante medidas objetivas (Carey et al., 1995), seguidos de un filtrado (Usher & Balharry, 1996), parecen ser más justificables que el trazado subjetivo de líneas sobre mapas, para su aplicación por parte de funcionarios y políticos. Así, las clasificaciones han de ser objetivas e independientes de la opinión personal, de tal manera que los políticos y funcionarios puedan tener confianza en la fiabilidad de la clasificación.

Los resultados aportan información estadística contrastable y que puede ser sometida a test de validación.

D. Mayor operatividad y accesibilidad a los datos

Una aproximación al estudio de una realidad tan compleja como el paisaje requiere la identificación de los elementos propios que lo constituyen y la posterior compilación de los mismos, para un análisis de conjunto. Existe un número limitado de variables que la mente humana puede considerar simultáneamente. Las clasificaciones multivariantes pueden hacer más accesibles ese complejo conjunto de datos y pueden habilitar la identificación de patrones espaciales sutiles difíciles de detectar de otra manera (Cherrill, 1994).

Las clasificaciones numéricas de datos complejos reducen de manera efectiva el número de variables bajo consideración y tienen la ventaja de mantener una relación cuantificable con los datos originales (Bunce & Heal, 1984; Bunce et al., 1986; Claridge, 1989).

E. Reproducibilidad

Gracias a su independencia del sujeto que realice la clasificación, presentan como principal ventaja su aplicabilidad a cualquier territorio y su capacidad de repetición del método en diferentes momentos para el mismo territorio, permitiendo así la comparación de los resultados obtenidos y el seguimiento temporal.

En resumen, la identificación de paisajes mediante métodos multivariantes constituye una herramienta más objetiva, cuyos resultados pueden ser el punto de partida para la planificación, gestión y ordenación del paisaje.

6. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A continuación se muestra (figura 1) el flujograma metodológico general aplicado en el presente trabajo de investigación.

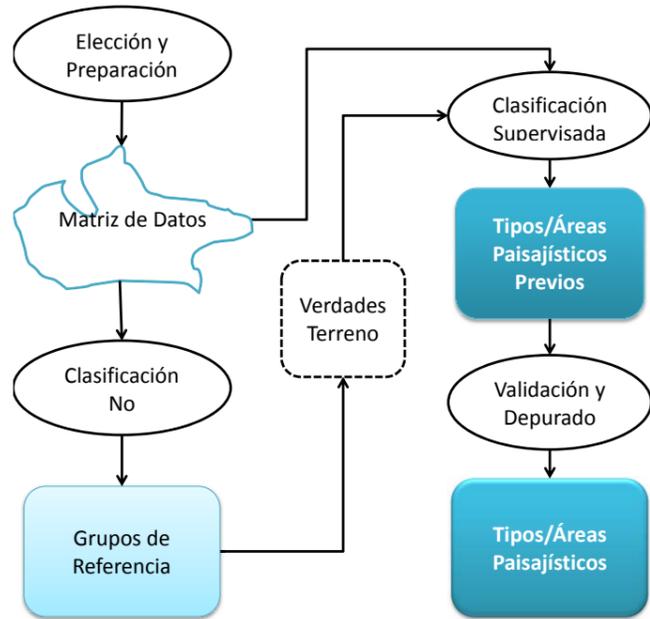


Figura 4. Flujograma metodológico implementado

Fase 1. Elección de las Variables de Referencia

La selección de variables relevantes, a partir de un conjunto total de variables que describen al paisaje, depende de la escala de aproximación y del objetivo de la clasificación: identificación de tipos o áreas.

Fase 2. Preparación de las Variables de Referencia

Para realizar el Análisis de Clasificación No Supervisada TWINSpan es necesario elegir unos elementos a clasificar. Se han utilizado cuadrículas, cuyo tamaño ha variado de 2x2 km en las identificaciones de escala subregional (T2/A2) y 1x1 km en las de escala comarcal (T3). Para cada una de las cuadrículas, se ha calculado la frecuencia de cada clase de cada variable. De esta forma, se ha conseguido trabajar con datos cuantitativos, imprescindibles para poder realizar un análisis multivariante (Legendre & Legendre, 1998).

Para realizar el Análisis de Clasificación Supervisada se utilizan las mismas variables que se hayan utilizado en el Análisis de Clasificación No Supervisada TWINSpan. Sin embargo, la adecuación de dichas variables es muy diferente. Cada una de las clases de cada una de las variables se transforma en una variable binaria. Todo el conjunto de variables binarias se somete a un Análisis de Componentes Principales (PCA), mediante un software de análisis de imágenes. Los primeros componentes, tantos como para explicar al menos el 90% de la variabilidad, son seleccionados para ser sometidos al Análisis de Clasificación Supervisada.

Fase 3. Análisis de Clasificación No Supervisada: TWINSpan

El análisis de clasificación no supervisada es un análisis exploratorio de los datos que consiste en clasificar una muestra sin patrones predefinidos. En lenguaje coloquial, podría definirse como realizar una clasificación a ciegas.

Se ha elegido el TWINSpan como método exploratorio de los datos, en contraposición a otros métodos como ISODATA y K-MEANS, porque aporta más información sobre el desarrollo de la clasificación, caracteriza a los grupos resultantes y, sobre todo, los resultados son más consistentes.

El análisis de clasificación TWINSpan ha sido utilizado con anterioridad en este tipo de estudios a nivel internacional (Chuman & Romportl, 2010) y a nivel nacional (Alcántara, 2008; VVAA, 2014).

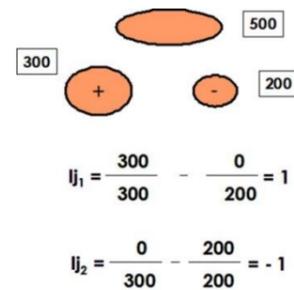


Figura 5. Cálculo del valor indicador.

El TWINSpan es un clasificador jerárquico que realiza divisiones dicotómicas, estableciendo grupos a partir de los valores de las variables. Para ello, cada variable de tipo cuantitativo es dividida en variables de tipo cualitativo –pseudovariabes-. Las pseudovariabes se generan estableciendo niveles de corte (definidos por el usuario) en los valores de las variables.

La presencia diferencial de pseudovariabes discrimina entre sí a los grupos formados en cada división. Existe un valor que cuantifica esta diferencia: el valor indicador (figura 2).

El TWINSpan establece en cada división dos grupos (uno negativo y otro positivo) a partir de las variables que tienen mayor valor indicador: las variables indicadoras.

Las variables indicadoras son las que caracterizan, por su elevada presencia, a un grupo frente a otro, donde se presenta poco.

Una variable indicadora del grupo positivo será una variable indicadora perfecta cuando se presente en todas las cuadrículas del grupo positivo y en ninguna del negativo (su valor indicador será 1). Una variable indicadora del grupo negativo será una variable indicadora perfecta cuando se presente en todas las cuadrículas del grupo negativo y en ninguna del positivo (su valor indicador será -1).

Es pertinente indicar que los grupos también se caracterizan por las variables preferenciales, cuyo valor indicador es ligeramente inferior a 0,5 en valor absoluto. Estas variables preferenciales pueden ser muy útiles a la hora de realizar una descripción semántica de los grupos, que podría resultar algo pobre, si se basa en exclusiva en las variables indicadoras.

Fase 4. Análisis de Clasificación Supervisada

El análisis de clasificación supervisada consiste en clasificar una muestra de la que se tienen patrones predefinidos, ya sea por conocimiento experto, y/o por la obtención de una clasificación no supervisada.

En la identificación, se utilizará como patrón de referencia a la clasificación no supervisada previa resultante de la aplicación del análisis TWINSpan y el conocimiento experto. Dicho patrón de referencia se introduce en la clasificación supervisada a través de la elección de verdades terreno.

Las verdades-terreno son lugares del territorio donde inequívocamente, por la experiencia sobre el terreno y/o por las indicaciones de una clasificación previa, se presenta una clase determinada, en este caso un tipo o un área concreta.

A partir de las verdades-terreno y de las variables a tener en cuenta, el clasificador obtiene una nueva clasificación que posteriormente se hace extensible a todo el territorio.

Para la realización de una clasificación supervisada hacen falta: (1) unas variables de referencia (las mismas que las utilizadas en el análisis TWINSpan), (2) la elección de las verdades terreno, y (3) un clasificador, como por ejemplo la distancia de Mahalanobis.

Fase 5. Validación

Validación estadística. Para la validación estadística, se utiliza el procedimiento: matriz de confusión. A partir de la matriz de confusión, se puede tener una idea del grado de fiabilidad estadística de la clasificación. El cálculo de la matriz de confusión se realiza eligiendo unas verdades-terreno diferentes para cada uno de los grupos obtenidos, a partir de las cuales se realiza una clasificación distinta que se compara con los resultados. En la matriz de confusión se ponen de manifiesto diversos datos de interés. Por un lado, "Overall Accuracy" o precisión global, porcentaje de confianza de la clasificación; el valor mínimo estandarizado y aceptado de precisión global ha de ser de un 85 %, los datos que no hayan alcanzado este nivel requerirán ser clasificados o bien, se deberían fusionar clases. Por otro lado, "Kappa Coefficient", estadístico de comparación de imágenes que varía de 0 (nula coincidencia) a 1 (coincidencia total) entre imágenes –en este caso las imágenes son los resultados de la clasificación supervisada y la clasificación supervisada realizada a través de las verdades terreno de chequeo-. Un coeficiente Kappa de más de 0.8 indica claramente que una clasificación dada es poco probable que haya sido obtenida por azar. Por último, los errores por comisión (que reflejan errores debidos a la elección de las verdades terreno y se manifiestan en "User Accuracy" o precisión del usuario; y los errores por omisión, que se relacionan con "Prod. Accuracy" o precisión del procedimiento, relacionado con no haber encontrado variables que reflejen la clasificación indicada por las verdades terreno.

Validación experta. A partir del conocimiento experto, adquirido tanto por trabajo de campo, como de gabinete.

Fase 6. Depurado

La fase de depurado está estrechamente relacionada con la fase anterior de validación. Tanto es así, que la validación experta determinará el método y la profundidad del depurado, y en último término la identificación definitiva de tipos paisajísticos y áreas paisajísticas en las distintas escalas de aproximación.

Se ha de hacer especial hincapié en una mejora introducida en el procedimiento de depurado en este proyecto, en relación con trabajos anteriores basados en este método (VVAA, 2014).

En este caso, se introduce la retroalimentación en el proceso de depurado, que consiste en tener en cuenta los tipos paisajísticos identificados a la escala de aproximación de mayor detalle, para el depurado de las identificaciones realizadas a escalas más groseras. En concreto, los tipos paisajísticos identificados a escala comarcal han servido para depurar y, en algún caso, redefinir los tipos paisajísticos identificados a escala subregional y las áreas paisajísticas a escala subregional.

El esfuerzo por obtener una identificación de mayor detalle en la escala comarcal tiene su recompensa no solo en los tipos obtenidos, sino en la mejora de las identificaciones realizadas en la escala subregional.

Esta sencilla innovación tiene una importante repercusión, no solo en los resultados, sino en el principio conceptual del método, pasando de ser un método jerárquico divisivo y, por tanto, descendente, a ser un método mixto, gracias al depurado en sentido jerárquico aglomerativo o ascendente.



Foto 1. Cultivos herbáceos de regadío. Campiña de Jerez.
Autor: Rafael Medina Borrego.

7. ARCO ATLÁNTICO DE LA DEPRESIÓN DEL GUADALQUIVIR

EL PAISAJE EN SU CONFORMACIÓN HISTÓRICA

A. La organización del espacio

En este tramo final de la Depresión, el más ancho y más deprimido, se despliega la influencia del Guadalquivir (y el Guadiana en el segmento más occidental) en una sucesión de llanuras aluviales, marismas y campiñas. En ellas se expresa paisajísticamente el desahogo con respecto a los elementos orográficamente dominantes del paisaje andaluz: los Sistemas Béticos y Sierra Morena. Sin serranías que opriman sus horizontes, constituye la parte más anchurosa y dilatada del campo andaluz. En su costa se suceden playas, suaves acantilados arenosos y dunas, con una vegetación que, aunque transformada, preserva una marcada identidad (Bejarano Palma 1997).

Se trata de un paisaje distendido, sin hitos sobresalientes, que se organiza en la extensión. Las huellas históricas son fácilmente borradas por capas sucesivas de intervención. Aquí el espesor de la memoria no estructura evidencias inmediatas para el viajero; muchos de estos paisajes manifiestan la acción modeladora de procesos relativamente recientes (reforestaciones, cultivos intensivos, malla de riego y drenaje en la marisma, entornos de colonización), que ponen en sordina trazas sutiles y casi imperceptibles de procesos anteriores. Las principales permanencias son de orden natural: la desembocadura de los principales ríos, las dunas y acantilados litorales, los cabezos de Huelva, la traza bermeja del río Tinto, el modesto fondo escénico de las colinas que suceden a la extensa planicie costera. Los elementos del paisaje antrópico histórico se diluyen en la extensión, aunque localmente marquen con su impronta porciones significativas del ámbito: las murallas de Niebla, las antiguas poblaciones de Chipiona y Sanlúcar, las torres almenaras de defensa contra berberiscos y piratas en la costa.

Desde tiempo inmemorial, las comunicaciones han sido fáciles, sin otro estorbo para el tránsito que las corrientes fluviales y las marismas. Ello hace que en su evolución histórica y poblacional este ámbito sea trimembre, organizado sobre dos ejes de comunicación ancestral: el eje que viajando por campiñas enlaza Sevilla con Huelva y Algarve; y el que une Sevilla con Cádiz. Ambos corredores eran transitados por sendas vías romanas: la que enlaza Híspalis con Ónuba, y la que bordeando por el Este el Lago Ligustino llegaba de Híspalis a Gades. Segmentando esta fluida interconexión se intercalan dos marcadas cesuras: por un lado, el tramo final del Tinto y el Odiel en torno a Huelva; por el otro, con mayor repercusión, el extenso espacio marismeño y la desembocadura del Guadalquivir. En esquema, el ámbito queda pues subdividido en la Costa occidental de Huelva, el Condado de Huelva y el entorno de Sanlúcar de Barrameda.

Figura 6: Esquema del ámbito: Costa occidental de Huelva, Condado de Huelva y entorno de Sanlúcar de Barrameda. El espacio marismeño constituye un núcleo débilmente poblado y con escasa densidad histórica.



Fuente: Atlas de la historia del territorio de Andalucía

El gran despoblamiento del área central marismeña y los riesgos que reportaba residir en la costa hacen que este ámbito no presente ciudades destacadas hasta fecha reciente. Sanlúcar es la única en rebasar la barrera de los 10000 habitantes ya en el s. XVIII; Huelva ha de esperar a 1900 para ello. Rota, Isla Cristina y Ayamonte sólo superan tal cifra a partir de 1950.

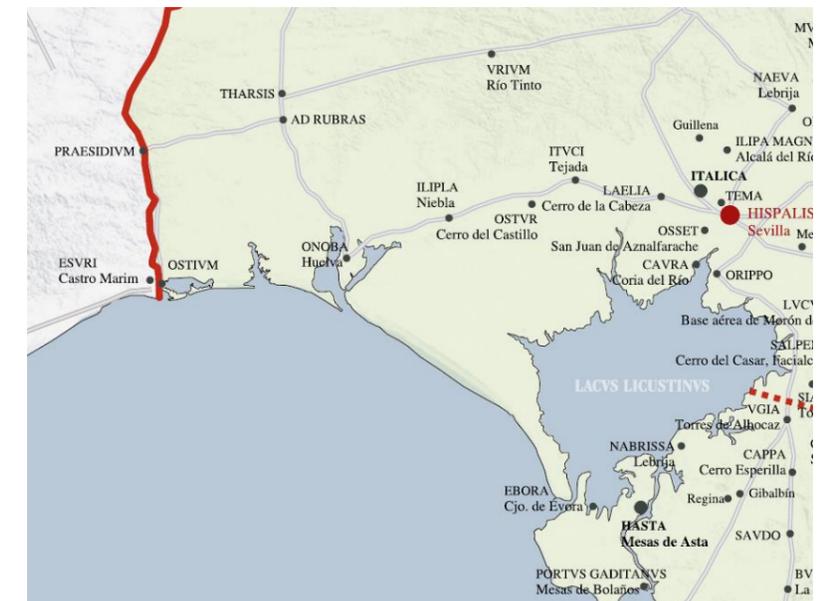
En efecto, en el último siglo, compartiendo tendencia con el resto de la España litoral, este flanco de la Andalucía atlántica viene convirtiéndose en un acumulador de población. Tanto la presencia de una población estacional asociada al veraneo, como el mayor dinamismo de algunos entornos, específicamente el polo químico de Huelva o el entorno de Sanlúcar de Barrameda, contribuyen a densificar la presencia humana. En cambio, el núcleo marismeño, con actividades (arroz, acuicultura, ganadería extensiva, usos forestales) de baja intensidad en el factor humano, es un desierto demográfico.

El gran centro funcional de toda esta área, Sevilla, ve su acceso al mar filtrado por los diversos espacios que componen el ámbito. La dependencia es mutua y ya es antiguo un modelo que consagraba el veraneo sevillano bien en las playas de Huelva o en las de Chipiona y Rota, desparramando la influencia sobre el arco que aquí nos ocupa.

En la protohistoria este ámbito se estructura en torno al antiguo *Lacus Ligustinus*, una extensa ensenada marina en la desembocadura del Guadalquivir donde, al verse obturada por un puntal o barra litoral, se puso en marcha un lento proceso de colmatación, espoleado por los aportes sedimentarios de tierras interiores gradualmente deforestadas (Arteaga, Roos y Schulz 1995). El borde litoral de dicha ensenada, rico en antiguos asentamientos, constituye la fachada principal de los intercambios comerciales que dieron razón de ser a la cultura tartésica.

En época romana, todo el ámbito queda englobado en la provincia Bética (Padilla Monge 1989): la parte que queda a occidente del Lago Ligustino pertenece al convento jurídico hispalense, mientras que la parte litoral a oriente del lago es del convento gaditano. No hay núcleos urbanos destacados, con alguna excepción: Ónoba da lugar a Huelva; *Ostur* se sitúa entre Villalba del Alcor y Manzanilla; *Ilipla* es la actual Niebla; *Iptuci* en Tejada la Nueva (Escacena); *Ebora* (Sanlúcar de Barrameda) (<<http://www.uhu.es/ciudadesromanas>>). La pertenencia a la Bética se mantiene durante el tránsito del Alto al Bajo Imperio.

Figura 7. El ámbito en la Bética romana, en torno al Lago Ligustino.



Fuente: Atlas de la historia del territorio de Andalucía

Todo el arco atlántico vive tras el establecimiento del dominio visigodo en el s. V en la mayor parte de la Península una efímera dependencia, al ingresar en la *Provincia Spaniae* del imperio Bizantino, que abre el litoral a influencias orientales, recapitulando en parte una historia de dependencias ya iniciada en tiempos tartésicos. En el primer cuarto del siglo VII la provincia bizantina desaparece. La monarquía visigoda se consolida, preservando el esquema, heredado de los romanos, de la provincia Bética, ahora una jurisdicción eclesiástica con sede metropolitana en Híspalis.

Con la dominación árabe, un nuevo esquema territorial empieza a activarse (Arjona Castro 1980). El ámbito pasa a depender de tres centros urbanos; en el extremo oriental, la cora de *Shiduna* (Sidonia) tiene su capital en *Qalsana* (actual despoblado entre Arcos y Jerez); el entorno del Guadalquivir es de la cora de *Ishbiliya* (Sevilla); en coincidencia con la actual delimitación provincial, a occidente da comienzo la cora de *Labla* (Niebla), que se extiende hasta el Guadiana. Ya está latente en esta organización el actual divorcio entre los respectivos *hinterlands* del litoral onubense y el gaditano, que ven sus destinos separados por la potente cuña del tramo bajo del Guadalquivir.

Figura 8. Coras del arco litoral en el s. X.



Fuente: Atlas de la historia del territorio de Andalucía

Con la descomposición del califato de Córdoba a principios del s. XI, la estructura territorial en nuestro ámbito se mantiene aproximadamente intacta durante los reinos de Taifas (ca. 1030). La cora de Labla se escinde en un reino de Huelva y otro de Niebla; la de Sevilla mantiene su territorialidad inalterada en el tramo bajo del Guadalquivir; la de Sidonia pasa a gravitar en torno a Arcos de la Frontera. Poco después, tras la toma de Toledo por los cristianos en 1085, Sevilla expande su reino a costa de los principados vecinos, haciéndose con la totalidad de las tierras pertenecientes al ámbito.

La incorporación a la Corona de Castilla tras la conquista cristiana va a incorporar todo el ámbito al Reino de Sevilla (Niebla es reconquistada en 1262), que da continuidad territorial aproximada al correspondiente reino musulmán, y que perdura sin grandes cambios hasta el final del Antiguo Régimen (finales del s. XVIII) (Cano García 1991; Falcón Márquez 1988). La propiedad de la tierra se reorganiza, de la mano de una intensa actividad repobladora (González Jiménez 1988). Al comienzo de la conquista, casi todo el ámbito es de tierras de realengo, con exiguas excepciones en torno a Ayamonte y Huelva. Pero a finales de la Edad Media, la señorialización ha avanzado vigorosamente en todo el litoral, con lo que la mayor parte del arco litoral objeto del presente estudio pertenece al condado de Niebla (Collantes de Terán 1979). En lo eclesiástico, el ámbito se engloba dentro de la Archidiócesis de Sevilla.

La conquista cristiana potencia la actividad portuaria en el ámbito: una atarazana es construida en Huelva, y el puerto de Sanlúcar cobra una importancia creciente.

Figura 9. Realengos y señoríos en el s. XVIII (en azul los señoríos).



Fuente: Atlas de la historia del territorio de Andalucía

Ya en 1833, la división provincial de Javier de Burgos configura las tres provincias en que se divide el ámbito: Huelva, Sevilla y Cádiz, cuyos límites coinciden aproximadamente en esta fachada litoral con los que separaban a las antiguas coras de Niebla, Sevilla y Sidonia. Curiosamente, la efímera provincia marítima de Sanlúcar (1804-1808) abarca un territorio que en gran parte coincide con el ámbito objeto del presente estudio, extendiéndose desde Rota a Ayamonte.

B. Los usos del suelo y el paisaje

Los inicios de la agricultura en el ámbito probablemente fueron marginales, dada la vocación principal de esta franja como entrefase litoral entre el mar onubense y su *hinterland* minero (parte occidental), o entre el mar gaditano y su *hinterland* de campiñas donde alternaría la llamada tríada mediterránea: trigo, vid y olivo (parte meridional). El Lago Ligustino constituiría una cómoda plataforma de comunicación para la exportación de los productos agrícolas de Híspalis y su fecundo entorno. Durante la época romana, en la parte onubense, olivares y viñedos probablemente fueron marginales, retazos de un mosaico en un campo dominado por manchas boscosas, matorral y marismas (Sáez Fernández y García-Dils de la Vega 2006).

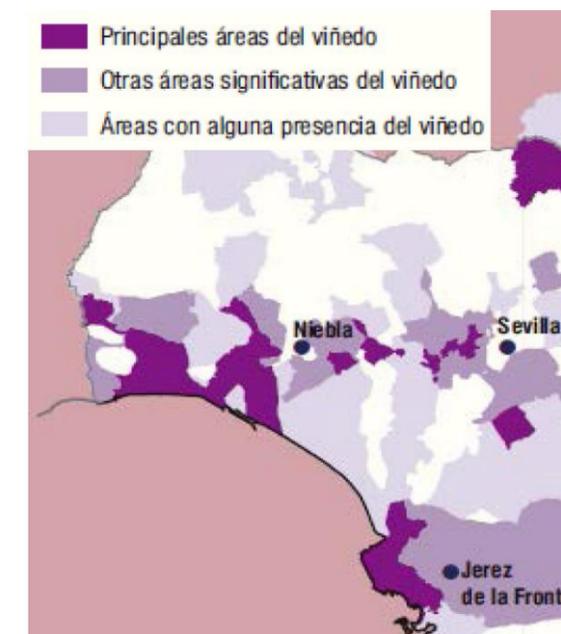
La estructura productiva del ámbito bajo la dominación musulmana no debió de alterar en gran medida este esquema. Con la colmatación total del antiguo lago, se abre un extenso espacio de pastos y bosques, de orientación ganadera y cinegética y muy escasamente poblado, que se dilata desde la desembocadura del Guadalquivir a la del Odiel. Las primeras colinas, en el eje de Huelva a Niebla y el Aljarafe, muestran probablemente un mosaico de cultivos leñosos (olivos, higueras, vides),

con retazos de cereal y alguna huerta en vegas cercanas a los núcleos urbanos. Con arreglo a una tradición que ya describen los clásicos romanos, la vid se cultivaría como trepadora, sobre postes o árboles.

El Medioevo cristiano prolonga el modelo territorial. La creciente afición cinegética revaloriza el entorno de Huelva como cazadero destacado, mientras que los usos ganaderos se mantienen y refuerzan (Carmona Ruiz 1998). Las ferias en Gibraleón (desde 1323), Niebla (1336), La Palma y Sanlúcar (1300) activan el comercio y potencian las comunicaciones interiores al ámbito.

Ya en el s. XVI, con una fuerte expansión en el s. XVII, empieza a especializarse el entorno de Huelva y el de Sanlúcar-Jerez en un cultivo impulsado por el tráfico con las Indias, el de la vid (Iglesias Rodríguez 1995). Los puertos de Ayamonte, Lepe, Cartaya, Gibraleón, Huelva, Moguer, Palos, Sanlúcar y Chipiona dan salida a los productos exportados. Acompañando a este cultivo aparecen lagares y haciendas con almazaras, que organizan la producción olivarera. Su presencia siembra el paisaje de hitos cuyo interés arquitectónico se une a temas reiterados como la torre, el mirador, palmeras y otros árboles de recreo, componiendo una signatura que impregna los horizontes. En el viñedo del extremo gaditano el parcelario es más reducido, con una red densa de veredas y pequeños caseríos y casetas de guarda-viñas.

Figura 10. Áreas de viñedo (s. XVIII-XIX).

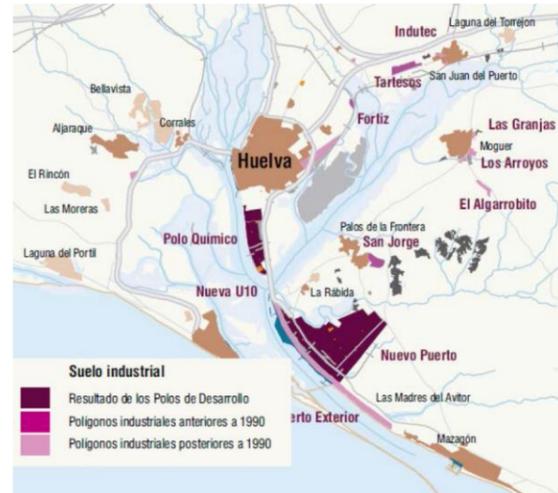


Fuente: Atlas de la historia del territorio de Andalucía.

Los pinares piñoneros del borde litoral en la costa de Huelva tienen origen antiguo, aunque su replantación en formación densa, en detrimento de los primitivos sabinars, enebrales y alcornoques, parece consolidarse en torno al s. XVIII.

La industrialización del s. XIX apenas toca este ámbito, aunque el puerto de Huelva adquiere una nueva fisonomía con los muelles destinados a la salida de mineral de la franja pirítica (Mojarro Bayo 2010). Las grandes transformaciones habrán de esperar al franquismo, cuando se establece el Polo Químico de Huelva (1964-1974), con un denso entramado de empresas del sector químico (ácido sulfúrico, abonos, refino de crudo), modificadoras de la silueta urbana, la red de comunicaciones y la atmósfera del entorno (Fourneau y Santos Bravo 1978).

Figura 11. El Polo Químico de Huelva.



Fuente: Atlas de la historia del territorio de Andalucía

Previamente, la instalación de la Empresa Nacional de Celulosas (ENCE) había potenciado la masiva repoblación con eucaliptos, factor que introdujo modificaciones sustanciales en el paisaje del entorno marismeño (Márquez Fernández 1977; Fourneau 1980; Gómez Cruz 1991). El eucaliptal, arboleda aromática de veloz crecimiento, introduce una insólita verticalidad en el paisaje, desplaza las especies del matorral primitivo, y cubre el suelo con una andrajosa alfombra de cortezas y hojas que no llegan a incorporarse al humus.

A partir de los años cincuenta y sesenta del s. XX, la colonización de nuevas tierras para el regadío va a alterar significativamente el litoral de Huelva. Los embalses de la sierra y la apertura de innumerables pozos permite el cultivo intensivo, una transformación que roe los pinares litorales, estrecha el cerco a los pastos y matorrales de Doñana, y que se ve agudizada con la posterior expansión de los cultivos bajo plástico (fresas, arándanos y otros frutos) y los cítricos sobre suelos arenosos regados por goteo (Arenas et al. 2009; Consejería de Agricultura y Pesca 2011). Marginalmente, las transformaciones del espacio que avanzan por la marisma sevillana, en el Bajo Guadalquivir, van a tocar el borde de nuestro ámbito (Reguera Rodríguez 1986).

Simultáneamente se registra una intensa expansión del espacio turístico costero, que altera radicalmente todo el borde litoral, con la única excepción, salvada in extremis, de una parte de la costa onubense, entre Mazagón y Sanlúcar, donde sin embargo se consintió la grave y desatinada intrusión de Matalascañas.



Foto 1. Campiña de Jerez.
Autor: Rafael Medina Borrego.



Foto 2. Condado de Huelva.
Autor: Rafael Medina Borrego.