



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**ANALISIS DE LOS APROVECHAMIENTOS  
DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA  
UNIDAD HIDROGEOLOGICA  
ALMONTE-MARISMAS**



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

35767

## I N D I C E

	Pag.
1. INTRODUCCION .....	1
2. ANALISIS CONCEPTUAL .....	3
2.1. Introducción .....	3
2.2. El concepto sobreexplotación en relación con la ley de aguas ...	8
3. SISTEMA ACUIFERO ALMONTE-MARISMAS .....	22
3.1. Encuadre geográfico .....	22
3.2. Encuadre socioeconómico .....	24
3.3. Encuadre geológico .....	27
4. HIDROGEOLOGIA .....	32
4.1. Balance de agua subterránea ....	34
5. ECOLOGIA DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA ..	36
5.1. Las dunas móviles .....	40
5.1.1. Procesos que controlan el desarro- llo de los ecosistemas de dunas .	45
5.1.2. Importancia de las dunas en la conservación .....	50
5.2. Las arenas estabilizadas .....	52
5.2.1. Procesos que controlan el desarro- llo de los ecosistemas .....	55
5.2.2. Importancia de las arenas estabili- zadas para la conservación .....	76
5.3. La Marisma .....	81
5.3.1. Relaciones hídricas e interés con- servacionista .....	82
5.4. Conclusiones .....	88

	Pag
6. PROBLEMAS QUE PRESENTA LA UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA .....	96
7. ANALISIS DE LOS APROVECHAMIENTOS DE LOS ACUIFEROS .....	98
7.1. Aprovechamientos agrícolas .....	98
7.2. Determinación de una superficie agrícola tipo .....	107
7.3. Estudio económico de la hectárea tipo .....	111
7.4. La economía agraria a nivel de sistema acuífero .....	115
8. EVALUACION DE LOS APROVECHAMIENTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA UNIDAD ALMONTE-MARISMAS .....	119
9. RESUMEN Y CONSLUCIONES .....	122
ANEXO N° 1 ESTUDIO ECONOMICO DE LOS CULTIVOS MAS REPRESENTATIVOS .....	124
ANEXO N° 2 CALCULO DE LOS COSTES DE ENERGIA PARA EL RIEGO .....	125
ANEXO N° 3 ESTUDIO ECONOMICO .....	127
10. BIBLIOGRAFIA .....	133

## 1. INTRODUCCION

Cuando un acuífero o zona de acuífero está sobreexplotado o en riesgo de estarlo. La legislación vigente faculta al organismo de cuenca para que imponga una ordenación de todas las extracciones de agua que le afecten, con el objetivo de lograr una explotación racional del mismo.

El Reglamento que desarrolla la Ley relaciona el término sobreexplotación con el de los aprovechamientos existentes, pero no indica lo que se debe entender con este concepto, ni si deben ser ilimitados en el tiempo o, por el contrario, de una duración finita.

Una interpretación adecuada de lo que se debe entender por aprovechamientos es, sin embargo, fundamental para que se pueda aplicar correctamente la legislación actual.

El procedimiento a seguir por el Organismo de cuenca antes de que un acuífero o zona de acuífero está sobreexplotado o en riesgo de estarlo, incluye la solicitud de un dictamen al Instituto Tecnológico GeoMinero de España. El ITGE, consciente de la responsabilidad que le confiere la Ley, ha elaborado con la colaboración de AURENSA este estudio, cuyo objetivo es doble: Por una parte profundizar el significado del concepto sobreexplotación y por otra aplicar los resultados obtenidos a acuíferos españoles que presenten problemas relacionados con la extracción de agua subterránea y determinar si la existencia de esos problemas aconseja o desaconseja que el acuífero se declare sobreexplotado.

Esta memoria corresponde a la aplicación del concepto a la unidad Almonte-Marismas del sistema acuífero nº 27. Se ha dividido en dos partes fundamentales. En la primera se describe y razona lo que se entiende por sobreexplotación y

en la segunda se aplica el concepto a la situación actual de este acuífero.

En la elaboración del mismo ha intervenido por el ITGE los Sres. López Geta como Director del Proyecto y Martín Machuca como Director de la Oficina Técnica del ITGE en Sevilla. Por AURENSA, López Vílchez como Responsable del Proyecto, Martínez Almeida y Soria Torres en el Estudio Económico y Agronómico, García Novo en el estudio ecológico y Zuazo Osinaga en la Hidrogeología.

Los autores expresan su agradecimiento a los investigadores del Proyecto Donagua que han facilitado información aún sin publicar y han ofrecido interesantes sugerencias en la preparación de este trabajo: Julia TOJA, José BENAVENTE, José Carlos MUÑOZ, Manuel OLIAS, María ZUNZUNEGUI, Narciso MAZUELOS, Teresa LOPEZ, Yon JAUREGUI, Laura SERRANO, Franjo de CASTRO y María Cruz DIAZ BARRADAS.

Igualmente los autores expresan su agradecimiento a la Dirección General de Obras Hidráulicas del MOPU por las facilidades ofrecidas para la realización del Proyecto Donagua.

Es también obligado el reconocimiento al IARA, a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Patronato del Parque Nacional de Doñana, ICONA y Consejo Superior de Investigaciones Científicas por el apoyo prestado en diferentes fases de este Proyecto.

## **2. ANALISIS CONCEPTUAL**

### **2.1. Introducción**

En este epígrafe se analiza el término sobreexplotación y la relación que presenta con la recarga, con la explotación y con las reservas de los acuíferos, así como la influencia que otros parámetros no hidrogeológicos pueden tener con el mencionado concepto, y que a veces son de mayor importancia que los primeros.

El Preámbulo de la Ley de Aguas de 1.985 indica: "El agua es un recurso natural escaso, que debe estar disponible en función de las directrices de la planificación económica, de acuerdo con las previsiones de la ordenación territorial y en la forma que la propia dinámica social demanda.

Esta disponibilidad debe lograrse sin degradar el medio ambiente en general, y el recurso en particular, minimizando los costes socio-económicos y con una equitativa asignación de las cargas generadas por el proceso, lo que exige una previa planificación hidrológica y la existencia de unas instituciones adecuadas para la eficaz administración del recurso en el nuevo Estado de las Autonomías".

En el artículo 1, (Título Preliminar) se indica que "el objeto de la Ley es la regulación del dominio público hidráulico, del uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado en materias relacionadas con dicho dominio en el marco de las competencias delimitadas en el artículo 149 de la Constitución".

Estas competencias se someterán a los siguientes principios

(Título II: De la Administración Pública del Agua. Capítulo primero: Principios Generales. Artículo 13):

- 1º Unidad de gestión, tratamiento integral, economía del agua, desconcentración, coordinación, eficacia y participación de los usuarios.
- 2º Respeto de la unidad de la cuenca hidrográfica, de los sistemas hidráulicos y del ciclo hidrológico.
- 3º Compatibilidad de la gestión pública del agua con la ordenación del territorio, la conservación y protección del medio ambiente y la restauración de la naturaleza".

El ejercicio de estas competencias se hará a través del Consejo Nacional del Agua (Artículos 17 y 18) y de los Organismos de cuenca (Artículos 19 a 34).

La explotación actual de los recursos de agua subterránea en España se caracteriza, entre otros, por los dos rasgos siguientes:

- a) Ausencia de una planificación hidrológica previa a la extracción de aguas subterráneas. Las extracciones se han localizado, principalmente, en función de las necesidades y, en general, sin considerar la globalidad del acuífero.
- b) Prácticamente el 20% del agua consumida en España es de origen subterráneo (unos 5.000 hm<sup>3</sup>/año). De esta cifra, más del 85% se emplea en agricultura y, de la empleada en abastecimiento público, se benefician aproximadamente el 70% de los núcleos de población.

Ante esta situación, es lógico suponer que el desarrollo de la regulación del dominio público hidráulico y del uso del agua subterránea que señala la Ley, será una labor compleja y que precisará un período de tiempo dilatado.

En la situación actual existen problemas sobre la explotación de acuíferos que surgen de la ausencia de una planificación previa. No hay que olvidar que este concepto no se incluía en la antigua legislación.

Entre estos problemas se pueden destacar tres que son, quizás, los más acuciantes:

- Afecciones a espacios naturales protegidos (Preámbulo de la Ley, artículos 13, 38.1, 40.d, 41.2, 103)
- Procesos de avance importante de la intrusión salina (artículo 91).
- Situaciones de sobreexplotación de acuíferos (artículos 26, 54, 56).

Resolver estas situaciones conflictivas parece que ha de ser una misión prioritaria de la Administración del Estado, a tenor de las facultades que le confiere la legislación actual.

Los tres problemas planteados en el punto anterior surgen, obviamente, como consecuencia de la explotación del acuífero. Hay que señalar que la importancia que puede tener la relación extracción de agua frente a recarga, es muy distinta en los tres casos considerados, pudiendo ser el factor determinante para paliar el problema, no la cuantía global de las extracciones, sino la localización de las mismas.



Así, en acuíferos costeros, un volumen determinado de extracción podría afectar a todos los sondeos si se localizasen en una franja próxima al mar; o a ninguno, si estuvieran a mayor distancia.

De igual modo, en un acuífero que incluya espacios naturales protegidos, y en el caso de que la existencia de éstos dependa de la posición del nivel freático, la afección de las extracciones dependerá de la separación que exista entre éstas y el espacio natural.

En otros casos pueden ser de gran importancia factores diferentes, tales como los económicos. Este podría ser el caso de un acuífero en el que, como resultado de las extracciones, se pudieran deprimir mucho los sondeos. La explotación podría llegar a ser inviable como consecuencia del incremento de los costes de elevación del agua.

Los supuestos indicados, aunque son casos extremos, evidencian que distintos tipos de explotación pueden ocasionar consecuencias no deseadas y que, lógicamente, lo primordial no es el tipo de explotación, sino las consecuencias producidas.

En el lenguaje aceptado por prácticamente todos los medios de comunicación, se admite para el término sobreexplotación de un acuífero una única acepción: una forma de explotación que origina resultados perjudiciales y que por tanto hay que evitar.

No parece adecuado cambiar este significado; más lógico es asumirlo y que los hidrogeólogos restrinjan su empleo a esa acepción.

Los criterios hidrogeológicos que condicionan la declaración de sobreexplotación, aún siendo importantes, no son exclusivos ni deben ser los únicos a considerar, y ello por muchas razones, como pueden ser las siguientes:

- Los estudios hidrogeológicos que permiten definir parámetros tales como recarga, volumen almacenado, extracción, etc, se basan en observaciones que a veces no permiten una cuantificación exacta de los mismos.
- La evolución en el tiempo de niveles en los piezómetros, el parámetro hidrogeológico más utilizado, es un proceso dinámico. Las series de datos disponibles son cortas en el tiempo y, con gran frecuencia, unos pocos años húmedos hacen cambiar drásticamente la tendencia obtenida a partir de los datos de años anteriores más secos.
- El avance de la interfase agua dulce-agua salada es un proceso igualmente dinámico. La degradación de la calidad del agua subterránea, en una franja costera, responde a una nueva situación de equilibrio. La solución acertada no conlleva, necesariamente, una disminución de las extracciones, bastando en muchos casos con una redistribución de las mismas.

Parece por tanto lógico que si un acuífero o zona de acuífero está sobreexplotado se utilicen, además de los parámetros hidrogeológicos, otros distintos, fundamentalmente socio-económicos. Estos últimos son fácilmente relacionables con el concepto aprovechamiento, utilizado en el artículo 171.2 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico\* para definir la sobreexplotación.

---

\* Cuando se cita el Reglamento está referido al del Dominio Público Hidráulico, publicado en el BOE nº 103 del 30 de abril de 1.986.

## **2.2. El concepto sobreexplotación en relación con la Ley de Aguas.**

El término sobreexplotación no aparece claramente reflejado en legislaciones de otros países. En España, el Artículo 54.1 de la Ley de Aguas y el 171.1 del Reglamento, dicen: "El Organismo de cuenca competente, oído el Consejo del Agua, podrá declarar que los recursos hidráulicos subterráneos de una zona están sobreexplotados o en riesgo de estarlo, debiendo a la vez imponer una ordenación de todas las extracciones para lograr su explotación más racional y proceder a la correspondiente revisión del Plan Hidrológico".

El Reglamento, en el Artículo 171.2, indica: "Se considerará que un acuífero está sobreexplotado o en riesgo de estarlo cuando se está poniendo en peligro inmediato la subsistencia de los aprovechamientos existentes en el mismo, como consecuencia de venirse realizando extracciones anuales superiores o muy próximas al volumen anual medio de los recursos anuales renovables, o que produzcan un deterioro grave de la calidad del agua.

La existencia de riesgo de sobreexplotación se apreciará también cuando la cuantía de las extracciones, referida a los recursos renovables del acuífero, genere una evolución de éste que ponga en peligro la subsistencia a largo plazo de los aprovechamientos".

Los artículos 171.2 del Reglamento y el 54.1 de la Ley incluyen una serie de conceptos cuyo significado es preciso analizar, para encuadrar adecuadamente el término sobreexplotación. Son los siguientes: aprovechamientos, extracciones anuales, recursos anuales renovables, calidad del agua y ordenación de extracciones.

El primero, "aprovechamientos", es el que permite definir si un acuífero, o zona de acuífero, está sobreexplotado o en riesgo de estarlo. Es un término que carece de significado hidrogeológico ya que se relaciona con el beneficio en sentido amplio. Es decir, se refiere a los resultados económicos, sociales, ecológicos, ambientales, políticos, etc. que se obtienen del provecho del agua subterránea.

Una característica a destacar del "aprovechamiento", es que depende del tiempo. Si es ecológico, deberá mantenerse indefinidamente, por lo que la restante explotación del acuífero deberá adaptarse a la consecución de este fin. Por el contrario, si es económico, será preciso evaluar el tiempo mínimo en el que hay que mantener el "aprovechamiento" para alcanzar la rentabilidad correspondiente. En base a ese tiempo se determinará si el acuífero puede suministrar agua en cantidad, calidad y precio adecuado, para satisfacer las demandas correspondientes.

Los otros términos indicados en la Ley y en el Reglamento tienen un carácter más hidrogeológico. No se emplean para definir la sobreexplotación, sino que son consecuencias de la misma o son medidas a tomar cuando se produce sobreexplotación.

Por "extracciones anuales" debe entenderse la explotación del acuífero o zonas de acuífero. Aunque el Reglamento no lo indica, hay que relacionarlas con el volumen medio del agua almacenada en el propio acuífero. A este respecto, es obvio que no son comparables dos acuíferos en cuanto a capacidad de regulación hídrica si, con idénticas recargas, extracciones, distribución de explotaciones, etc, en uno de ellos el volumen almacenado es del mismo orden que la recarga de un año y en el otro es de un orden varias decenas superior.

Los términos "recursos anuales renovables" y "calidad del agua" son suficientemente precisos, por lo que no se les añade ningún comentario.

Por último, la "ordenación de las extracciones" definida en la Ley, es el mecanismo que hay que adoptar para corregir, o al menos minimizar, los efectos indeseables que se producen o pueden producirse como consecuencia de la sobreexplotación. La "ordenación de las extracciones" implica la redistribución de los puntos de agua del acuífero (sondeos, pozos), así como la del caudal extraído en cada uno de ellos en función del tiempo. Es un concepto que implica tanto al espacio geográfico como al tiempo y que tiene por objetivo conseguir una nueva morfología de la superficie piezométrica, que sea acorde con las necesidades de los aprovechamientos y las características hidrogeológicas del acuífero.

El término sobreexplotación está, pues, estrechamente ligado al de aprovechamiento, de modo que aquella sólo se produce cuando se pone en peligro éste último.

Cuando el agua se usa en un aprovechamiento económico-social, la complejidad del análisis de la situación que se presenta es muy grande, por lo que conviene profundizar en el significado del término y las implicaciones que conlleva.

El problema se debe plantear de modo que relacione la riqueza generada por la explotación del acuífero - tanto en términos de producción económica como de beneficios de orden social - con la explotación del agua. Sólo cuando el resultado obtenido sea desfavorable habrá que considerar que el acuífero está sobreexplotado.

La sobreexplotación es posible que se presente cuando se explota un acuífero sin que se haya llevado a cabo una planificación previa. Es un problema que puede existir en la actual situación española y que hay que estudiar. Para ello habrá que determinar si, en las actuales condiciones económicas, está justificado que se continúe el consumo de los actuales caudales en los acuíferos en los que las extracciones de agua subterránea presentan problemas de cualquier índole. En caso positivo, la extracción del recurso debería considerarse tan deseable como la de cualquier otro posible aprovechamiento que sea, también, limitado en el tiempo.

En términos generales, la explotación de un volumen medio anual superior al de la recarga media del acuífero y que, por tanto, incluya parte de las reservas debe considerarse como una situación técnicamente posible. Esta presentará una dinámica distinta en la evolución de los niveles piezométricos, en función de las características específicas de recarga-descarga-explotación de cada acuífero. Si el interés general dispone la conveniencia de una explotación que pueda exceder la recarga anual media, el estudio económico deberá, como en cualquier otro supuesto de inversión, determinar:

- el interés durante un período útil suficiente para la amortización de los capitales impuestos,
- el beneficio local,
- los intereses generales satisfechos,
- las consecuencias previsibles de la disminución progresiva de las disponibilidades de agua.

Una vez estudiadas las circunstancias en que se produce cada explotación y bajo el prisma de la prevalencia del interés general sobre el particular, es necesario considerar si se están utilizando adecuadamente los recursos disponibles en su totalidad con un concepto de globalidad de gestión, toda vez que resulta difícil, las más de las veces, llevar a cabo una estricta separación en los balances de los volúmenes que se pueden extraer a diferentes cotas y, más complejo, separar las interrelaciones económicas que se dan dentro del país, entre las diferentes comarcas y provincias.

En el concepto sobreexplotación prevalece la defensa de los aprovechamientos existentes, lo que no debe interpretarse como la de cada uno de ellos. Atendiendo al preámbulo de la Ley, los recursos hídricos deben estar subordinados al interés general, prevalente sobre los intereses individuales. Es, por tanto, al que hay que referir el término "aprovechamiento", que habrá que extender a la totalidad del acuífero o de la zona a considerar.

Si en un momento determinado, y en virtud de criterios de economía general, pudiera considerarse deseable la explotación hasta cualquier límite de un acuífero, por encima de los intereses particulares, parece evidente que esos mismos intereses generales deben ser vinculantes para la propia Administración, pero no para gestionar el acuífero reduciendo simplemente el gasto, como si de una economía doméstica se tratara, sino para una gestión del conjunto de la economía del agua en las condiciones óptimas de rentabilidad social.

En resumen, las circunstancias que deben analizarse antes de llegar a declarar un acuífero "sobreexplotado" pueden ser entre otras las siguientes:

- **Interés social** prevalente sobre los posibles intereses particulares afectados negativamente por la supuesta sobreexplotación.
- **Condiciones económicas** que justifiquen la explotación técnica del recurso renovable y total o parcialmente de sus reservas, considerando los resultados globales una vez finalizado el período útil de aprovechamiento.
- **Evaluación de las disponibilidades hídricas, tanto superficiales como subterráneas, así como de las posibilidades técnico-económicas para recargar, suplementar o mezclar aguas de distinta procedencia, con objeto de optimizar la gestión conjunta del agua.**

A tenor de las acepciones señaladas para los conceptos definidos anteriormente, la redacción del artículo 171.2 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, resulta ambigua por prolija y, paradójicamente, por incompleta, como se indica después. Sería más correcto eliminar la enumeración de consecuencias hidrogeológicas que se relacionan con la sobreexplotación, ya que las incluidas presentan, entre otras, las siguientes incongruencias:

- No son aplicables para acuíferos con pocas reservas.
- Eliminan la posibilidad de realizar una "minería" del agua.
- No consideran la posibilidad de aquellos usos del agua, como son aprovechamientos ecológicos, que precisan que la superficie piezométrica permanezca estable entre cotas determinadas.



El artículo 171.2 señala una segunda causa que puede poner en peligro los aprovechamientos. Se produciría cuando por la localización de las extracciones, la cuantía de las mismas o en función de ambas, se produjese un deterioro grave de la calidad del agua.

El Reglamento conecta así, con buen criterio, dos artículos de la Ley de Aguas: el 54.1, que hace referencia a la sobreexplotación y el 91, que se refiere a la intrusión de aguas salinas. El primero pertenece al Título IV, "De la utilización del dominio público hidráulico", capítulo II, "De los usos comunes y privativos", y el segundo al Título V, "De la protección del dominio público hidráulico y de la calidad de las aguas continentales", capítulo I, "Normas generales". Ahora bien, el capítulo V del mencionado título, denominado "De las zonas húmedas", en el apartado 4 del artículo 3, encarga a los Organismos de cuenca y a la Administración competente la protección eficaz de aquellas zonas húmedas que tengan interés natural o paisajístico.

Implicítamente asume la Ley que las zonas húmedas constituyen aprovechamientos que, por tanto, hay que proteger. Consecuencia inmediata es que, si la explotación del acuífero o zona de acuífero las pone en peligro, habrá que declararlo sobreexplotado.

Esta interpretación incide, de nuevo, en la redacción del artículo 171.2 del Reglamento, ya que los aprovechamientos se pueden poner en peligro porque las extracciones sean del orden o mayores que la recarga o por degradación de la calidad. Pero además, en determinados casos, por cambios en la posición de la superficie piezométrica. Parece por tanto más correcto, o bien enumerar todas las causas que puedan poner en peligro los aprovechamientos o, lo que es más adecuado, suprimirlas todas y que sea el Organismo de cuenca

quien las decida.

### **2.3. Metodología**

Con objeto de avanzar criterios concretos que permitan establecer si, en los casos en los que existan problemas relacionados con la explotación de acuíferos, éstos responden verdaderamente a usos abusivos o injustificados que deben o debieran evitarse, se ha utilizado la siguiente metodología:

#### **a. Conocimiento del acuífero:**

Descripción. Encuadre geográfico, determinación de su superficie de influencia y términos municipales afectados. Características hidrogeológicas, reservas, recursos útiles y grado de explotación del acuífero.

Datos conocidos sobre su explotación con fines agrarios, urbanos, industriales o lúdicos. Condiciones del aprovechamiento en cuanto a niveles piezométricos medios y extremos, así como calidad química del agua.

Datos de explotación en su evolución temporal, al objeto de poder determinar los efectos de la misma sobre el acuífero, los descensos medios anuales y las variaciones producidas en la calidad del agua, así como su influencia en los espacios naturales protegidos. Estos datos se han obtenido, principalmente, de los estudios realizados por el ITGE.

**b. Demografía:**

Datos de población de la zona y evolución durante todo el período de explotación del acuífero. A partir de ello se ha determinado la influencia que la misma ha podido tener en la fijación de población o, incluso, en el incremento del número de habitantes. Se trata de analizar también la existencia de movimientos migratorios y las variaciones en la población activa y su distribución sectorial, así como la mayor o menor incidencia de los índices de desempleo en la comarca. Estos datos citados permiten relacionar la riqueza creada por la explotación con las variaciones favorables producidas en la población, sus movimientos y su composición en cuanto a actividad, edad laboral, etc.

En general, son datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, INEM y Ayuntamientos.

**c. Estructura agraria:**

Con respecto a la superficie afectada por el riego con aguas del acuífero se ha tratado de conocer la superficie cultivada, tanto en secano como en regadío y la evolución de éste a lo largo del tiempo de explotación.

Se ha determinado el tamaño de la explotación media representativa de la zona, así como el régimen de tenencia de la tierra.

Se han obtenido los datos del INE, así como, en ocasiones, de las Cámaras Agrarias y del Servicio de

## **Extensión Agraria en sus Agencias Comarcales.**

De las mismas fuentes, así como del Anuario Estadístico de la Producción Agraria del M.A.P.A. y de sus servicios provinciales se han obtenido las principales producciones en secano y regadío, al objeto de fijar la alternativa o composición de cultivos en la explotación media.

### **d. Otras estructuras:**

En los casos en que se encuentran estructuras distintas a las agrarias que total o parcialmente son usuarias o consuntivas de agua se han solicitado datos de número de plazas hoteleras, número de pernoctaciones o incluso del movimiento de viajeros en la zona de influencia del acuífero.

También se han tomado referencias acerca de la existencia de industrias, no ya como usuarias de agua solamente, sino también bajo el supuesto de que se trate de industrias agrarias que puedan verse afectadas, tanto positiva como negativamente, por el aprovechamiento o el cese de explotación del acuífero, en cuanto constituyan economías inducidas por la explotación.

### **e. Cuentas de la explotación agraria:**

Se ha determinado el tipo de energía que predomina en los bombeos de la zona, estudiando el coste de elevación del agua en función de la altura manométrica cuando se ha considerado posible factor limitante.

Se han establecido las cuentas analíticas de gastos y productos de los cultivos integrantes. En los casos en que se ha considerado interesante estudiar la rentabilidad en función del consumo energético por variación de la altura de elevación, se ha dejado esta variable como incógnita a despejar.

El estudio económico se completa con el cálculo de las amortizaciones, tanto financieras, debidas a los capitales prestados en condiciones usuales, como técnicas o contables, destinadas a sustituir las instalaciones y construcciones llegadas al final de su vida útil. En determinados casos se ha estimado el grado de endeudamiento en que se encontraría la explotación tipo adoptada en el momento de cese forzoso en la actividad.

Los citados cálculos permiten conocer el beneficio de explotación, la disponibilidad empresarial (beneficio más sueldos y salarios percibidos por la familia, más intereses de capitales propios) y los datos de empleo creados dentro y fuera de la familia.

No se han incluido las rentas de la tierra, debido a que en todos los casos predominan las explotaciones directas a cargo del propietario, por lo que el resultado de la explotación incluye el binomio "beneficio más renta", siempre de difícil separación según el enfoque económico-político que se le pueda dar. En cualquier caso, los resultados globales no resultan afectados por quien sea el perceptor del ingreso correspondiente: si el labrador o el propietario.

Los resultados económicos, aunque referidos a las

condiciones del acuífero y a las superficies regadas en distintas épocas, se han obtenido, como es normal en la evaluación de proyectos, en pesetas constantes del año en curso.

**f. Análisis global:**

Los resultados de la empresa media se extrapolan y generalizan al conjunto de la zona de influencia del acuífero, tratando de hallar unas cifras de orden aproximado al nivel de macromagnitud que permita conocer la riqueza creada, así como el empleo generado por la explotación del acuífero, comparativamente con la alternativa de no regadío.

Para llevar a cabo el análisis globalizado de la economía generada se dispone, además de los datos anteriormente indicados en relación con la población y los obtenidos de los propios cálculos económicos elaborados, de los Anuarios Estadísticos del I.N.E. y de las publicaciones sobre la Renta Nacional de España del Banco de Bilbao-Vizcaya, así como, en algunos casos, de publicaciones de las Cámaras de Comercio, Industria y Navegación provinciales.

Aunque no en todos los casos se pueden conseguir suficientes datos como para llegar a resultados fiables útiles a los efectos del estudio, el análisis global ha pretendido evaluar o ha determinado los siguientes parámetros:

- . Interpretación económica de los movimientos y variaciones de distribución de la población.

- . Producto bruto y beneficios netos generados en el conjunto de la zona transformada.
  
- . Empleo creado en U.T.H. (Unidad de Trabajo Humano, equivalente a 240 jornadas anuales). Es interesante hacer notar que, actualmente (1.991), la inversión necesaria para la creación de un puesto de trabajo fijo es muy elevada y muy variable, pero normalmente superior a los 10 millones de pesetas por empleo fijo creado.
  
- . Grado de pleno empleo del empresario en la unidad familiar de cultivo en regadío.
  
- . Importancia de las posibles economías secundarias (industrias y derivados) en su caso.
  
- . Valor multiplicador de la riqueza creada en virtud de las economías inducidas. A falta de unas tablas INPUT-OUTPUT suficientemente desagregadas y, en su caso, comarcalizadas puede estimarse que, en términos generales, un 40% del producto bruto total ha repercutido en las economías de los proveedores de insumos; porcentaje que será variable según la capitalización que requiera cada tipo de explotación. En estudios efectuados se ha estimado que el coeficiente de beneficio de estas actividades proveedoras asciende a un 18% del valor de esas compras por los agricultores.
  
- . Referencia acerca del presumible estado general en que se encuentran los riegos de la zona en cuanto a su estado de uso amortizado y observaciones

sobre otras estructuras relacionadas con la economía desarrollada a costa del acuífero: mejoras territoriales, industrias, canales comerciales, establecimientos financieros, exportaciones y su relación con la Balanza de Pagos exterior, etc.

La evaluación y elaboración de todos los datos señalados anteriormente permite definir, en la mayoría de los casos y con suficiente precisión, la situación en que se encuentran los aprovechamientos del acuífero y por tanto determinar si la explotación del mismo produce o no efectos no deseables. Sólo en el primer caso el acuífero debería declararse sobreexplotado con el fin de iniciar el proceso de ordenación de las explotaciones señalado en la Ley.



### **3.- SISTEMA ACUIFERO ALMONTE-MARISMAS**

El sistema acuífero nº 27 incluye dos unidades hidrogeológicas denominadas: Espartinas y Almonte-Marismas. La segunda que es la estudiada en este informe presenta unos recursos subterráneos renovables del orden de 200 hm<sup>3</sup> anuales y una explotación que no alcanza el 30%.

En su interior se encuentra el Parque Nacional de Doñana, lo que le confiere una importancia singular. Como consecuencia esta unidad es, posiblemente la mejor estudiada por el ITGE, ya que la preservación del Parque es una tarea prioritaria.

En este informe se analiza la economía de los aprovechamientos agrícolas del entorno de Doñana a partir de la definición de una explotación tipo que se define con una superficie y unos cultivos representativos de los medios de los ubicados en el sistema. Se contrasta la riqueza que generan y se concluye la conveniencia de declarar sobreexplotadas determinadas zonas de la unidad a tenor de la indicado en el anterior epígrafe.

#### **3.1. Encuadre geográfico**

El sistema acuífero nº 27, definido por el I.T.G.E. en 1.970, incluye dos subunidades: Almonte-Marismas y Espartinas. Están separadas por el río Guadiamar que se comporta como eje drenante de las dos.

La subunidad Almonte-Marismas, que es la estudiada, limita al norte por los afloramientos de margas azules que coinciden, aproximadamente, con la carretera Sevilla-Huelva y con el río Tinto; por el este con el río Guadiamar, por el sur con el Guadalquivir y por el oeste con el océano Atlántico.

La subunidad tiene una superficie del orden de 2.800 km<sup>2</sup> de los que el 78% pertenecen a Huelva y el resto a Sevilla. incluye total o parcialmente los siguientes municipios: catorce de Huelva y cuatro de Sevilla.

DE HUELVA:

- Almonte
- Bollullos Par del Condado
- Bonares
- Chucena
- Hinojos
- La Palma del Condado
- Lucena del Puerto
- Manzanilla
- Moguer
- Niebla
- Palos de la Frontera
- Rociana del Condado
- Villalba del Alcor
- Villarasa

DE SEVILLA:

- Aznalcázar
- Huelva
- Pilas
- Villamanrique -  
de la Condesa

Los núcleos de población que se localizan dentro de la subunidad Almonte-Marismas son los siguientes:

DE HUELVA:

- Almonte
- Almonte-El Rocío
- Almonte-Matalascañas
- Bollullos Par del Condado
- Bonares
- Hinojos
- Lucena del Puerto

DE SEVILLA:

- Pilas
- Villamanrique  
de la Condesa

- Moguer
- Palos de la Frontera
- Rociana del Condado

Las cotas más altas se encuentran en el límite septentrional y son del orden de 150 m s.n.m. El relieve desciende hacia el sur y oeste hasta la cota cero.

Además de los ríos Guadiamar, Guadalquivir y Tinto que sirven de límites, la subunidad acuífera incluye los siguientes: Rociana y del Partido que desembocan en las marismas y el arroyo de Las Madres que lo hace en el océano. Estos ríos prácticamente se secan en estiaje.

### **3.2. Encuadre socioeconómico**

De los 18 municipios relacionados con la subunidad Almonte-Marismas al menos 15 tienen una economía deprimida. Sólo cinco (Niebla, Almonte, Hinojos, Moguer y Palos de la Frontera) superaban en 1.977 la renta media provincial (Anuario del Mercado Español. BANESTO, 1977).

La población de los núcleos de población censada en 1.986 se indica en el cuadro número 3-2-A.

CUADRO N° 3-2-A - POBLACION CENSADA EN 1.986	
Núcleo de población	N° de habitantes
Almonte	12.713
Almonte-El Rocío	1.111
Almonte-Matalascañas	718 (1)
Alzanalcazar	3.070
Bollulos Par del Condado	12.304
Bonares	4.872
Chucena	1.914
Hinojos	3.421
Huevar	2.071
La Palma del Condado	9.252
Lucena del Puerto	1.988
(1) En verano unos 80.000	
Manzanilla	2.471
Moguer	9.100
Moguer-Mazagón	2.000 (2)
Niebla	3.941
Palos de la Frontera	6.406
Pilas	10.173
Rociana del Condado	6.157
Villalba del Alcor	3.770
Villamanrique de la Condesa	3.423
Villarrasa	2.245
<b>Total</b>	<b>103.179</b>
(2) En verano unos 50.000	

En el cuadro n° 3-2-B se presenta la evolución de la población entre 1.961 y 1.989. Se observa que la tasa de crecimientos ha sido positiva en todos los municipios menos en Chucena, Manzanilla, Niebla, Villalba de Alcor y Villarrasa, en donde se detecta una ligera disminución. En el resto el incremento medio anual en el período 1.961-89 ha sido inferior al 1%, próximo al vegetativo; sólo superan este valor del 1% Almonte, Moguer y Palos de la Frontera que incrementan su población en todo este período en más del 40%.

CUADRO Nº 3-2-B - EVOLUCION DE LA POBLACION

Municipio	Años						Increme/anual en %		
	1961	1971	1975	1981	1986	1989	1989/61	75/61	89/75
Almonte	11.538	11.864	12.509	12.970	14.604	16.032	1,18	0,58	1,79
Aznalcázar	2.743	2.789	3.022	2.873	3.070	3.177	0,53	0,69	0,36
Bollullos condado	11.177	11.291	11.785	11.924	12.304	12.526	0,41	0,38	0,44
Bonares	4.671	4.740	4.729	4.822	4.872	4.882	0,16	0,09	0,23
Chucena	2.008	2.032	-	1.981	1.914	1.932	-	-	-
Hinojos	3.020	3.111	3.052	3.215	3.421	3.538	0,57	0,08	1,06
Huevar	1.944	1.903	2.030	2.016	2.071	2.096	0,27	0,31	0,23
La Palma del Condado	9.256	9.210	-	9.009	9.252	9.374	-	-	-
Lucena del Puerto	1.754	1.808	1.769	1.907	1.988	2.053	0,56	0,06	1,07
Manzanilla	2.942	3.011	-	2.583	2.471	2.498	-	-	-
Moguer	8.068	8.145	8.920	10.084	11.009	11.665	1,32	0,72	1,93
Niebla	4.191	4.156	4.041	3.922	3.941	4.017	-0,15	-0,26	-0,04
Palos de la Frontera	4.390	4.392	5.071	5.798	6.406	6.560	1,44	1,04	1,86
Pilas	8.996	9.242	9.135	9.807	10.173	10.411	0,52	0,11	0,94
Rociana del Condado	5.830	6.042	6.006	6.001	6.153	6.281	0,27	0,21	0,32
Villalba del Alcor	4.181	4.260	-	3.797	3.770	3.799	-	-	-
Villamanrique Condes	3.227	3.313	3.265	3.253	3.423	3.534	0,33	0,08	0,57
Villarrasa	2.374	2.425	-	2.310	2.246	2.257	-	-	-
									0,69

FUENTES: I.N.E.: Censos de Población de España

I.N.E.: Padrones municipales de habitantes

I.N.E.: Rectificación del Padrón Municipal de habitantes a 1 de Enero de 1988

En el cuadro nº 3-2-C se presenta la evolución del paro en la zona. Es de señalar la que presentan algunos municipios, con notorios altibajos, que pueden ser achacables a la forma en que se realizaron las encuestas antes y después de 1.986. Es posible, además, que las cifras se encuentren incrementadas por personas que, trabajando gran parte del año se acogen al subsidio agrario.

En el cuadro nº 3-2-D se señalan la distribución de la población activa. Salvo Almonte y Rociana del Condado todos los municipios aumentan la población de ocupados en el sector agrícola. En la mayoría de los municipios la tasa de ocupación en agricultura supera el 40% del total, alcanzando el 76,7% en Chucena, 74,9% en Villamanrique de la Condesa, 69,4% en Manzanilla, 67,5% en Lucena del Puerto, 65,9% en Hinojos. Las tasas más bajas se presentan en Niebla (26,6%), La Palma del Condado (28,4%) y Moguer (33,5%). Según los datos disponibles, en Niebla se ha producido en el período 1.981-86 un fuerte transvase de la industria a la agricultura. Es posible que este comportamiento no responda a la realidad y que se deba al régimen de desempleo agrario.

### **3.3. Eencuadre geológico**

El sistema acuífero esta formado por depósitos marinos del Neógeno y fluviomarinos y eólicos del Cuaternario. Se distinguen las siguiente formaciones de muro a techo del acuífero:

- **Margas azules.**- Forman la base impermeable del sistema acuífero. Afloran en el borde septentrional y presentan un ligero buzamiento hacia el sur, de modo que en las proximidades del Guadalquivir se encuentran a unos 250 m bajo el nivel del mar.

m bajo el nivel del mar.

- Limos basales.- La sedimentación de margas pasa progresivamente a margas con contenidos crecientes de arenas e incluso cambia a limos arenosos calizos. En conjunto se tiene una formación poco homogénea; bajo el Parque de Doñana se caracterizan por una alternancia de capas arenosas y lumaquelas.
- Arenas basales.- Estas arenas se superponen al tramo anterior. Entre ambos se presentan, a veces, costras ferruginosas. Constituyen el nivel acuífero más importante.
- Marismas.- Se inician con unos sedimentos groseros fluvio-marinos. A continuación continúan la sedimentación con materiales arcillosos. Esta serie se repite una vez más hasta alcanzar la situación actual. Los dos niveles detríticos groseros se unen en los bordes de las marismas.
- Playas, dunas actuales y barra costera.- Están formadas por arenas silíceas. Las dunas presentan el mayor desarrollo en el extremo meridional.
- Terrazas, manto eólico, dunas antiguas, formación roja, margas verdes y turbas.- Las terrazas se localizan fundamentalmente en el río Guadiamar. El manto eólico y las dunas antiguas están formadas por arenas blancas con potencia inferior a dos metros. La formación roja es subyacente y discordante a las arenas basales y está formada por pizarras, arenas y conglomerados. Al techo de la formación roja existen, a veces, margas verdes discontinuas. Localmente se presentan turberas.

- Aluviales. Sedimentos fluviales recientes. Limos, arcillas, arenas.

Los tramos descritos no han sufrido procesos tectónicos importantes por lo que se encuentran prácticamente subhorizontales.



CUADRO Nº 3-2-C - EVOLUCION DEL PARO

Municipio	1.981		1.986				1.987	1.988	1.989
	Ocupados	Parados	1er Empleo	Activos	Parados	Ocupados	Parados	Parados	Parados
Almonte	3.516	480	198	5.121	559	4.364	1.116	1.405	1.891
Aznalcázar	742	145	111	967	84	772	283	237	257
Bollullos Ccondado	3.031	409	387	3.902	191	3.324	966	959	687
Bonares	1.268	105	118	1.573	143	1.312	966	959	687
Chucena	-	261	-	-	190	-	228	242	126
Hinojos	658	344	66	1.174	344	764	295	244	322
Huevar	276	315	118	854	348	388	202	249	237
Palma del Condado	-	550	-	-	738	-	882	891	698
Lucena del Puerto	533	53	14	674	34	626	279	83	96
Manzanilla	-	174	-	-	178	-	215	205	126
Moguer	2.311	588	275	3.737	615	2.847	858	981	863
Niebla	866	265	-	1.000	148	852	358	341	297
Palos de Frontera	1.363	309	171	2.638	175	2.229	419	420	385
Pilas	1.982	750	664	3.871	946	2.261	815	963	857
Rociana Condado	1.389	300	123	1.942	324	1.495	561	875	757
Villalba del Alcor	-	297	-	-	137	-	233	280	163
Villamanrique de C.	581	272	94	1.223	15	1.114	250	274	212
Villarasa	-	84	-	-	163	-	213	228	193

FUENTE: I.N.E.M.: Estadísticas de Paro Registrado por Municipios

CUADRO N° 3-2-D - DISTRIBUCION Y EVOLUCION DE LA POBLACION ACTIVA POR SECTORES

Municipio	1.981				1.986			
	Agricultura	Industria	Constr.	Servicios	Agricultura	Industrias	Constr.	Servicios
Almonte	58,2	6,5	11,8	23,5	49,7	4,7	13,0	32,9
Aznalcázar	37,8	20,9	8,9	32,4	49,8	17,4	4,0	28,8
Bollullos Par del Condado	46,5	15,4	10,4	27,7	51,5	13,2	6,3	28,9
Bonares	37,9	22,9	12,8	26,4	43,9	14,7	11,3	30,1
Chucena	21,6	8,7	3,0	37,1	76,7	2,4	4,9	16,0
Hinojos	58,1	3,7	5,2	33,0	65,9	3,6	2,6	27,8
Huevar	25,5	17,6	10,7	46,2	38,8	7,3	28,8	25,0
La Palma del Condado	23,5	19,6	7,5	49,4	28,4	14,5	11,3	45,8
Lucena del Puerto	41,8	12,9	18,1	27,1	67,3	5,6	10,6	16,6
Manzanilla	39,6	28,7	5,5	26,2	69,4	12,9	2,9	14,8
Moguer	25,8	20,3	23,3	30,6	33,5	15,2	14,5	36,8
Niebla	13,5	49,5	12,0	25,0	26,6	29,8	13,5	30,0
Palos de la Frontera	21,7	32,4	16,2	29,7	48,7	18,4	8,2	24,7
Pilas	25,9	32,2	6,2	35,7	51,3	12,6	4,0	32,0
Rociana del Condado	56,6	9,1	12,5	21,8	53,7	6,9	19,2	20,1
Villalba del Alcor	46,4	16,5	7,7	29,4	53,7	8,8	10,0	27,5
Villamanrique de la Condesa	66,1	3,1	1,0	29,8	74,9	1,7	2,5	20,9
Villaras	57,6	14,4	3,6	24,4	59,0	13,5	3,5	24,0

#### 4.- HIDROGEOLOGIA

Las formaciones geológicas descritas en el apartado nº 3.3 se pueden agrupar, atendiendo a la importancia hidrogeológica, en:

- Arenas basales.- El espesor es de 80 a 100 al norte de las marismas y de hasta 200 m debajo del Guadalquivir.
- Barra costera y dunas actuales.- Tienen un espesor máximo de 60 m.
- Materiales cuaternarios detríticos localizados bajo las marismas.- La potencia varía entre 10 y 30 m.

Estos tres términos constituyen las formaciones permeables más importantes de la subunidad Almonte-Marismas.

El muro de todo el sistema lo constituyen las margas azules que aparecen a cotas de hasta 100 m s.n.m. en los afloramientos que limitan al acuífero por el norte y a unos 200-250 m bajo el nivel del mar, al sur de las marismas. El gradiente hipsométrico medio de esta formación entre esos puntos, resulta ser del orden de 5 por mil.

El conjunto de niveles permeables funciona como un acuífero libre al norte de las marismas y como un acuífero en carga bajo la misma.

La piezometría indica una circulación del agua desde el norte al sur. En la zona costera existe un alto piezométrico paralelo a la playa, de modo que parte del agua infiltrada se dirige hacia el océano y parte hacia el interior.

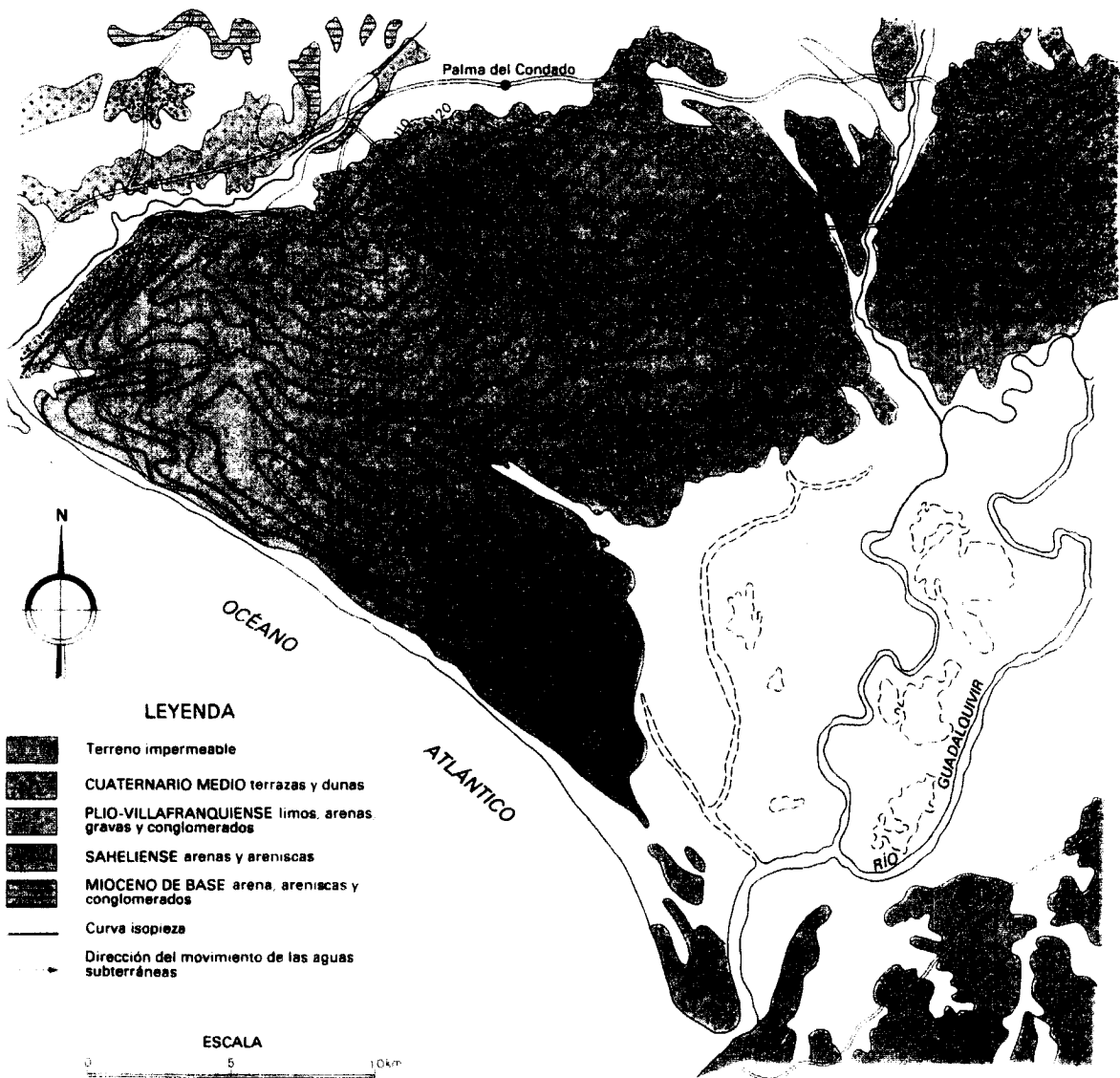
La recarga procede de la infiltración del agua de lluvia y la descarga se produce:

- por los ríos principales -(Guadiamar, Tinto, Rocina, Partido)- menos por el Guadalquivir que queda desconectado del acuífero por los niveles impermeables de las marismas,
- en la costa, directamente al océano,
- por bombeos,
- en zonas con nivel piezométrico muy superficial, por evapotranspiraciones (lagunas, eucaliptales, etc.),
- en los ecotonos que rodean a las marismas (La Vera, La Retuerta, etc.),
- directamente al mar bajo el Guadalquivir (esta hipótesis no está confirmada).

La transmisividad del acuífero aumenta desde el noroeste al sureste. En el área más septentrional suele ser inferior a  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, en la franja que rodea a las marismas del orden de  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s y en las arenas infrayacentes a las marismas superior a  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s,

Las aguas subterráneas existentes en el acuífero libre son de muy buena calidad química, con contenidos en cloruros que, en general, son inferiores a 25 ppm, los sulfatos no superan los 400 ppm y el total de sólidos disueltos los 750 ppm.

En el acuífero confinado por las marismas existe una interfase que separa aguas de parecida calidad de otras que son, prácticamente, una salmuera.



Mapa 4-A. Geología e hidrogeología del sistema acuífero 27 Almonte-Marismas.

Tomado de las aguas subterráneas en España.  
Estudio de síntesis, 1.989.

#### 4.1. Balance de agua subterránea

En base a los trabajos realizados por el ITGE se tiene el siguiente balance hídrico:

Los recursos son del orden de 250 hm<sup>3</sup> anuales, de los que 200 se infiltran y 50 escurren superficialmente.

En el año 1.982 las aguas infiltradas resurgían del siguiente modo (resultado del modelo matemático realizado):

Concepto	hm <sup>3</sup> /a
Bombes netos .....	44
Perdidas por transpiración en eucaliptales .	48
Drenaje al océano .....	38
Drenaje a ríos, arroyos .....	30
Zonas con ETR (en razón del nivel piezométrico superficial) .....	25
Drenaje a través de las marismas .....	15
<b>TOTAL .....</b>	<b>200</b>

Las reservas del acuífero se han estimado en más de 5.000 hm<sup>3</sup>, por lo que presenta una elevada capacidad de regulación de las variaciones anuales de la recarga.

Las extracciones (bombes) han variado en el tiempo. En principio se puede suponer que unos 5 a 6 hm<sup>3</sup> anuales se consumen en abastecimientos urbanos y que este valor es suficientemente constante. En cuanto a la agricultura el volumen extraído en 1.968 se estimó en 3,60 hm<sup>3</sup>, en 1.982 en 43 hm<sup>3</sup>, en 1.988 en 70 hm<sup>3</sup> y en 1.990 en 75,2 hm<sup>3</sup>. Al parecer la tendencia se ha estabilizado o incluso invertido por lo que en el futuro pudieran disminuir estas extracciones.

Del agua utilizada en abastecimientos urbanos en el interior del sistema se estima que un 80% retorna al acuífero, mientras que en agricultura lo hace entre el 18 y el 20% de la utilizada.

## 5. ECOLOGIA DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA Y SU ENTORNO

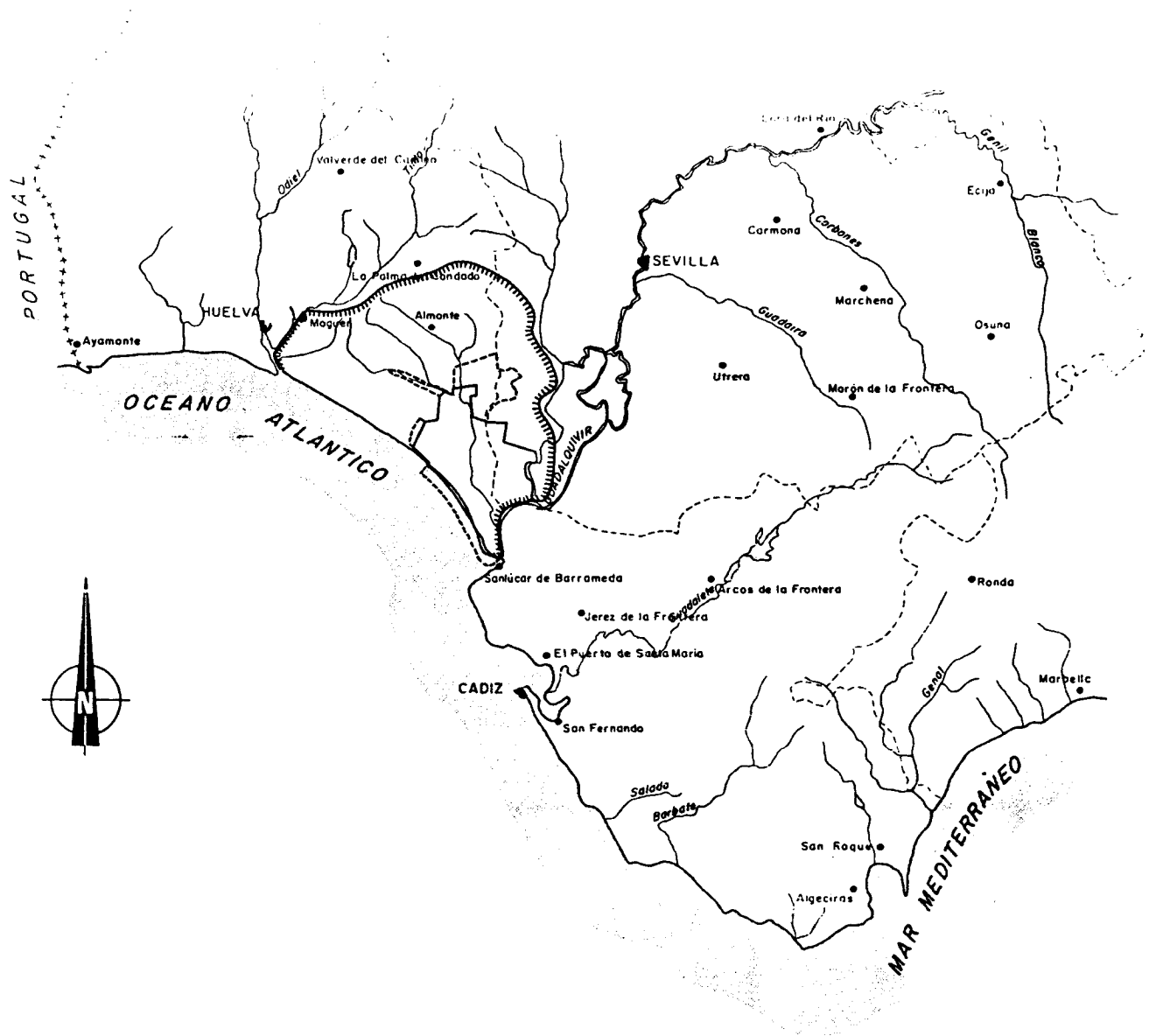
El sistema acuífero nº 27 incluye en su extremo meridional al Parque Nacional de Doñana, una de las reservas naturales más importantes de Europa.

En el Parque Nacional de Doñana creado por Ley 91/1978 (BOE 12 enero de 1979), se pueden diferenciar Parque (50.720 ha) y Preparques (26.540 ha). Figura 5-A.



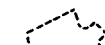
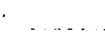
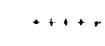
Entre los Preparques están el litoral que incluye un sector marítimo de la plataforma continental frente a la playa del Parque y las zonas de protección del Arroyo de las Rocinas desde el Puente hasta aguas arriba del Palacio del Acebrón y la banda forestal del Acebuche que corre paralela a la carretera Rocío-Matalascañas. Los Preparques Este, de la Isla Mayor, y N, de el Coto del Rey, se encuentran en una situación administrativa confusa por haber sido incluidos en el Parque Natural del Entorno de Doñana creado por Ley 2/89 de la Junta de Andalucía sobre varias superficies que rodean el Parque Nacional. El Parque Natural del Entorno incluye también el Complejo endorreico de El Abalarío con parte de las dunas de El Asperillo, sobre el litoral atlántico; los Pinares de Hinojos, junto al Preparque Norte; Entremuros del Guadiamar, Finca los Caracoles, y Brazo de la Torre junto al Preparque Este; Marisma de Bonanza y Pinar de la Algaida, estos a la margen izquierda del Guadalquivir.

Históricamente, la denominación de Doñana, que se remonta al S. XVII, corresponde aproximadamente a los límites del Parque Nacional actual, excluidas las marismas. La propiedad de la casa de Medina Sidonia, denominada "Bosque de las Rocinas" era de extensión mayor.





**LEYENDA**

-  LIMITE UNIDAD ALMONTE MARISMAS
-  LIMITE DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA
-  LIMITE DEL PREPARQUE
-  LIMITE PROVINCIAL
-  FRONTERA

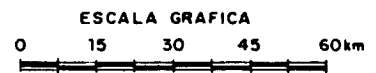


Figura 5-A. Plano general de situación.  
 Tomado de "Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno". ITGE. 1.983.

La difusión del nombre de Doñana a partir de los años 50 entre ornitólogos y de los años 70 entre ecólogos lo ha convertido en un enclave de gran interés científico, naturalista y de conservación a escala mundial. Por tal motivo se han superpuesto denominaciones y actuaciones de "Doñana" que no coinciden con el nombre histórico y se recogen en la tabla 5-A.

Tabla 5-A. Ambitos territoriales de algunas actuaciones sobre Doñana.	
Denominación	Area afectada
Parque Nacional de Doñana (Decreto, 1969)	35.000 ha
Parque Nacional de Doñana (Ley, 1979)	77.260 ha
Reserva de Biosfera del Programa MAB (1983)	55.000 ha
PDTC de Doñana (1988)	290.000 ha
Parque Natural del Entorno de Doñana (1989)	54.250 ha

En este trabajo, la denominación de Doñana se aplica a las 50.720 ha del Parque Nacional sin sus Preparques. Cuando las observaciones excedan este ámbito, se hará constar así.

En relación con la climatología de Doñana se han publicado aspectos en trabajos ecológicos o hidrológicos, basados en series y estaciones no coincidentes por lo que difieren algo los valores (COTA GALAN y otros, 1977; GARCIA NOVO y otros 1977; IGME, 1983, DE LA HERA y otros, 1984; FERNANDEZ, 1982; VELA y LLAMAS, 1986; OJEDA RIVERA, 1987; FIGUEROA CLEMENTE, 1990; SUSO y LLAMAS, 1990). En este apartado se utilizan los datos de la estación de Los Mimbrales, en el límite O del Parque, en el periodo 1970-1990, salvo indicación contraria.

El régimen de precipitaciones en Doñana es típicamente mediterráneo con sequía estival y concentración invernal del 80% en octubre-marzo. La precipitación media anual es de 570 mm con medias mensuales superiores a 100 mm para noviembre y diciembre. En junio, julio, agosto y primera quincena de septiembre no hay lluvias debidas a sistemas frontales pero pueden presentarse intensas tormentas de verano (55 mm, 1.987; 70 mm, 1.982). El registro mas alto para un año es 938 mm (1.987, Abalarío) y el menor 317 mm (1.981, Los Mimbrales).

La densidad de datos meteorológicos es baja pero los existentes sugieren que del litoral al interior, en la superficie del Parque existe un gradiente térmico: la temperatura media se eleva 1-2° C, y de precipitación: la lluvia anual desciende 50-80 mm hacia la marisma.

La secuencia de años con bajas o altas precipitaciones origina ciclos hiperanuales como 1980-84 con media de 456,2 mm (déficit medio anual de 113,8 mm; 20%); o el 1987-89, con 799,3 mm (superavit medio anual de 229 mm; 40%). En la serie de precipitaciones de la Universidad de Sevilla, que se remonta a 1871, aparecen inicialmente (1871-1875) registros anuales extremadamente bajos (media de 280 mm). No parece extrapolable esta secuencia a la situación de Doñana ya que el emplazamiento del pluviómetro y funcionamiento del observatorio en su etapa inicial no se conocen bien y no hay garantías de la homogeneidad de esos datos con otros de la serie.

La evapotranspiración potencial calculada por IGME (1983) según el método de THORNWHITE arroja 840 mm, casi un 50% superior a la precipitación media.

La radiación media es de  $5 \text{ kmh/m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , con unas 3000 horas de sol/año. (FONT TULLOT, 1985). La temperatura media es de  $17 \text{ °C}$ , la de máximas mensuales  $24,50$  y la de mínimas,  $9,5 \text{ °C}$ . (Mimbrales). Son frecuentes en invierno las mínimas diarias inferiores a  $0 \text{ °C}$ , y la media de mínimas de enero se sitúa algunos años en torno a  $3 \text{ °C}$  ( $2,8 \text{ °C}$ , 1.979;  $3,03 \text{ °C}$ , 1.986;  $3,4 \text{ °C}$ , 1.985). La superficie del suelo, alcanza los  $60 \text{ °C}$  en julio-agosto.

Tradicionalmente, se han diferenciado en Doñana dos grandes paisajes: arenas y marismas. Dentro de las arenas, las "dunas móviles" y los "cotos" o arenas estabilizadas. Estas tres unidades, dunas, cotos y marismas (VALVERDE, 1963; MOUNTFORT, 1968), se completan con otras menores: playa, estuario y masas de aguas continentales. Es conveniente subdividir las unidades mayores para hacer referencia a biotopos mas homogéneos donde tratar los ecosistemas. En la figura 5-B, se localizan las principales unidades morfológicas y ecológicas del Parque Nacional de Doñana. En el mapa Fisiográfico del Litoral de VANNEY y otros, (1985) se ofrece información mas detallada. En la figura 5-C se indica la localización de los toponimios citados en el texto.

En las dunas se pueden diferenciar dunas embrionarias, dunas móviles, mogotes, frentes poco activos y corrales (valles interdunares).

En las arenas estabilizadas o "cotos", se distinguen las naves (cordones dunares erosionados), el monte y las depresiones encharcables, bajos o manaderos, y las lagunas temporales o permanentes. El largo contacto entre arenas y marisma, (denominado según el sector "Vera", "Retuerta", ver figura 5-C) presenta pastos, con manaderos, caños (arroyos) y otros tipo de surgencias. Existe también una unidad compleja de arenas estabilizadas sobre la flecha litoral, denominada Marismillas.

















-  MARISMA DE ALMAJOS
-  MARISMA DE CASTAÑUELAS
-  LUCIOS
-  VERA
-  CANOS Y BRAZOS
-  VETAS Y PACILES
-  DUNAS ACTIVAS
-  CORRALES
-  MONTE BLANCO SOBRE ARENAS ESTABILIZADAS
-  PREDOMINIO DE MONTE NEGRO
-  REPOBLACION DE PINOS
-  MARISMILLAS
-  LAGUNAS
-  LIMITE DEL PARQUE

Figura 5-B. Principales unidades morfológica y ecológica.

En la marisma, se diferencian tradicionalmente marisma de almajos, de castañuela, lucios, caños, vetas. En contacto con el estuario, la marisma mareal.

Siguiendo el orden de dunas, cotos y marisma, se describen en cada una: rasgos morfológicos y subdivisión en biotopos, procesos que controlan el desarrollo de los ecosistemas, descripción de ecosistemas y facies, importancia conservacionista y relaciones hídricas.

### **5.1. Las dunas móviles**

Las dunas móviles son extensos mantos eólicos activos confinados entre la playa (al SO) y los cotos o la marisma (al N). Ocupan en la actualidad unos 22 km de playa y cubren una superficie de 4.650 ha.

La granulometría de la arena esta comprendida mayoritariamente (66-70%) entre 0,2 a 0,06 mm, siendo sus granos redondeados y de superficie lisa, característicos transporte eólico. Mineralógicamente predomina el cuarzo (hasta un 80%) con partículas de carbonatos (hasta un 8%) y minerales pesados (hasta un 12%). Localmente la arena puede enriquecerse en fracciones de limos o arcillas y materia orgánica edáfica.

La morfología predominante son las dunas parabólicas masivas que progresan en frentes alineados con la playa desde esta al interior. Los frentes, con una altura entre 5 y 10 m y anchuras de 600 a 3.500 m, se desplazan aproximadamente paralelos entre si a distancias de 600-1.200 m y con tasa de avance anual de 5-6 m. Las pendientes de la duna son 320 en el frente y 2-50 en la cola, a barlovento de los vientos del SO que activan el sistema.

El desarrollo de los frentes es variable entre sectores. Localmente (Cota 32; Cerro del Trigo) se apilan, elevándose las cotas por encima de 30 m hasta los 45. Las alturas mayores del sistema se presentan en su parte central, reduciéndose las cotas hacia el mar y al interior. A veces los corrales se alargan en valles interdunares que pueden alcanzar hasta 4 km, sólo puntualmente interrumpidos (Corral Largo).

Los corrales, depresiones planas entre dos frentes dunares sucesivos, son superficies de abrasión originadas por deflación eólica de las arenas en la "cola" de la duna precedente. El corral se expande a sotavento y se rellena a barlovento por la progresión del frente. La velocidad de frentes sucesivos es bastante similar, lo que mantiene aproximadamente las dimensiones del corral.

La cota del corral, situada en torno a los 5 m, es cercana a la superficie piezométrica del acuífero ya que la arena es erosionada hasta el nivel donde el agua capilar, de origen freático, la apelmaza y dificulta su remoción.

En periodos de sequía, la superficie resulta excavada; en periodos de precipitación intensa, elevada. Esto confiere al suelo del corral un microrrelieve de unos 2 m de cota, alineado con los frentes, que se ha denominado de "contradunas" (GARCIA NOVO y otros, 1977).

La morfología del sistema de dunas, presenta algunos elementos que no guardan relación con los procesos descritos. Se trata de los "mogotes" (GARCIA NOVO y otros, 1977) o porciones de una antigua topografía, que han resistido puntualmente al desmantelamiento y se encuentran generalmente vegetadas con bosque. Los mogotes destacan sobreelevados de los corrales y parcialmente enterrados entre los frentes.

Representan porciones de la topografía del sistema anterior al S XVIII cuando las actuales dunas móviles se pusieron en movimiento (GARCIA NOVO, 1990; GRANADOS CORONA, 1988). Es probable que parte de la morfología general del sistema, las cotas mas elevadas y depresiones cercanas a la playa, sean heredadas del paisaje anterior a la movilización. Al NE, en la frontera con Marismillas se esta produciendo ahora dunización. En el O, en el contacto con Matalascañas, se encuentran zonas en dunización y otras estabilizadas probablemente a finales del pasado siglo.

En el borde SO del sistema, en la parte alta de la Playa, se observa desarrollo de dunas embrionarias, de origen primario. Separadas por una extensión plana, aparece un cordón de dunas secundarias de pequeño tamaño (4-6 m) a partir del cual se desarrolla la secuencia de frentes descrita mas arriba.

En el borde NE, en el contacto con los cotos, la morfología de los frentes interiores es variada: unos han mantenido sus dimensiones y dinámica. Otros han presentado un comportamiento pulsante convirtiéndose en frentes poco activos de 1-3 m o en pequeñas lenguas transgresivas, parabólicas que han ocupado lagunas, rellenado depresiones o enarenado sectores de la marisma. Delante de estos frentes interiores, se presenta un rosario de lagunas peridunares alineadas con ellos, en parte colmatadas de arena por episodios de avance dunar (ver figura 5-B).

El sistema de dunas en su conjunto actúa como un área de recarga del acuífero que presenta aquí un domo piezométrico. Apenas hay escorrentía y la red de drenaje tiene un desarrollo puntual y funcionando sólomente bajo intensa precipitación. Las áreas de descarga son periféricas al sistema: al N, las lagunas peridunares en el contacto con los cotos (Brezo, Toro, Zahillo, Taraje, Dulce, Santa Olalla);



caños y manaderos en contacto con la marisma (Sopetón, Hondón, La Retuerta; ver fig 5-B). Al SO la descarga se hace al mar.

Excepcionalmente y tras precipitaciones muy intensas llegan a funcionar arroyos que conectan las lagunas y corren hacia el E ya que las lagunas escalonan su nivel ganando altura desde Santa Olalla hasta Brezo con un desnivel aproximado del 1%. .

Al interior del sistema, los corrales pueden actuar como áreas de descarga de las dunas porque en ellos la superficie piezométrica esta cercana al suelo. Las depresiones del corral, tramos de una antigua red de drenaje, suelen encharcarse anualmente. En años muy lluviosos, la duración y extensión del encharcamiento puede acrecentarse y la lámina de agua superar 1m. Por ejemplo, durante el otoño-invierno de 1989-90, persistió el agua sobre la superficie del Corral Largo durante casi 6 meses, en puntos donde suele mantenerse el nivel freático a 60-100 cm de profundidad (ver figura 5-1-A).

El funcionamiento de las superficies deprimidas de los corrales depende por lo tanto de la estación, la precipitación acumulada del año agrícola y la intensidad de las precipitaciones inmediatas. Al comenzar la otoñada, todo el corral, como el resto del sistema, actúa como superficie de recarga; mas adelante, en invierno, las partes deprimidas actúan como colectores de la red de drenaje local (si la lluvia excede la infiltración) y posteriormente se comportan en descarga por periodos que pueden alcanzar hasta la primavera.

Geoquímicamente hay diferencias en la composición del agua en uno u otro caso. Si se trata de agua que surge a través del fondo en depresiones encharcadas habitualmente, la

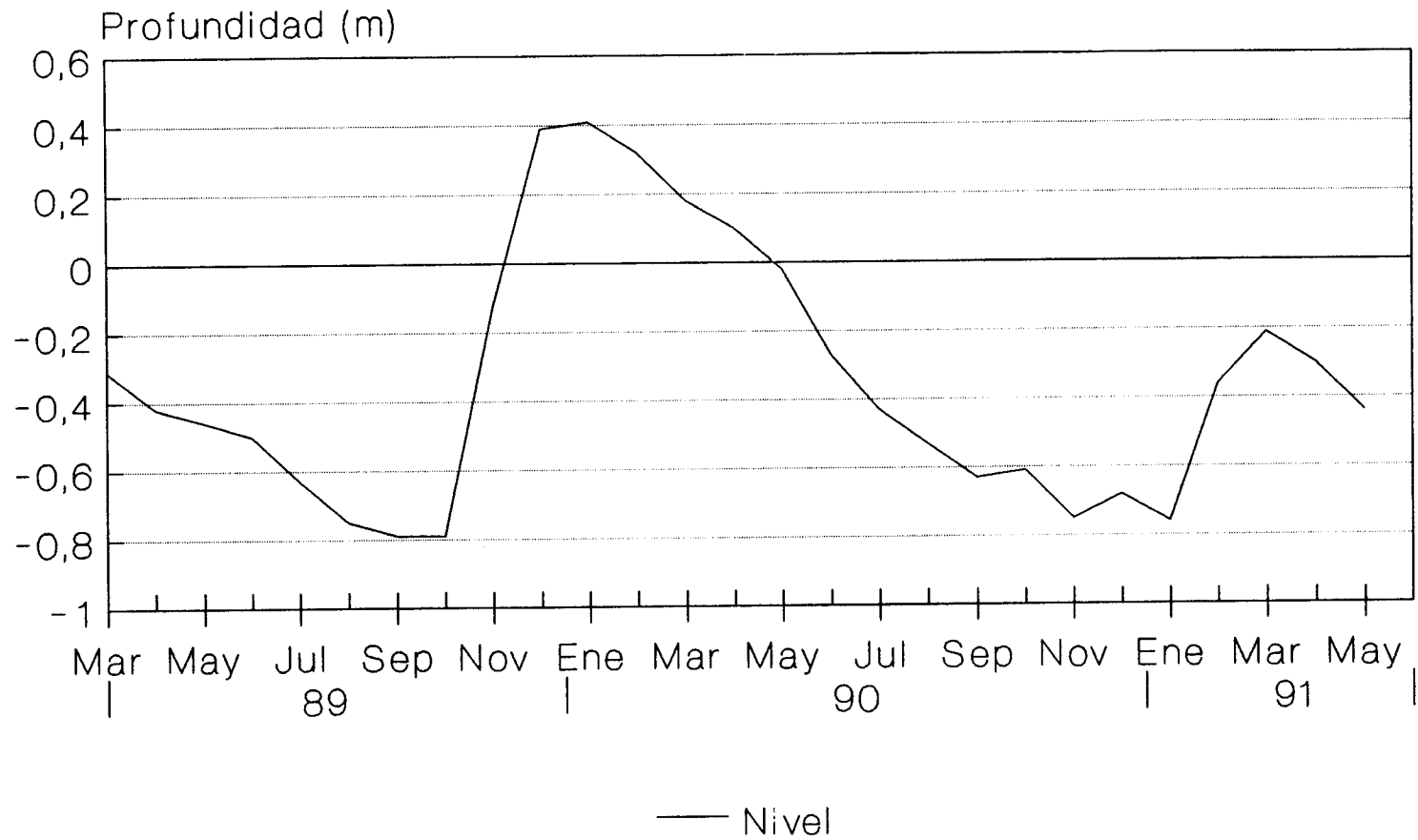


Figura 5-1-A. Nivel freático en Corral Largo (tubo 17)

presencia de materia orgánica en descomposición mantiene un medio reductor que facilita la solubilización de metales pesados. En la tabla 5-1-A, tomada de GUISANDE Y MAZUELOS (1990) se muestra la concentración de algunos elementos y otras características de las aguas superficiales de dunas y arenas estabilizadas. Cuando presentan carácter reductor y elevada concentración de metales pesados, los organismos se reducen a bacterias y hongos.

Si las aguas surgen a cota mas alta tras una infiltración breve y atravesando sólo arena, sin materia orgánica, su composición química es pobre en iones; prácticamente se trata de agua de lluvia apenas enriquecida en bases.

Entre ambos extremos, surgen aguas mineralizadas por su recorrido variable en arena o en materiales limosos o depósitos de carbonatos intercalados. Una vez en superficie, favorecen el desarrollo de fitoplancton capaz de mantener oxigenada el agua y con ello permitir la aparición de zooplancton.

Siguiendo el esquema geomorfológico, se describen los ecosistemas y algunas de sus variantes o facies. Se mencionan rasgos estructurales y funcionales y elementos característicos de su vegetación. Descripciones detalladas pueden encontrarse en la literatura científica de Doñana, que es relativamente abundante.

Como introducción ecológica puede utilizarse VALVERDE (1963), ya citado y GARCIA NOVO (1979 y 1981); en mayor detalle, (GARCIA NOVO y otros (1978), GARCIA NOVO (1987), MERINO y MARTIN VICENTE, (1987) y GARCIA NOVO y MERINO (1990). VALVERDE (1967), está orientado hacia las comunidades de vertebrados y GARCIA y otros, (1989), se limita a las aves. RIVAS MARTINEZ y otros (1980) describen la vegetación. La

TABLA N° 5-1-A

## COMPOSICION QUIMICA DE ALGUNAS LAGUNAS DEL P.N. DE DOÑANA

	CON μ/cm	ALC mg/l	TAN mg/l	Cl mg/l	SUL mg/l	FOS mgP/l	NIT mgN/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Zn mg/l
H6/2	160	11,7	7,3	101,7	17,6	0,000	0,445	9,5	7,5	44,1	3,0	4,2	0,00	0,07
G7/1	430	17,6	11,1	169,5	70,1	0,029	0,691	14,7	12,8	81,7	7,6	3,6	0,10	0,06
F8/1	145	4,7	0,0	40,0	143,5	0,005	0,264	7,5	4,2	13,7	1,4	3,5	0,00	0,06
F8/2	65	5,9	0,0	27,1	30,9	0,000	0,264	5,5	2,2	5,7	1,2	3,9	0,00	0,04
J1/2	300	19,9	8,4	122,0	11,5	0,000	0,494	15,1	11,0	55,1	4,4	7,1	0,00	0,15
E6/1	260	16,4	6,6	67,8	7,2	0,015	0,559	13,1	7,0	21,1	5,5	10,2	0,70	0,16
G3/1	100	3,5	9,3	13,6	72,3	0,000	1,544	7,5	4,0	11,1	1,8	4,2	0,00	0,06
F2/1	145	12,9	6,6	40,7	10,8	0,150	0,428	7,5	4,5	16,4	3,7	7,9	0,00	0,16
G5/1	190	5,9	21,5	67,8	9,0	0,019	0,723	12,2	7,0	33,7	2,8	5,5	0,00	0,09
E3/1	170	12,9	6,8	61,0	41,4	0,002	0,592	11,0	6,2	26,2	3,2	2,8	0,00	0,09
J6/1	350	35,2	5,3	94,9	40,3	0,005	0,609	21,0	9,5	51,4	7,8	1,4	0,00	0,07
K4/1	185	14,1	6,0	67,8	34,9	0,005	0,477	10,7	5,5	28,3	2,3	3,7	0,01	0,05
H5/1	130	11,7	6,6	40,7	29,1	0,002	0,461	8,7	4,7	17,3	2,1	1,7	0,00	0,10

Tomado de GUISANDE Y MAZUELOS (1.990)

génesis de los ecosistemas en GARCIA NOVO (1990). Cartografía ecológica en ALLIER y otros (1974) y AGUILAR AMAT y otros (1977). Cartografía geomorfológica en VANNEY y MENANTEAU (1985).

Para los ecosistemas de dunas la referencia obligada es GARCIA NOVO y otros, (1977), y TORRES MARTINEZ (1975). La dinámica de la vegetación está descrita por RAMIREZ DIAZ y TORRES MARTINEZ (1977) y por ALLIER y otros (1975). El interesante ejemplo de las poblaciones de piñonero, esta descrito por DE LA HERA y otros, (1984a); DIAZ BARRADAS y FIGUEROA (1985); FIGUEROA y otros (1984), FIGUEROA,(1990), GALLEGO y MEDIALDEA, (1990). Los ecosistemas pioneros de duna, por DIAZ BARRADAS y GARCIA NOVO (1987,1988,1990).

#### 5.1.1. Procesos que controlan el desarrollo de los ecosistemas de dunas.

La inestabilidad del sustrato y su corolario de abrasión eólica, dificultan la instalación de plántulas quedando limitada la ocupación de arenas desnudas a especies psammófilas. En este sustrato de superficie cambiante, se superponen dos procesos adversos: la baja retención de agua por la arena (inferior al 20% de capacidad de campo; 2% a 15 at.) y la escasez de nutrientes (capacidad de cambio 10 meq/100g, MERINO y MARTIN VICENTE, 1987). La temperatura de la superficie de la arena supera los 500 durante unos 100 días en verano y puede alcanzar 600. (DIAZ BARRADAS, com. personal). La persistencia de los ecosistemas esta limitada por el movimiento de las dunas, lo que impide alcanzar madurez elevada o estructuración alta.

En la playa, el agua de mar aporta sales al suelo. El aspecto negativo de salinización y concentración de  $\text{Na}^+$  se compensa en parte con los favorables de mayor humedad y aporte de materia orgánica que representa una entrada importante de nutrientes (P y N) a las arenas.

Los ecosistemas presentes en las dunas móviles, agrupados de acuerdo con la descripción del biotopo, pueden diferenciarse en playa alta y dunas embrionarias; arenas de duna y corrales, dentro de los que se mencionan algunas facies o variantes.

#### **Playa alta y dunas embrionarias**

Ecosistema de baja diversidad y cobertura pequeña y discontinua.

Inestable. Elementos poco persistentes.

De acuerdo con grado de estabilidad del sustrato e influencia de mareas, oleaje y viento, las facies se ordenan: berma alta de la playa que se ocupa en verano por la vegetación, dunas embrionarias, dunas primarias desarrolladas, superficies mas estables y vegetadas, ya al interior del sistema.

Vegetación: Se citan sólo algunas especies representativas; la denominación sigue la Flora Vasculare de Andalucía Occidental de VALDES y otros (1988). *Cakile maritima*, *Salsola kali*; *Othantus maritimus*, *Elymus farctus*, *Ammophila arenaria*; *Eryngium maritimum*, *Medicago littoralis*, *Euphorbia paralias*, *Crucianella maritima*, *Pancratium maritimum*.

#### **Arenas de duna**

Ecosistemas de muy baja diversidad compuestos por especies psammófilas estrictas. Cobertura baja con frecuencia inferior al 10%.

Inestable. Rodales y macollas erosionados o enterrados y ciclicamente destruidos por la dinámica dunar.

Facies de acuerdo con grado de estabilidad: arenas volanderas; frentes mas estables; mogotes.

Arenas: *Ammophila arenaria*, *Corynephorus canescenes*, *Galilea mucronata* (=Cyperus mucronatus)

Frentes mas estables: *Armeria pungens*, *Rumex tingitanus*, *Malcolmia littorea*, *Linaria thursica*, *Ononis repens*, *Reichardia gaditana*, *Sporobolus arenarius*; *Corema album*, *Scrophularia frutescens*, *Artemisia chritmifolia*, *Halimium commutatum*, *Thymus mastichina* ssp *donyanae*.

Mogotes: enebro (*Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa*), sabina (*Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata*) y piñonero (*Pinus pinea*). Mogotes enterrados: álamos (*Populus alba*) y tarajes (*Tamarix africana*).

Corrales:

Depresiones húmedas con encharcamiento temporal en zonas deprimidas y dinámica intensa debida al movimiento dunar que entierra el ecosistema a barlovento y crea suelo descubierto a sotavento.

Ecosistema de diversidad alta y productividad elevada, cobertura alta que puede alcanzar 100% y estructuración vertical hasta 8 o 10 m debida al arbolado.

Facies relacionadas con actividad eólica (erosión y depósición de arenas, disponibilidad de agua (aporte hídrico, encharcamiento y composición del agua). Desarrollo del arbolado. Presencia de vectores animales.

Corral con matorral: La cubierta vegetal se corresponde a la de frentes poco activos con algunos elementos de cotos.

Predominio de especies de arenas mas estables como *Crucianella maritima*, *Helichrysum picardii*, *Rumex bucephalophorus*, *Malcolmia littorea*, *Corynephorus canescens*. Plantas psammófilas de arenas móviles como *Ammophila arenaria*, en enclaves removidos por el viento .

Corral repoblado: La mayor parte de los corrales se repoblaron de piñonero a partir del S XVIII con semilla de la localidad onubense Cartaya. Se han explotado regularmente para madera, resina y piñón hasta los años 80 (GRANADOS CORONA, 1988). La reproducción del pino se ha hecho espontánea implantándose en el corral sobre la superficie despejada por la duna que se retira. Como arbolado accesorio puede haber sabina y mas raramente enebro o taraje.

El matorral de sotobosque del pinar sólo refleja la disponibilidad hídrica del suelo, desde vegetación de arenas móviles con *Corema album* a vegetación de matorral mas estable con *Halimium commutatum*, *H.halimifolium*, *Cistus salvifolius*, *Stauracanthus genistoides*, *Lavandula pedunculata*, *Thymus mastichina*, hasta vegetación higrofítica con *Ulex minor*, *Calluna vulgaris*, *Erica scoparia* y vegetación propia de depresiones húmedas. En el estrato herbáceo es frecuente *Senecio vulgaris* acompañado de *Dactylis glomerata* (var *maritima*), *Lolium rigidum*, *Kickxia cirrhosa*, especies de *Vulpia* (*V.ciliaris*, *V.membranacea*). En este ambiente se ha encontrado el pequeño helecho *Ophioglossum lusitanicum*.

En el borde de zonas deprimidas o rodeando el arbolado pueden aparecer orlas de lianas con *Rubus ulmifolius*, *Lonicera periclymenum*, *Smilax aspera*.

Contradunas y frentes trasversales, forman un microrrelieve del fondo del corral que resulta siempre mas seco que el resto. Pueden ocuparlo especies propias de corral con matorral o si el relieve es menor, *Stauracanthus genistoides* y *Halimium halimifolium*.



Depresiones: Estan libres de pinos, que no soportan encharcamiento prolongado. Pueden presentar tarajes, y resto de matorral noble con lentisco (*Pistacia lentiscus*). Predomina la vegetación higrofítica que soporta encharcamiento duradero como *Ulex minor*, adelfa (*Nerium oleander*), juncos (*Scirpus holoschoenus*, *Juncus acutus*, *Juncus effusus*), rara vez enea (*Tipha angustifolia*, *T. dominguensis*). La vegetación herbácea incluye *Mentha pulegium*, *Agrostis castellana*, *A. stolonifera*, *Baldellia ranunculoides*, *Illecebrum verticillatum*, *Anagallis arvensis* (= *A. crassifolia*), *Rumex bucelalophorus* y *Lobelia urens*.

Colas de duna: En las arenas despejadas por la duna que se retira, se desarrolla un ecosistema transitorio con intensa sucesión primaria. Se instalan diferentes tipos de vegetación: colonizadores leñosos pioneros como *Artemisia crithmifolia*, y *Scrofularia frutescens*; matorral de arenas estabilizadas que penetra en una fase mas estable con *Halimium halimifolium* y *Cistus salvifolius* y especies anuales frecuentes en corrales sin arbolado como *Ononis repens*, *Loeflingia baetica* o *Linaria thursica*. Una vez consolidado el matorral o instalado el arbolado, se comporta como un ecosistema de corral.

Simultáneamente al matorral se implanta el arbolado, generalmente piñonero, con ayuda de un vector animal vertebrado (¿urraca, rabilargo?) que trae a la cola de duna piñones desde la zona productora de piñas, unos 75-100 m alejada. Los pinos de Doñana son capaces de instalarse, crecer y producir piñas en unos 15-20 años y mantener así de forma continuada la recolonización de las colas de dunas por el bosque antes de su destrucción por el frente de avance sobre el corral.

### 5.1.2. Importancia de las dunas en la conservación

La mayor parte de la especies de importancia conservacionista de Doñana se pueden encontrar en esta unidad, aunque no constituya su área fundamental. Para especies litorales, es la única superficie disponible en el Parque. Como paisaje, la playa sin impacto humano y el sistema de dunas, delimitan un área del máximo valor.

El ser frontera con el mar otorga a la playa y primeras dunas un carácter propio en fauna con especies de copépodos marinos y otra fauna intersticial acuática y la presencia de elementos continentales como insectos: Forficula arenaria, o coleópteros tenebriónidos. Las aves marinas están presentes ocasional o habitualmente en la playa: gaviota argéntea y sombría; reidora; ostrero; charranes. Los chorlitezos, chorlitos, correlimos son muy específicamente de playa. El Chorlitezoso patinegro (*C.alexandrinus*) puede anidar aquí. Divagantes alcanzan la playa aves marinas como patos marinos, serretas, frailecillo, alca, y otros vertebrados como tortugas marinas. Las conchas y exosqueletos de invertebrados marinos, se acumulan en esta unidad. Aparecen también restos orgánicos aportados por el oleaje, que atraen fauna terrestre como milano negro, cuervo, urraca o zorro, unos y otros aprovechando la acumulación de recursos tróficos de la playa.

En el sistema de dunas, destaca la abundancia de coleópteros tenebriónidos errantes que desarrollan todo su ciclo en este medio como *Erodius carinatus*, *Pimelia modesta* y *Tentyria elongata*. Mantienen su actividad en condiciones hostiles de elevada temperatura del suelo, con la arena seca. Otras especies de coleópteros carnívoros como Scarites, reptiles, aves insectívoras e incluso mamíferos como el zorro los predan intensamente.

## 5.2. Las arenas estabilizadas

En las arenas estabilizadas existen dos complejos diferentes por origen y morfología: los cotos, al O del Parque en continuidad con la amplia llanura litoral de Huelva y las Marismillas al E, en un sector de la flecha litoral que cerró el estuario del Guadalquivir (ver figura 3 y Mapa Fisiográfico del Litoral de VANNEY y otros, 1985).

Los cotos son mantos eólicos de edad atlántica con morfología dunar en parte desmantelada (VANNEY y MENANTEAU, 1979) y recubren una antigua superficie continental de modelado árido. Pueden reconocerse dunas de tipo parabólico moviéndose en direcciones N a E en trenes superpuestos, variables en dirección e intensidad del viento. (POU ROYO, 1977). Rasgo morfológico destacado son las "naves", grandes cordones dunares longitudinales con la dirección del viento orientados SO-NE. Han sido remodelados como dunas trasgresivas por cambios en la dirección del viento y presentan cotas de 40-45 m. Las naves definen el sector mas elevado de los cotos, al O del Parque. En dirección E, es seguido por otro sector de cota inferior con elevaciones máximas de 15-20 m que finalmente desciende en pequeños escalones hasta alcanzar la marisma.

Este contacto Cotos-Marisma denominado "la Vera", corresponde a una zona importante de descarga del acuífero 27 que esta libre bajo la superficie de arenas y confinado bajo los limos marismeños. La descarga se hace por numerosas surgencias que alimentan manaderos y bajos, conectados a veces por una red de drenaje. La red muestra canales anastomosados y corre siempre O-E hasta formar en las proximidades de la marisma caños mas definidos. Los mayores reciben denominaciones: Soto Chico, Soto Grande, Algaida de la Caquera, Caño de la Raya, Caño del Peral. Otros no reciben denominación como arroyos

abundante contenido de materia orgánica hasta 100 cm. Sugiere que los actuales suelos de arenas estabilizadas son restos arrasados y esqueletizados de otros anteriores que se desarrollaron en el área tras las favorables condiciones del periodo atlántico. Los datos históricos de manejo, apoyan esta interpretación (GRANADOS CORONA y otros, 1986) y ofrecen la evidencia de que en el S XVIII simultáneamente al sistema de dunas móviles, se produjo en las arenas estabilizadas una movilización superficial de arenas volanderas que debieron suponer una generalizada destrucción edáfica.

Las Marismillas presentan una serie de pequeños lomos de 10-15 m de cota, paralelos entre si y separados 50-200 m por depresiones muy alargadas hasta de 1 km. La morfología corresponde a levés fluviales recubiertos por mantos eólicos poco desarrollados. Hacia la playa predomina el aspecto eólico y las depresiones se asemejan a corrales. Hacia el interior, parecen cauces estrechos abandonados. VANNEY y MENANTEAU (1985) suponen que se originaron por deriva lateral del cauce del Guadalquivir durante la colmatación de la marisma una vez cerrado el estuario por la flecha litoral. En todo caso el material (en superficie) es mayoritariamente arena eólica aumentando el contenido en limos hacia el interior.

El acuífero, que se continúa con el de dunas, (IGME, 1983; VELA y LLAMAS, 1986) descarga en las depresiones interiores profundas que en invierno forman bajos o lagunas (Laguna Larga). Hacia el norte descargan en el borde de la marisma por el Lucio del Membrillo y forman surgencias en los Llanos de Velázquez. Hacia el este, Marismillas esta orlada por la playa de la Punta del Malandar, que al adentrarse por el estuario se enriquece en elementos finos. Aguas arriba, ya en el canal del Guadalquivir y el Brazo de la Torre forma una marisma mareal en el espacio comprendido entre la montaña del

río y el cauce fluvial.

## **Ecosistemas**

Los ecosistemas de los Cotos se han descrito por ALLIER y otros (1974) y GONZALEZ BERNALDEZ y otros (1971, 1975a, 1975b). También en GARCIA NOVO (1977); MERINO y MARTIN VICENTE (1981); MERINO y otros (1989). La vegetación del contacto con la marisma por ALLIER y BRESSET, (1977) y GONZALEZ BERNALDEZ y otros (1977a,b). Los cambios históricos y composición original por GRANADOS CORONA (1988); GRANADOS y GARCIA NOVO, (1984); GRANADOS CORONA y otros (1974, 1986, 1987, 1988). Los ecosistemas acuáticos han sido estudiados por MARGALEF (1976); MONTES y otros (1982); FUREST y TOJA (1981 y 1987); LOPEZ y otros (1991); GARCIA NOVO y otros, (1991).

### **5.2.1. Procesos que controlan el desarrollo de los ecosistemas**

Los ecosistemas de las arenas estabilizadas forman una catena relacionada con la presencia de agua en el sustrato como primera dirección de variación. Una dirección secundaria la constituye la intervención humana que desorganiza los ecosistemas maduros, bien conservados y los sustituye por otros progresivamente degradados.

El sustrato es siempre estable, y no existe influencia de partículas salinas procedentes del mar. Las condiciones climáticas son comparables a las descritas en dunas móviles. Las características mineralógicas y granulométricas del sustrato arenoso, tampoco difieren. No obstante la mayor estabilidad del perfil, introduce diferenciación de horizontes acumulándose materia orgánica en el A, que puede

aparecer además intensamente lavado. La acumulación de sesquióxidos en profundidad, llega a formar costras ferruginosas que frenan el drenaje vertical (fragipan), y se han comentado al describir el acuífero.

Por arrastre de niveles superiores o por neoformación pueden aparecer horizontes mas ricos en arcilla, que como los abundantes en materia orgánica aumentan mucho la capacidad de campo y de cambio del suelo. Esta disponibilidad mayor de agua y nutrientes, ofrece localmente a la vegetación un biotopo diferente al de arenas. La existencia de una red de drenaje, aunque con funcionamiento efímero, da lugar a concentración de elementos finos en las depresiones y en el fondo de bajos y lagunas donde se conjugan estas condiciones favorables de nutrientes, y agua.

En Marismillas, las grandes crecidas históricas del Guadalquivir, han debido aportar a las depresiones un aporte apreciable de limos, lo que explica su concentración mas elevada que en los Cotos.

En la tabla 5-2-1-A se observa la diferenciación de características de los ecosistemas de matorral entre lomos y depresiones en la unidad de Cotos.

Tabla 5-2-1-A: CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS DEL MATORRAL CON LA TOPOGRAFIA.			
	lomos	intermedios	depresión
biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	0,49	1,29	2,19
producción (kg/m <sup>2</sup> año)	0,08	0,21	0,38
broza anual acumulada (g/m <sup>2</sup> año)	0,08	0,27	0,33
acumulación de biomasa (kg/m <sup>2</sup> año)	0,06	----	0,26
fracción fotosintética	0,14	0,14	0,12

Tomada de MERINO y MARTIN VICENTE, 1981, (pp. 199)

Llaman la atención las cifras bajas de producción y acumulación anual de biomasa. Se han interpretado como debidas al estrés hídrico estival acusado en las arenas por la escasa agua edáfica y elevada temperatura del suelo y el aire junto a la intensa radiación. La amplitud de la fluctuación del potencial hídrico en las especies del matorral (MERINO y otros, 1976), ha mostrado ser un buen indicador del comportamiento de la especie en el ecosistema.

En las Arenas estabilizadas se alcanza el máximo nivel de organización (bosque maduro de alcornoque) entre los ecosistemas de Doñana. Los rodales de bosque que se conservan (mogeas) son de gran porte (hasta 15 m) con árboles de 20 m de diámetro de copa y elevada acumulación de biomasa. Mantienen fuerte control ambiental sobre humedad y temperatura del aire, del suelo y la circulación de nutrientes lo que a su vez redonda en productividad alta y elevada diversidad. Por su latitud meridional (37° N) y elevada temperatura media constituyen un ejemplo infrecuente en la cuenca mediterránea. Persiste en estos ecosistemas una fauna de vertebrados casi completa comparada con la inicial. Su papel es importante tanto a nivel organizativo como desorganizativo.

En Marismillas en contacto con el estuario, el material arenoso se sustituye por limos y la influencia marina se hace sentir por el aumento de la salinidad del suelo y el papel del río en sus crecidas o en secas mareales con vientos del oeste que acumulan agua en el estuario.

Los ecosistemas acuáticos de lagunas se describirán en esa unidad indicando allí sus características.

La intervención humana ha sido intensa en los 4 últimos siglos ahuecando el bosque, degradando el suelo con

sobrepastoreo, cultivo y con incendio periódico del matorral y finalmente repoblando con piñonero y eucalipto hasta los años 50. En las arenas estabilizadas han existido asentamientos humanos permanentes conocidos ya en época romana. Hasta la actualidad han persistido tres núcleos: Palacio, Palacio de Marismillas y Chozas del Pinar del Faro.

La descripción de los ecosistemas se realiza a lo largo de un gradiente de agua disponible desde los sistemas mas secos naves, a los de aguas continentales permanentes, lagunas. Su existencia en Cotos o Marismillas, se hará notar cuando proceda. Van entre paréntesis las variantes o facies, con frecuencia secuelas de la intervención humana: naves, (sabinar, pastos secos), monte blanco, alcornocal, (pinar, matorral de mancha), monte negro, (helechal), fresneda, (tarajal, matorral higrofítico), manaderos, (pastos húmedos, bajos, lagunas temporales), lagunas permanentes, (zacallones) y caños.

**Naves:** Los lomos arenosos elevados de las arenas estabilizadas presentan una vegetación de matorral mediterráneo de pequeña altura (30-70 cm), baja cobertura (las leñosas no suelen superar el 75%) y escasa biomasa (100-300 g/m<sup>2</sup>, MERINO y MARTIN VICENTE, 1981). Predominan especies de cistáceas (*Halimium commutatum*, *Cistus libanotis*) y labiadas (*Thymus mastichina*, *Lavandula stoechas*, *Rosmarinus officinalis*) y otras especies como *Avena barbata*.

**Sabinar:** Las naves presentan restos de bosque de sabina (*Juniperus phoenicea* ssp *turbinata*) con árboles de 3-6 m con coberturas inferiores al 50%. Van acompañados de matorral como el descrito para las naves aunque la sabina puede encontrarse también en localizaciones mas húmedas incluso



borde de lagunas. Este ecosistema es el mas estructurado que existe actualmente en arenas estabilizadas sobre sustratos secos, sin aporte de agua freática. Asociado al sabinar es frecuente el *Osyris quadripartita*.

En Marismillas, se asocia a piñonero y el matorral corresponde al descrito para corrales repoblados o para depresiones.

Pastos secos: Entre los pies dispersos de leñosas o formando extensiones mayores se desarrollan pastos de terófitos de muy pequeño tamaño (3-8 cm) y muy baja biomasa (inferior a 100 g/m<sup>2</sup>), con *Paronychia cymosa*, *Airopsis tenella*, *Tuberaria guttata*, *Spergularia purpurea*, *Spergula arvensis*, *Rumex bucephalophorus*, *Erodium botrys*, *Bellis annua*, *Ornithopus pinnatus*, *Chaetopogon fasciculatus* (= *Chaeturus fasciculatus*), *Vulpia alopecuros*, *V. membranacea*, *V. ciliata*, *Briza minor*, *Kickxia cirrhosa*, la cebolla albarrana (*Urginea maritima*) y la elegante monocotiledónea *Leucojum trichophyllum*. En sustrato pobre pueden formar un pasto extremadamente reducido con alturas de 1-3 cm con *Tillaea muscosa*, *Logfia gallica*, *Evax pygmaea*, *Hipochoeris glabra*, *Scleranthus polycarpus*, *Malcolmia lacera*, *Asterolinum stellatum*, *Polycarpon diphyllum* y hepáticas del Gen *Riccia*. Una variante de estos pastizales, que a veces se asocia al sabinar o al matorral es una vegetación dominada por líquenes del Gen *Cladonia* (*C. mediterranea*, *C. nylanderii*, *C. alcicornis*) que cubren el suelo de almohadillas de 5-15 cm de altura a las que se ha encontrado asociado el pequeño helecho *Ophioglossum lusitanicum*.

Monte blanco: La degradación de otros tipos de vegetación por sobrepastoreo e incendio con la subsiguiente pérdida de suelo ha favorecido este ecosistema de matorral mediterráneo dominado por el jaguarzo (*Halimium halimifolium*) y la ahulaga

(*Stauracanthus genistoides*). Presenta una altura de 1,5 a 2 m y una cobertura cercana al 100%. La biomasa es de 2 a 5 Kg/m<sup>2</sup>. Pueden estar presentes especies del matorral de naves y pastizal seco. El monte blanco presenta grandes variaciones según su estado sucesional (MERINO y MARTIN VICENTE, 198 ). Durante unos 15 años acumula biomasa y gana en altura perdiendo productividad neta que pasa de 200 g/m año a menos de 100. (mismos autores). A partir de esta edad la biomasa aérea decrece entrando el monte blanco en senescencia.

Este ecosistema, tan importante en Doñana, resiste bien los ciclos de baja precipitación gracias a las adaptaciones de sus componentes a la sequía. Puede así ocupar los pobres suelos arenosos de las naves y otras localizaciones donde no disponga de agua de origen freático. Si las arenas están enriquecidas en elementos finos o materia orgánica, mejora la disponibilidad hídrica del suelo y el ecosistema incorpora especies más exigentes en humedad propias del monte negro. A veces se han denominado esta vegetación de mayor diversidad "monte intermedio", donde coexisten romero, jaguarzo, ahulaga, algunos pies de brezo o coscoja y otras especies de matorral como *Ulex australis*, dotado de fuertes espinas.

La clavelina *Dianthus hinoxianus* (= *Dianthus broteri*) y la *Fritillaria meleagris* de grandes flores nutantes, constituyen dos especies de gran belleza del monte blanco.

**Alcornocal:** Forma el ecosistema maduro por excelencia en las arenas estabilizadas e históricamente, la vegetación característica de Doñana que se conocía como Bosque, en referencia al de alcornoques. Los pies que se conservan son escasos, viejos (para la mayoría se han estimado por GRANADOS CORONA (1988) edades entre 80 y 150 años) y muy dispersos, asociados a lagunas, manaderos y zonas de surgencia (GARCIA NOVO, 1977). Los alcornoques mayores que restan son enormes

con copas hasta 20 m. de diámetro y asociados a matorral de mancha, helechales, monte negro y otras especies de arboles como madroño, y fresno o acebuche y coscoja.

Están presentes las lianas (chupamiel, *Lonicera periclymenum*, zarzaparrilla *Smilax aspera*, zarzamora *Rubus ulmifolius*) y puede existir vid silvestre *Vitis vinifera*. La altura de estos ecosistemas que puede alcanzar 15 m, y elevada biomasa (superior a 10 kg/m<sup>2</sup>) crean un medio muy estructurado que facilita la regulación y estabilidad y un gran desarrollo de horizontes orgánicos en el suelo que ayudan a retener humedad en verano y a mantener un gran depósito de nutrientes. Para los grandes vertebrados (ciervo, jabalí, lince) representa lugar de refugio, sesteo, parideras. Los huecos de los troncos dan abrigo a la gineta, lirón careto, rapaces nocturnas, etc. El propio alcornoque, en menor medida el acebuche y las especies de matorral noble ofrecen frutos comestibles que canalizan productividad a mamíferos y aves.

Las pajareras de la Vera, son colonias de ardeidos (espátula, garzas, garcillas, garza real con cigüeñas) que ocupan la copa de los alcornoques y matorrales cercanos. Se localizan en el borde de la marisma cuya productividad explotan y constituyen una de las imágenes emblemáticas de Doñana.

El alcornocal natural se ha reducido en tiempos históricos por explotación conociéndose con detalle la regresión del número de pies en los últimos siglos (GRANADOS CORONA y otros, 1987, gráfico 5-2-1-A). Debido a la escasez de árboles y elevada presión de herbívoros la regeneración natural es muy lenta y localizada (ALES

El número de alcornoques se refiere a los piés existentes en los "cotos" de Doñana. El de pinos piñoneros a las repoblaciones de Marismillas, primera localización de pinos

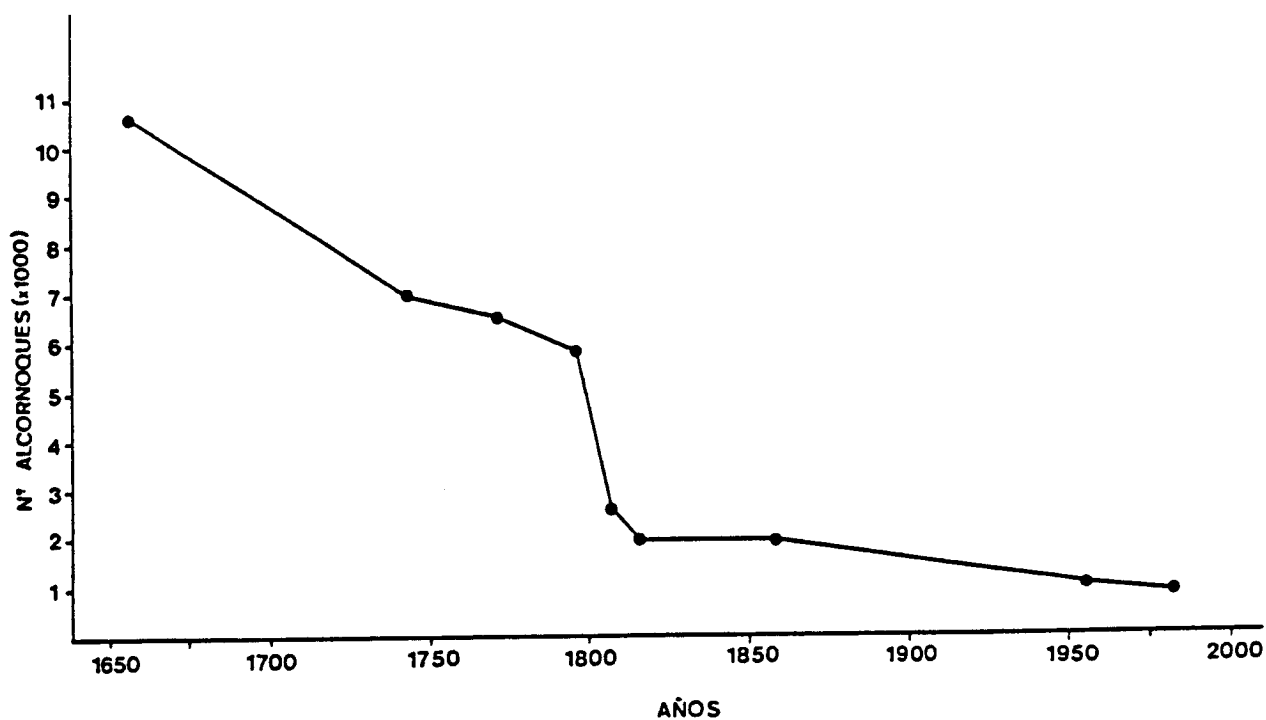


Gráfico 5-2-1-A. Evolución del número de alcornoques.

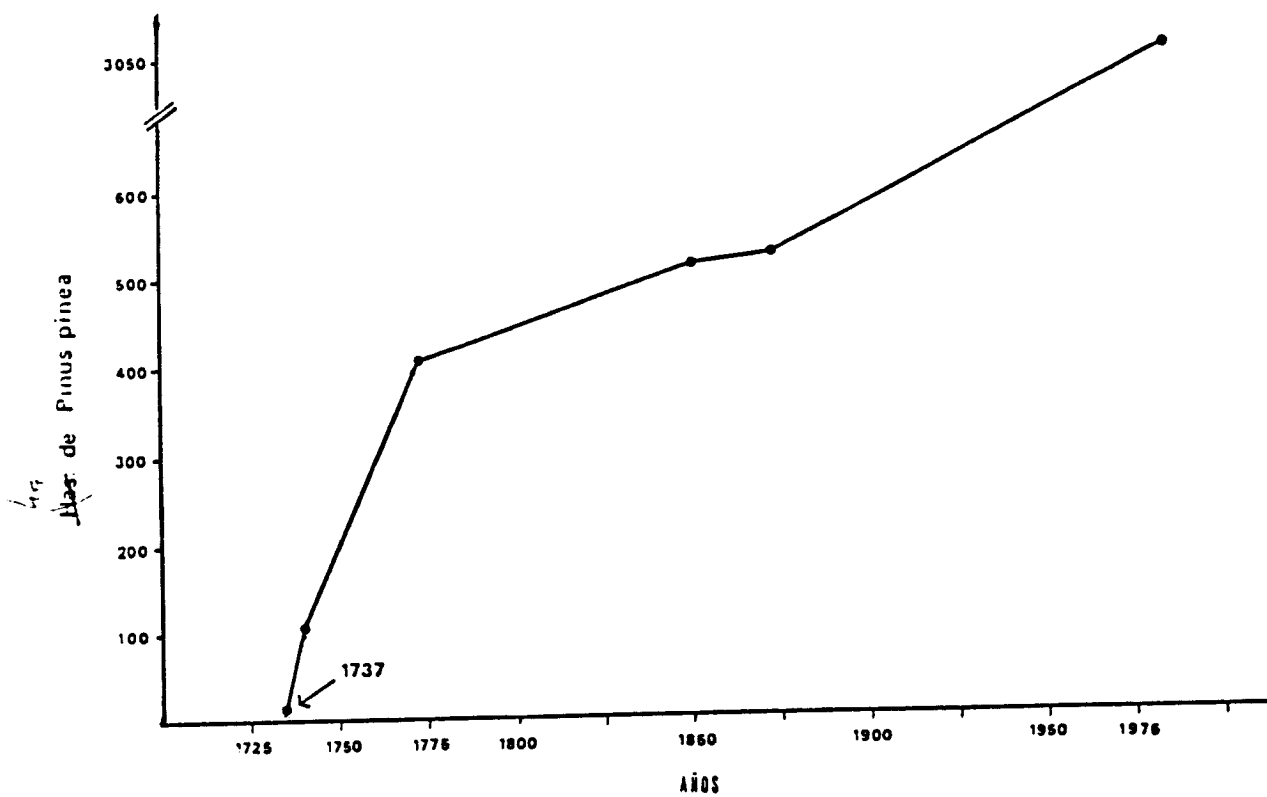


Gráfico 5-2-1-B. Evolución del número de pinares.

en Doñana. Las cifras se basan en la documentación histórica existente

GOMEZ, 1985) no compensando las pérdidas. Desde su adquisición en 1976, se desarrolla en la Reserva Biológica del Parque un programa de plantaciones de árboles que permitirán en un futuro el mantenimiento del alcornocal.

Otra variante de bosque maduro era el acebuchar, mas exigente en bases en el suelo. No quedan en Doñana acebuchares, pero se conservan inmensos ejemplares de acebuche en una plaza de El Rocío, a pocos metros de la linde del Parque Nacional. Hasta hace 10 años se conservó un acebuchar, quizá original, a la margen izquierda del Guadalquivir, en el confín de la marisma, a unos km de Doñana.

#### Pinares:

No hay evidencia de la presencia de pino piñonero en el Parque en el S XVII, si bien existían en su entorno (Algaida de Sanlúcar, Cartaya) y los estudios palinológicos de STEVENSON y otros (198) sugieren su presencia en la región en los últimos 4500 años. Las repoblaciones contemporáneas que comenzaron en Marismillas, estan datadas en 1737 (GRANADOS y otros, 1984) y desde allí se extendieron por los corrales de dunas primero y mas tarde por las arenas estabilizadas (gráfico 5-2-1-B). La explotación de estos árboles para madera o piña mantuvo el arbolado podado y con baja densidad.

Las repoblaciones de los años 50 en arenas estabilizadas, previa roza del matorral, vieron interumpidos sus tratamientos por la creación del Parque Nacional. Existen ahora masas en todos los estados intermedios de crecimiento y densidad desde unos 7000 pies/ha en la Reserva hasta los 30-60 en Marismillas, donde presentan un excelente

crecimiento (DE LA HERA, 1984). Los piñoneros, según su densidad y estado permiten el crecimiento del matorral o incluso han sido eliminados por el desarrollo de monte negro, o la competencia con las lianas.

Los ejemplares aislados de pino o los pinares de baja densidad ofrecen excelentes posaderos o asentamiento para nidos de aves grandes como las rapaces.

Los árboles sembrados en los 50 y no aclarados después, crecen raquíuticos (2-3 m en 35 años), formando un matorral muy espeso de pino, casi impenetrable, sin apenas sotobosque y casi sin fauna de vertebrados.

En Marismillas existen grandes pies de algarrobo, que podrían ser espontáneos. Teniendo en cuenta su localización junto a las Chozas del Pinar y el carácter de cultivo arbóreo que poseía la especie, deben considerarse introducidos.

Otras repoblaciones son las de eucalipto, destinado a explotación maderera en los años 60 y ya mayoritariamente retirado del Parque en la actualidad.

Matorral de mancha: Relacionados con el alcornocal y en situaciones topográficas deprimidas con concentración de flujo de escorrentía o disponibilidad de agua surgente, se sitúa el matorral noble o de mancha. Forma rodales o manchas pequeñas de gran biomasa, comparable al bosque y desarrollo vertical importante hasta 8 m., generalmente de 3-5.

Lo forman ejemplares muy grandes de las especies, que crecen entreveradas. El lentisco (*Pistacia lentiscus*), la olivilla (*Phyllirea angustifolia*), el mirto (*Myrtus communis*), acompañados de espino negro (*Rhamnus lycioides* ssp *oleoides*), piruétano (*Pyrus bourgeni*), coscoja (*Quercus coccifera*),

palmito (*Chamaerops humilis*). Todas las especies citadas ofrecen frutos comestibles lo que manifiesta la importancia de ésta vegetación para aves y mamíferos. El matorral puede ser muy longevo, adquiriendo el lentisco, mirto, coscoja, porte arbóreo y fustes de 3 o 4 m. Se conoce en Marismillas un palmar donde los palmitos presentan troncos de 0,7 a 1,5 m. Junto a las especies citadas, suelen estar presentes además *Cistus salvifolius*, *Pteridium aquilinum*, lianas (*Smilax asper*, *Aristolochia baetica*) y otras especies de matorral de monte negro.

Monte negro: Dependiente del agua edáfica y normalmente asociado a surgencia o concentraciones de flujo, el monte negro representa un matorral de crecimiento rápido formado por especies de mayores exigencia hídricas que los tipos anteriores y capaz de resistir encharcamiento temporal.

Presenta una altura de 2 a 5 m y esta dominado por *Calluna vulgaris*, *E.umbellata*, *Erica scoparia*, con *Molinia cerulea*, *Armeria gaditana*, o facies con gamonales (*Asphodelus aestivus*) y pastizal. Si el encharcamiento del suelo tiene lugar todos los inviernos, persiste *Erica*, apareciendo *E. ciliaris* y desarrollándose *Ulex minor*, *Molinia caerulea*, *Imperata cylindrica* y una gramínea de porte muy grande *Saccharum ravennae* que puede formar rodales extensos monoespecíficos.

Como variantes, el helechal de *Pteridium aquilinum* puede alcanzar gran desarrollo elevándose los frondes hasta 2 m de altura y constituyendo una banda de mínima diversidad. Los helechos, que pueden estar asociados a las especies de monte negro, y al helecho real (*Osmunda regalis*) dependen del aporte de agua edáfica en primavera y suelen ser indicadores de surgencias situándose en bandas alrededor de lagunas, manaderos y en el ecotono de la Vera-Retuerta.

Fresneda: El bosque higrofítico de aguas poco mineralizadas es la fresneda. Con el fresno (*Fraxinus angustifolia*) están presentes especies de sauce y zaragatera (*Salix atrocinerea*) y álamos (*Populus alba*). Todos ellos dependen de humedad edáfica en primavera y verano, aunque pueden resistir periodos de sequía perdiendo las hojas. Las fresnedas y alamedas están muy destruidas, conservándose pies aislados. En el arroyo de La Rocina, a la orilla del Charco del Acebrón al norte del Parque, se conserva el mejor ejemplo de esta rica vegetación palustre acompañada de macrofitos como *Sparganium prolifer*, *Tipha dominguensis* y la única localidad conocida en Doñana del pequeño helecho *Ophioglossum vulgatum*.

Dentro del Parque en Soto Chico y Soto grande, la Fresneda, el Hondón y otros enclaves existe este tipo de bosque galería característico de las fronteras agua-tierra y asociado en Doñana a zonas de descarga. Debió tener un papel importante para las aves de orillas de agua o marismas que anidan en colonias, como los aredidos y establecían allí sus pajareras.

Al norte del Parque Nacional, en el Coto del Rey, persiste una amplia ecotono con características comparables a la Vera donde los fresnos se escalonan con alcornoques y acebuches y las series equivalentes de matorral en un paisaje de surgencias en el contacto entre formaciones de arenas y la marisma. Los fresnos, con su especies acompañantes se localizan en las depresiones, mas arriba los alcornoques y en posiciones mejor avenadas, los acebuches.

Tarajal: En aguas mineralizadas o salobres, se desarrolla un bosque de baja diversidad con taraje (*Tamarix africana*) dominante. Forma una estructura muy densa y confusa por abundar las ramas bajas arraigadas formando nuevos troncos. Soporta muy bien el encharcamiento de las raíces y temporalmente de las hojas con aguas muy mineralizadas y



hasta salobres.

En las proximidades del Guadalquivir, puede aparecer asociado a cañas (*Arundo plinii*) o carrizos (*Phragmites communis*) y enea (*T.latifolia*), juncos (*Juncus acutus*, *J.maritimus*). Con mayor salinidad, puede aparecer *Salicornia ramossisima* y otras especies (alamajos) claramente halófilas.

En las aguas poco mineralizadas propias de las arenas, se presenta asociado a una variante de monte negro que resiste largo encharcamiento, denominada por ALLIER y otros (1974) monte negro higrofítico.

El matorral de monte negro higrofítico lleva las especies de monte negro en particular *E.ciliaris* y *Ulex minor*. Pueden estar presentes *Scirpus holoschoenus*, *Juncus effusus*, *Illecebrum verticillatum*, *Anagallis tenella*. En Marismillas es frecuente la presencia de adelfa (*Nerium oleander*). También aquí se ha encontrado invadiendo zonas húmedas de monte negro- higrofítico-bajos a la especie nitrófila *Gomphocarpus fruticosus*, una mata de 1-1,5 m que se introdujo en España desde Africa del Sur y se ha naturalizado, expandiéndose por el Parque tras la sequía de 1981 (GRANADOS CORONA y GARCIA NOVO, 1984).

#### **Ecotono de la Vera, Bajos y Manaderos:**

Se agrupan aquí ecosistemas con escaso desarrollo vertical, dominados por vegetación higrofítica. Se presentan en depresiones sobre las que concentra el flujo de escorrentía o que debido a impedimento de drenaje, acumulan agua en invierno y primavera. También las formaciones que rodean las surgencias y las áreas de descarga del acuífero y se mantienen húmedas o encharcadas la mayor parte del año en los manaderos, en las orillas de caños y lagunas. Su estructura

horizontal es muy compleja, con fuertes gradientes florísticos que siguen las diferencias de duración del encharcamiento y de mineralización y conductividad del agua. Una descripción puede encontrarse en ALLIER y BRESSET (1977); GONZALEZ BERNALDEZ y otros (1977a y b) y RIVAS MARTINEZ y otros (1980). La vegetación de plantas vasculares de lagunas en LOPEZ y otros (1991).

Entre Cotos y Marisma se desarrolla un importante contacto ecológico que no es simplemente una frontera sino una estructurada secuencia de ecosistemas que en una banda de 1-2 km pasan de la vegetación de arenas a la marisma de castañuela (*Scirpus maritimus*). Tradicionalmente se le ha denominado "ecotono" a ésta transición que en Doñana recibe los nombres de Vera y Retuerta.

Los ecosistemas se disponen en franjas asociadas a los escalones morfológicos entre una y otra unidad conectados con escarpes poco patentes, que sugieren un origen como niveles de inundación antiguos de la marisma. Los cambios topográficos se acusan inmediatamente en variaciones de la profundidad del agua freática y cerca de la marisma, en la granulometría del suelo que se enriquece en fracciones finas hasta quedar, en la Marisma, constituido sólo por limos y arcillas. Los cambios texturales van asociados a los químicos (pH, nutrientes, conductividad) y duración del encharcamiento.

Los Cotos, frente a la marisma, presentan matorrales de monte blanco y monte negro (o monte intermedio). Se reduce el matorral y predominan las especies herbáceas y pies dispersos de alcornoque con manchas de matorral. Les sucede una banda de gamonal (indicada por *Asphodelus fistulosus*) arenosa, libre de encharcamiento, con el suelo moderadamente ácido (pH 6) propio de Cotos. Lleva *Bellis annua*, *Cynodon dactylon*,

*Juncus bufonius*, *Rumex bucephalophorus*, *Guadina fragilis*, *Lolium perenne*, *Lamarckia aurea*, *Mentha pulegium*. Esta lista marca la heterogeneidad del medio que se compone de un mosaico con teselas de unos dm donde varía la disponibilidad de agua, el contenido en nutrientes, etc.

Descendiendo hacia la marisma, puede presentarse el monte negro o una banda de helechal, siempre con mayor disponibilidad de agua freática. Donde se encuentra conservada, esta orla lleva aquí un bosque de freatofitas como el descrito en el ecosistema de fresneda.

Ya en el borde de la marisma se extiende una orla de junco (dominada por *Juncus maritimus*) con suelo areno-limoso, conductividad en aumento (0,8-1,3 mS/cm) y pH cercano a la normalidad. Lleva también *Cerastium glomeratum*, *Carex chaetophylla*, *Galium palustre*, *Geranium dissectum*, *Lithrum hyssopifolia*, *Trifolium maritimum*, *Rumex pulcher*, *R. crispus*. Si el agua, poco mineralizada, es profunda se desarrollan orlas semejantes a las de orillas de laguna con *Iris pseudoacorus*, *Tipha latifolia*, etc.

Con mayor conductividad del agua (1,3-2 mS/cm), pH del suelo ligeramente alcalino (pH 8 o superior), y encharcamiento mas persistente se desarrollan pastizales sobre suelos arcillo-arenosos con *Plantago coronopus*, *Hordeum maritimum*, *Melilotus sulcata*, *Spergularia tangerina*, *Pulicaria uliginosa*. El incremento en la conductividad esta asociado a la presencia de *Aeluropus littoralis* y *Polypogon maritimum* que puede llegar a formar coberturas casi mono-específica en este sector al secarse la marisma. La presencia de asomos arenosos con aguas ya salobres origina la presencia de especies tolerantes a la salinidad en medios no encharcados como *Limonium ferulaceum*, *Sphenopus divaricatus*, *Pholiusrus incurvus*, *Trifolium tomentosum*. Si la evaporación del agua

aumenta la salinidad en suelos arenosos, favorece a plantas halófilas como *Frankenia hirsuta*, *Beta macrocarpa*.

Los manaderos, alimentados por surgencias de aguas algo ácidas (pH 4 y muy baja conductividad 0,10-0,20 mS/cm) originan charcos elevados sobre su contorno. Aparecen en todo el contacto de la Vera, frecuentemente alineados sobre una red de drenaje anastomosada y poco funcional.

En pocos decímetros cambia el carácter de la vegetación al ir pasando a charcos profundos y ser sustituida por macrofitos de orilla o especies flotantes o al presentarse áreas de suelo mas rico en bases o mas arcilloso. En este mosaico, pueden aparecer enclaves muy ácidos que soportan diminutas turberas con carices y drosera hasta vegetación flotante de lenteja de agua. Pueden mencionarse *Haynardia cylindrica* (= *Monerma cylindrica*), *Mentha pulegium*, *Cotula coronopifolia*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Eleocharis uniglumis*, *Ranunculus peltatus ssp. baudotii*, *Scirpus maritimus*, *Schoenopectus lacustris*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Lemma minor*, etc.

Las orillas de lagunas y los bajos con aguas muy duraderas presentan una vegetación con las especies mencionadas en salinidades bajas. Se desarrolla en torno a la depresión un matorral de monte negro-monte higrofitico que puede llevar alcornoque o restos de monte de mancha. Termina bruscamente en pastizal-juncal, allí donde el encharcamiento se repite anualmente. La secuencia incluye generalmente una orla de *Juncus maritimus* y *J. acutus* otra interior y concéntrica con *Eleocharis palustris*, *Glyceria fluitans*, *Alisma plantago-aquatica*, *Baldelia ranunculoides* (= *Echinodorus ranunculoides*), *Ranunculus peltatus ssp. baudotii*. En aguas mas profundas, *Tipha angustifolia* y *Scirpus lacustris*.  
Macrofitos: *Potamogetum pectinatus*, *P. trichoides*,

Zannichellia obtusifolia, Callitriche truncata.

### Lagunas

Las lagunas de Doñana son pequeños cuerpos de agua, siendo la mayor, Santa Olalla, de unas 45 ha con un diámetro mayor de 1,4 km y un perímetro de 6 km. Puede extenderse llegando a establecer continuidad con Laguna Dulce, elevándose la superficie a unas 100 ha de lámina de agua. En el periodo de mínima extensión en 1981, la superficie inundada era inferior a 10 ha. La profundidad varía en consonancia excediendo raramente los 3 m que se redujeron a 20 cm en el mínimo. (LOPEZ y otros, 1991). Una medida representativa de la profundidad para esta laguna es 1 m. Las restantes son mas someras y pueden secarse algunos veranos salvo en algunos puntos sobreexcavados por la fauna que acude para abrevar. Artificialmente la guardería del Parque profundiza unas pequeñas superficies (zacallones) hasta la superficie piezométrica para que mantengan agua en verano.

La gran variación de volumen y superficie de las lagunas esta debida a su regimen de alimentación dependiente de la precipitación y esorrentía y la descarga del acuífero. En las lagunas peridunares (Brezo, Toro, Pino, María, Zahillo, Mirto, Taraje, Dulce, Santa Ollala, Pajas, Sopetón y otras menores) es importante la aportación del acuífero que presenta bajo las dunas un domo piezométrico. En los Cotos, alineados en el frente de las naves, se reconoce otra alineación de lagunas con extensión menor como un rosario N-S (Domínguez, Mogea, Ojillo, Navazo del Toro). En los Cotos el acuífero descarga en dirección O-E y se mantiene el desnivel entre cotas de la superficie de lagunas hasta la marisma, siguiendo esa dirección (VELA y LLAMAS, 1986). Aun estando inmediatas la lagunas como Dulce y Santa Olalla, persisten diferencias tanto de nivel (unos 50 cm) cuanto de

composición química del agua.

En algunas depresiones se producen igualmente áreas de encharcamiento recurrente causadas por una combinación de mal drenaje, concentración de flujo y descarga del acuífero, como se explicó en otro apartado. Unas depresiones reciben nombre de laguna (Contrabandista, Madroñas, Castañuelas, Tarajal del Lobo, Mahón) si bien la denominación no es consistente existiendo otras de mayor inundación que no reciben tal nombre. Durante las fuertes precipitaciones de noviembre-diciembre, 1990, se formaron unas 100 lagunas de 1 ha o mas en la superficie de Cotos del Parque Nacional.

La clasificación de estas masas de agua de Doñana por su morfología, extensión, carácter endorreico o exorreico aplicada por algunos autores no es satisfactoria.

Se recoge aquí la clasificación que proponen GARCIA NOVO y otros (1991) de 48 masas de agua del Parque sobre sustrato arenoso, que resulta la mas satisfactoria aparecida. Se basa en la tipología de alimentación de las lagunas por al acuífero, el régimen hídrico, composición iónica y estado trófico. En cada grupo se indican los valores medios en febrero y junio, respectivamente, de la conductividad y la concentración de clorofila.a plantónica, y algunos organismos representativos :

Lagunas peridunares alimentadas, principalmente, por la descarga del acuífero frente al sistema de dunas y en menor medida por escorrentía superficial. Dentro de este grupo hay dos tipos:

- \* Permanentes. Tienen siempre agua, aunque experimenten amplias fluctuaciones (conductividad: 0.46-1.03 mS/cm, clorofila: 5.12-53.81 mg/m<sup>3</sup>).

- \* Temporales. Se secan en verano (conductividad: 0.35-1.2 mS/cm, clorofila: 2.56-93.86 mg/m<sup>3</sup>)

Lagunas efímeras, alimentadas en parte por el acuífero Almonte-marismas y en parte por escorrentía superficial. Según predomine una vía u otra se pueden establecer 4 tipos:

- \* Originadas por descarga del acuífero, situadas en la Vera. En junio, estaban todas secas (conductividad: 0,22 mS/cm, clorofila: 13,42 mg/m<sup>3</sup>.)
- \* Originadas por descarga del acuífero, pero con duración mayor de la inundación (el 50% todavía con agua en Junio) (Conductividad: 0.21-0.48 mS/cm, clorofila: 4.6-51.18 mg/m<sup>3</sup>).
- \* Zonas de recarga del acuífero, llenándose preferentemente por escorrentía superficial (sólo el 20% tenían agua en Junio) (conductividad: 0.13-0.36 mS/cm, clorofila 3.66-122.23 mg/m<sup>3</sup>)
- \* Lagunas colgadas, dependientes de un acuífero colgado debido a drenaje impedido local. El el 33% permanecía con agua en Junio (conductividad: 0.13-0.31 mS/cm, clorofila: 16,3-50 mg/m<sup>3</sup>).

Lagunas de zonas limítrofes con la marisma, situadas en la Retuerta y cerca de la desembocadura del Guadalquivir. Son mucho más heterogéneas, tanto por su régimen hídrico como por su funcionamiento, por lo que es difícil establecer grupos, aunque se pudieran diferenciar 3 tipos:

- \* Lagunas de la Retuerta (conductividad 0.25-0.98 mS/cm, clorofila: 22.98-26.29 mg/m<sup>3</sup>).

- \* Lucios, próximos a la marisma (conductividad: 0.57-2.88 mS/cm, clorofila: 5.19-16.81 mg/m<sup>3</sup>).
  
- \* Zonas encharcadizas, efímeras que se secaron antes de junio (conductividad invernal: 0.35 mS/cm, clorofila: 24.02 mg/m<sup>3</sup>).

Lagunas mantenidas artificialmente: tienen el nivel constante mediante el bombeo de agua superficial del acuífero o el aporte de pozos surgentes. Sus características son poco variables (conductividad: 0.18-0.28 mS/cm, clorofila: 3.52-11.01 mg/m<sup>3</sup>).

En el cuadro 5-2-1-A, se resumen algunas características químicas de varios tipos de lagunas.



CUADRO 5-2-1-A

## CARACTERISTICAS DE LAS LAGUNAS DE DOÑANA. DATOS DE ENERO DE 1.990

	Superf. (ha)	Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	Clor.a (µgr/l)	Amonio (µg-at/l)	Nitrito (µg-at/l)	Nitrato (µg-at/l)	Fosfato (µg-at/l)	M.org. (mg/l)	Polifenol (mg/l)	solubles
Lagunas peridunares											
Lagunas permanentes											
Santa Olalla	100,00	276	0,60	7,8	22,86	2,68	18,04	7,73	6,56.	6	6
Dulce	18,00	220	0,31	2,4	22,86	1,28	30,78	7,21	5,2	9,5	
Lagunas temporales Zahillo	3,18	110	0,36	2,81	10,71	0,0	34,73	0,02	5,59.	0,8	
Taraje	6,11	150	0,37	2,60	10,74	0,0	26,12	0,02	2,0	7,13	
Charco del Toro	1,90	140	0,49	4,70	21,67	1,5	24,28	0,03	3,0	5,1	
Lagunas efímeras Descarga nave estabilizadas (baja eutrofia)											
Acebuche de las Palomas	0,03	100	0,23	1,94	64,28	0,0	52,85	2,54	12,5	7,33	
Ojillo	0,41	150	0,20	3,70	1,43	0,0	44,64	0,80	6,0	7,02	
Navazo del Toro	2,74	120	0,17	3,47	36,4	0,0	42,28	0,06	6,0	6,82	
Descarga vera (alta eutrofia)											
Caño Martinazo	0,70	50	0,19	19,24	34,28	0,0	28,21	0,35	12,5	6,1	
Caño Raya	0,06	30	0,18	25,04	15,71	0,0	33,57	0,16	18,5	6,0	
Recarga del acuífero Corral Largo 2	0,04	30	0,06	4,17	0,00	0,0	18,85	0,00	0,0	0,0	
El Rico	0,64	30	0,12	1,39	62,14	0,0	78,56	0,00	3,5	8,6	
Colgadas Encinillas bajas	0,50	50	0,10	17,37	57,85	0,0	110,28	0,35	6,5	9,3	
La Jabata	0,97	30	0,14	20,38	143,57	0,0	40,71	0,42	19,0	8,0	

La composición del zooplancton de las lagunas depende en primer lugar de la persistencia de la masa de agua, en segundo lugar de la salinidad y en tercero de la eutrofia (FUREST y TOJA, 1987).

En lagunas peridunares permanentes sometidas a cambios importantes de eutrofia y conductividad, dominan especies de espectro amplio como *Daphnia magna*, *Arctodiaptomus wierzejski*, *Brachionus plicatilis*, que pueden alcanzar enormes densidades en picos de proliferación (1,500 individuos/dm<sup>3</sup> de dafnia; 5,000 de brachionus; 15,000 de acantociclops). En lagunas temporales aparecen además especies resistentes a la desecación como el *Mixodiaptomus kupelwieseri*, aunque la diversidad del zooplancton es menor.

En lagunas efímeras la diversidad es máxima probablemente por ser mucho más heterogéneas entre sí, existiendo especies singulares como *Hemidiaptomus roubai* (copépodo diaptómido), *Tanymagstic stagnalis* (entomostráceo) y el *Triops cancriformis*. El grupo que dirige la Dra. TOJA en el Departamento de Ecología de la Universidad de Sevilla, ha encontrado 22 especies de rotíferos y 27 de crustáceos en lagunas efímeras, frente a los 15 y 13 respectivamente en las permanentes y a 6 y 13 en las temporales.

Las superficies de lagunas, bajos o manaderos que se desecan en verano o lo hacen en un ciclo de sequía hiperanual, ponen al descubierto un sustrato enriquecido en materia orgánica y nutrientes (1,5-1,8 g de P/kg suelo seco; LOPEZ, 1991). Al mineralizarse se cubre de una vegetación terrestre donde son frecuentes especies de *Lythrum* (*L. hyssopifolia*, *L. salicaria*), *Mentha pulegium*, *Panicum repens*, *Cynodon dactylon*. *Senecio jacobea*, *Rumex pulcher* y otras nitrófilas que se benefician de la abundancia de nutrientes. En verano puede formarse en

los fondos lacustres secos una cubierta casi monoespecífica de *Heliotropium europaeum* o *H. sinuatum*.

Durante periodos de sequía largos, el fondo lagunar puede cubrirse de matorral de monte negro, que desaparecerá tras un periodo nuevo de encharcamiento. Tal es el caso de Laguna del Brezo que en los 20 años últimos ha conocido repetidas alternativas de ecosistema terrestre y acuático llegando a instalarse en parte del vaso un bosque de pino piñonero.

#### **5.2.2. Importancia de las arenas estabilizadas para la conservación**

Los ecosistemas descritos en esta gran unidad poseen interés conservacionista a diferentes niveles: como ecosistemas, como paisajes, por sus elementos florísticos y especialmente por los faunísticos.

Los bosques y matorrales mediterráneos de arenas estabilizadas forman un mosaico variado sobre un sustrato arenoso simple y homogéneo que facilita el análisis de procesos ecológicos. Algunos de los ecosistemas tienen además un carácter de rareza porque las intensas transformaciones de nuestro litoral en los últimos 25 años, han destruido los sistemas naturales sobre dunas estabilizadas que abundaban en otros lugares .

La transición de la Vera-Retuerta y su prolongación en Marismillas ofrecen un ecotono de dimensiones muy grandes del mayor interés para los ecólogos, zoólogos y botánicos. Es raro encontrar un espacio tan denso en publicaciones científicas como la Vera de la Reserva Biológica en el Parque.

Alcornocales, matorral de mancha ofrecen ejemplos bien conservados, pero son formaciones comunes en Andalucía. Por su rareza tienen mayor interés los sabinares, matorrales de monte blanco, monte negro y en particular el monte negro higrofítico. La presencia de un acuífero cuya superficie es muy cercana a la de arenas otorga gran originalidad a los ecosistemas que dependen de su aporte porque les permite persistir en ambientes mediterráneos áridos a sistemas y especies de otros climas. Árboles y arbustos higrofíticos, y los ecosistemas de bajos, manaderos, y zonas de descarga son del mayor interés.

Las lagunas ofrecen una variedad amplia de medios acuáticos continentales sometidos a procesos que por tratarse de sustrato arenoso, importancia del aporte del acuífero y elevadas radiación y temperatura, no siempre tienen equivalente fuera de Doñana o su entorno.

Como paisajes, los sabinares, el monte de mancha, los matorrales y la zona de ecotonía de la Vera, son casi irrepetibles fuera de este sector del Golfo de Cádiz. Las pajareras en la interfase arenas-marisma se han incorporado como imágenes de la naturaleza a escala mundial. Las lagunas de las dunas o de las arenas, desaparecidas casi por completo en el litoral ofrecen en Huelva y especialmente Doñana uno de los mejores conjuntos de la Península.

Un segundo aspecto de la conservación de Arenas estabilizadas es el interés de su vegetación mediterránea. Como elementos propios, apenas posee endemismos: *Linaria thursica* (= *L. donyanae*), *Hainardiopholis xpauneroi*, *Thymus mastichina donyanae*. Mas interesante es la presencia de especies de distribución rara o que encuentran en Doñana el límite de su área y que se han ido mencionando en el texto.

En la vegetación, son destacables las series de matorrales de arenas, escasas en el resto de la Península; las especies acuáticas o de medios encharcados; las de pastizales encharcables en contacto con la marisma que ofrecen un catálogo rico de comunidades.

El mayor interés conservacionista es sin embargo faunístico. Debido a su mantenimiento tradicional para coto de caza y la escasa presión humana, la fauna de vertebrados original está casi completa. Faltan oso y lobo y se han introducido en época histórica algunas especies como gamo, gineta, rata común, ganado doméstico o carpa, black-bass y gambusia o se han repoblado especies extintas o reducidas como la tortuga mora, aportando animales de Marruecos. Tales cambios son muy pequeños comparados con los sufridos por el entorno o la península. Especies tan importantes como el águila imperial o el lince ibérico encuentran en el Parque un refugio adecuado para sus poblaciones que ya han quedado aisladas de las restantes.

La causa de la diversidad de especies de vertebrados es la heterogeneidad de ecosistemas que ofrecen diversidad de medios para explotar recursos y combina ecosistemas estructurados propios para anidar, encamar, parir con otros simples y productivos que canalizan energía y mantienen una red trófica extensa. La presencia de arbolado en particular alcornoques añosos con troncos ahuecados favorece el desarrollo de biocenosis propias de copa (invertebrados; insectívoras y reptiles; mamíferos y aves carnívoras). A la vez produce gran cantidad de bellota que con otros frutos del matorral de mancha mantiene mamíferos y aves frugívoras. Pies aislados de eucalipto, alcornoque o pino dan soporte a los grandes nidos de águila imperial, culebrera, cigüeña; las impresionantes pajareras de garzas ya mencionadas, etc.

Para el mantenimiento de la fauna de vertebrados, han sido importantísimos la Vera y los rosarios de lagunas por el carácter de productividad alta, mosaicidad y porque facilitan la explotación de sistemas acuáticos productivos (marisma, lagunas) por elementos del bosque y matorral mediterráneos. Las aves de las pajareras, los jabalíes, gamos, liebres, zorros explotan la productividad de la marisma en sus márgenes o en su totalidad cuando seca. Otros vertebrados como la imperial o el lince, de modo mas ocasional. La propia Vera ofrece siempre densidad alta de conejos y pequeños mamíferos y reptiles y temporal de anfibios y artrópodos en un sistema abierto que facilita la caza de las rapaces menores: aguiluchos, milanos, cernícalos y nocturnas y otros predadores. Los rizomas de los helechos y la grama son aprovechados por el jabalí junto con larvas de invertebrados y anfibios. Los gamos y el ganado doméstico presentan su mayor densidad en esta banda productiva que ofrece un gran conjunto de recursos tróficos que complementan los de arenas estabilizadas.

Como se ha indicado, las naves, monte blanco y pinares no aclarados, son ecosistemas muy poco productivos (a nivel primario) por lo que mantienen muy baja biomasa animal. Monte de mancha, bosques y series higrofíticas son las áreas productivas. Para los vertebrados cazadores mas grandes, el conejo (y sus gazapos) constituyen la presa principal y el canal de productividad hasta su nivel trófico. Hay otras presas alternativas estacionales como reptiles (lagarto ocelado, culebra bastarda, culebra de escalera), anfibios (sapo de espuelas, gallipato); o permanentes como algunas aves o pequeños mamíferos, pero el conejo retiene su papel de presa fundamental o moneda energética del sistema. El conejo por su parte requiere superficies productivas de pasto abierto con buena circulación de nutrientes como las ofrecidas por los bajos, manaderos, márgenes de lagunas y La

Vera-Retuerta. Y los predadores, un terreno abierto que permita su captura.

También a este nivel del análisis, destaca la importancia de los pastos húmedos asociados a las zonas de descarga del acuífero en la conservación del Parque, se trate de La Vera, de los bajos y maderos o de los bordes de laguna.

Otras especies de vertebrados de interés en las Arenas estabilizadas son los tritones (*T. marmoratus*; *T. boscai*) de las lagunas temporales, que comparten con otras especies de anfibios como sapos (partero ibérico, común, corredor, pintojo, moteado), salamandra, rana común, de San Antonio y los galápagos, abundantes en las lagunas permanentes. Son importantes los reptiles que forman comunidades diversas. En lagunas y encharcadizos galápagos y culebras de agua y en áreas herbosas la tortuga mora. En medios áridos y de arenas sueltas, lagartija colirroja, lagartija escamosa, eslizón (*Chalcides chalcides* y *Ch. bedriagai*), víbora hocicuda y en situaciones intermedias salamanquesa y lagartija ibérica frecuentes en troncos, lagarto ocelado, culebra de herradura, lisa (*C. girondica*), de escalera, y la de cogulla (*Macroprotodon cucullatus*).

La culebra bastarda era un predador extraordinariamente común en el matorral de monte hasta los años 70, alcanzando un tamaño de 2 m. La epidemia de mixomatosis que diezmo los conejos y los ha mantenido desde entonces con poblaciones menores, aumentó tanto la presión de los predadores grandes sobre los reptiles que la culebra bastarda (y los demás reptiles mayores) han reducido sustancialmente su densidad.

Además de las especies citadas, los mamíferos están representados por erizo, musarañita, musaraña, lirón careto, topillos y ratones de campo, tejón, comadreja, meloncillo,

murciélagos. El turón, y el gato montés son raros. La nutria llega a las arenas siguiendo cauces y bordes de laguna, pero en los últimos años su presencia no parece continua.

Las aves, el grupo mas destacado, incluye las de matorral y bosque mediterráneo, las de medios áridos y abiertos, las de pastos húmedos y borde de marisma, de cañaverales y las propiamente acuáticas que aparecen en lagunas y encharcadizos. De las casi 700 especies avistadas en Doñana (GARCIA y otros, 1979), la mayor parte pueden serlo en los Cotos por ese carácter ecotonal que ofrecen entre las naves y dunas móviles, pobres, áridas e improductivas y el Caño de las Madres una de las áreas mas productivas en la Marisma.

Zampullines, somormujos, flamencos, ánades, fochas, calamón, cercetas, ánsares, charranes, limícolos, martinetes, garzas, espátulas pueden verse en las lagunas; en la del Taraje existía a principio de siglo una enorme pajarera. Las grandes rapaces y los carroñeros, se concentran en la marisma cuando la sequía deja atrapados sin retorno al río las lisas, anguilas o carpas que pudieron penetrar en los lucios durante el invierno.

De las aproximadamente 200 especies de aves relativamente comunes en Doñana, unas 120 encuentran un medio adecuado en los ecosistemas de arenas estabilizadas excluyendo los acuáticos.

### **5.3. La Marisma**

La impermeabilidad de la Marisma del Parque hace que confine el Acuífero. La Marisma se comporta como un decantador y evaporador de las aportaciones directas de lluvia y los caudales de emisarios y descargas del acuífero a través de Vera y Retuerta, etc. Actualmente el intercambio directo con



el estuario del Guadalquivir y Brazo de la Torre esta regulado con la Montaña del río y su sistema de compuertas, lo que impide en la práctica aportaciones de agua de este origen.

Todos los ecosistemas de la marisma, son dependientes del agua en un grado mayor o menor. Los acuáticos propiamente dichos y los marismeños que se organizan con vegetación arraigada (castañuela, bayunco, almajos, pastizales, juncales). La variación en precipitaciones o aportaciones de los emisarios actúa sobre los mismos a dos niveles: modifica la superficie y por otra parte la profundidad y persistencia de la lámina de agua, dentro de una fluctuación anual con inundación invernal y sequía estival.

Diferencias grandes en aportaciones sobre la marisma la hacen variar desde un continuo de unas 30.000 ha cubierto por una lámina de agua (invierno 1989-90) a una llanura seca que se coloniza por almajos (especies de los géneros *Artrocnum*, *Salicornia* y *Sarcocornia*) y pastizal de *Polygouon maritimum* y *Aleuopus littoralis* como en el ciclo de sequía 1981-84.

Al describir los ecosistemas de los Cotos, se incluyeron los de su interfase con la Marisma, que resultan directamente afectados por la descarga del acuífero. Los restantes, dependen de aportaciones superficiales de agua y por ese motivo, no procede su discusión pormenorizada, ni su descripción en un apartado.

### **5.3.1. Relaciones hídricas e interés conservacionista**

En este apartado y en el siguiente se ofrece una síntesis del trabajo indicando en sendas tablas dos aspectos complementarios de los ecosistemas de Doñana.

En primer lugar (tabla 5-3-1-A) su dependencia con el suministro hídrico, indicando el papel jugado por el acuífero.

En segundo lugar, (tabla 5-3-1-B) la importancia conservacionista de los ecosistemas, y los aspectos o elementos mas destacables. En conjunto permiten situar la conservación frente al papel del acuífero.

En la tabla 5-3-1-A, aparecen ordenados en la primera columna los ecosistemas que se han descrito y su carácter frente al aporte hídrico, que aparece en la segunda columna. Se diferencian aporte por P (precipitación): lluvia, intercepción lateral; E (agua edáfica): aportadas al suelo por agua freática, descarga de un acuífero; S (agua de superficie): arroyos, lagunas.

La sensibilidad (tercera columna) es una estima de la capacidad del ecosistema para resistir un ciclo corto (3 años) sin aporte de agua distinto de la precipitación. La estima numérica trata de reflejar la capacidad de resistencia:

- (5) máxima: sistemas que no se modifican de modo importante en composición ni estructura.
- (4) alta: las modificaciones son recuperables en un plazo de tres años de precipitación normal.
- (3) media: el sistema sufre modificaciones profundas, recuperables a plazo largo (5-10 años).
- (2) baja: las modificaciones implican la sustitución a plazo corto por otro ecosistema. A plazo largo, mayor de 10 años, el proceso puede revertirse.

(1) muy baja: las modificaciones son irreversibles.

(0) nula: los ecosistemas acuáticos desaparecerían . El retorno de condiciones acuáticas permite su eventual recuperación.

El índice de sensibilidad es una aproximación meramente indicativa. En cada ecosistema, facies y localización puede variar una unidad mas o menos dependiendo de situaciones puntuales.

La persistencia, (cuarta columna) es una estima cualitativa de la supervivencia del ecosistema si pasara a depender exclusivamente de la precipitación: Si, sobrevive; No, desaparece; Parte, se mantienen elementos o zonas organizados. Los símbolos completan la observación con un estima de la posible tendencia del sistema en el área de Doñana si esta dispusiera sólo de precipitación como aporte hídrico, lo que originaría expansión de unos sistemas a costa de otros. +, expansión; -, regresión; =, sin cambio.

TABLA 5-3-1-A

DEPENDENCIA DE LOS ECOSISTEMAS FRENTE AL APORTE HIDRICO			
ECOSISTEMAS	APORTE	SENSIBILIDAD	PERSISTENCIA
Dunas			
Playa alta-dunas embrio	P	5	Si +
Arenas	P	5	Si =
Frentes mas estables	P	5	Si =
Mogotes	P	5	Si =
Corral con matorral	P	5	Si =
Corral repoblado	P/E	5	Si =
Contradunas	P	5	Si =
Depresiones	E/S	3	Parte -
Colas de duna	P	5	Si =
Cotos			
Matorral de naves	P	5	Si =
Sabinar	P	5	Si =
Pasto seco	P	5	Si =
Monte blanco	P	5	Si =
Alcornocal	P/E	5	Si -
Monte de mancha	P	5	Si -
Monte negro	P	3	Si -
Pinares	P	5	Si +
Fresneda	E/P	3	Parte -
M. n. higrofitico	E/S	2	No -
Tarajal	E/P	2	No -
Manaderos-Ecotono	E/S	1	No -
Lagunas	S	0	No -
Marisma			
Marisma de almajos	S/P	4	Si -
Marisma de castañuela	S/P	2	No -
Caños	S	0	No -
Lucios y sacatierras	S/P	0	No -
Montaña del río-vetas	P	4	Si +
Marisma mareal	S	5	Si =

En la Tabla 5-3-1-B, para los ecosistemas descritos en Doñana (listados en la columna primera) se relaciona su interés conservacionista (columna segunda) expresado en relación con su rareza o importancia relativa: Pe, dentro de la Península; Eu, a escala de Europa; Mu, a nivel del Mundo.

En elementos (columna tercera) se indican algunos de interés conservacionista que caracterizan el ecosistema. Se han utilizado las siguientes abreviaturas:

Ec	ecosistema	Valor destacado como ecosistema excepcional o de gran interés
Pl	vegetación	Vegetación interesante o con especies importantes en conservación
Fa	fauna	Interesante o con especies importantes en conservación
Ve	vertebrados	Interés por su conjunto o por algunas especies protegidas
Pa	paisaje	Excepcional por su rareza o su atractivo

TABLA 5-3-1-B

COMPARACION DEL INTERES CONSERVACIONISTA DE LOS ECOSISTEMAS DE DOÑANA

ECOSISTEMAS	SINGULARIDAD --/Pe/Eu/Mu	ELEMENTOS Ec/Pl/Fa/Ve/Pa
Dunas		
Playa alta-dunas embrio.	Pe	Fa Pa
Arenas	Pe/Eu	Ec Pa
Frentes mas estables	Pe	Ec Pa
Mogotes	Pe	Ec/Pl
Corral con matorral	Pe/Eu	Ec/Pl/Fa Pa
Corral repoblado	Pe	Ec Fa/Ve/ Pa
Contradunas	--	Ec
Depresiones	Pe/Eu	Ec Fa
Colas de duna	Pe/Eu	Ec/Pl
Cotos		
Matorral de naves	Pe/Eu	Ec/Pl
Sabinar	Pe/Eu/Mu	Ec/Pl
Pasto seco	--	Pl
Monte blanco	Pe/Eu	Ec/Pl/Fa/Ve/Pa
Alcornocal	(1)	Ec/Pl/Fa/Ve/Pa
Monte de mancha	(2)	Ec/Pl/Fa/Ve
Monte negro	Pe/Eu	Ec/Pl Ve
Pinares	--	Ve
Fresneda	--	Pl Ve
Monte negro higrofitico	Pe/Eu/Mu	Ec/Pl/Fa/Ve
Tarajal	--	Ec Fa/Ve
Manaderos-Vera	Pe/Eu/Mu	Ec/Pl/Fa/Ve/Pa
Lagunas	Pe/Eu	Ec/Pl/Fa/Ve/Pa
Marisma		
Marisma de almajos	Pe/Eu	Ec/Pl/Fa/Ve
Marisma de castañuela	Pe/Eu/Mu	Ec/Pl/Fa/Ve/Pa
Caños	Pe/Eu/Mu	Ec/Pl/Fa/Ve/Pa
Lucios y sacatierras	Pe/Eu/Mu	Ec/Pl/Fa/Ve/Pa
Montaña del río y vetas	Pe/Eu	Ec/Pl/Fa/Ve/Pa
Marisma mareal	Pe	Ec Fa

(1) Algún enclave puntual como los alcornocales de la Vera con sus pajareras pueden poseer relevancia mundial

(2) Algún enclave excepcional como Encinillas Altas, puede tener interés científico a escala mundial

La orientación de la tabla 5-3-1-B es analítica y trata de comparar los ecosistemas entre si. Por tanto se indica en cada caso el valor excepcional. Para Doñana, el conjunto es en si mismo tan singular que no puede prescindirse de un sector sin afectar al resto por mecanismos ecológicos, peristencia de la vegetación, la fauna o el paisaje. Este índice de conservación, junto a la valoración anterior trata de poner en evidencia los elementos del área que se verían mas afectados por la explotación del acuífero Almonte-Marismas.

#### 5.4. Conclusiones

Al estudiar los ecosistemas del Parque Nacional llama la atención el conjunto de circunstancias naturales y sociológicas favorables para que hayan llegado hasta nosotros. Muy sintéticamente, Doñana es una reliquia del pasado protegida por su aislamiento y falta de rentabilidad agrícola de sus suelos, rodeada de una región de activo desarrollo económico. Ahora el entorno está fácilmente comunicado, el desarrollo agrícola y la intervención humana son muy intensos y los terrenos poseen un claro valor agrícola. Ninguna de las condiciones actuales es favorable a la conservación.

Doñana, como sistema natural, no depende sólo de preservar la superficie que ocupa. Requiere una actuación cuidadosa sobre el sistema acuífero, agua de muy alta calidad en la red de drenaje que lo alimenta, apreciable calidad en el Guadiamar, el Guadalquivir, el mar litoral y la atmósfera y la existencia de amplias zonas con ecosistemas conservados en su entorno.

Este antagonismo entre conservación y explotación para el desarrollo, subyace en la problemática que plantea (y ha de plantear) la protección de este territorio.

De las anteriores consideraciones se deducen consecuencias relativas a la conservación del espacio natural. Es imprescindible mantener las áreas de descarga del acuífero en lagunas, bajos, ecotono, freatofitas y monte negro con un régimen básicamente similar al actual. Sin ésta aportación, o si aquella se hiciera ocasional, los ecosistemas actuales desaparecerían en favor de otros que dependen de precipitación. No se trata sólo de la pérdida de ciertas superficies o algunos ecosistemas y tipos de vegetación. Es que el funcionamiento de la mayor parte del Parque y especialmente de su fauna de vertebrados, se vería seriamente afectado. No todos los ecosistemas dependen de la descarga del acuífero: son minoría. El sistema del Parque como tal, si.

Esta exigencia implica que la explotación del acuífero para usos agrícolas y urbanos ha de subordinarse al mantenimiento de los regímenes previos a la explotación. Y en caso de colisión de intereses, la conservación del Parque exige que el aporte de agua para regadíos o usos urbanos proceda de otra cuenca distinta de la que drena hacia Doñana.

El tema del aporte de agua es fundamental pero no único. La conservación exige igualmente no modificar la calidad de los emisarios con vertidos urbanos, industriales o agrícolas a los arroyos que vierten al Parque. Los ríos Guadiamar y Guadalquivir deben mantener, por la misma razón, una calidad adecuada ya que sus aguas alcanzan temporalmente la marisma y están en contacto con la marisma exterior a la montaña del río.



Por igual motivo la conservación del Parque implica el mantenimiento de la calidad en las aguas litorales evitando vertidos contaminantes urbanos desde Matalascañas, como viene siendo habitual, y suprimiendo los vertidos industriales del Polo de Huelva que por vía atmosférica o marítima alcanzan Doñana.

Las poblaciones de especies protegidas aún existentes en el entorno es imprescindible mantenerlas. Ofrecen garantía al intercambio con las interiores del Parque lo que facilita su dispersión en fases críticas (sequía, inundación) y mantiene alta su heterogeneidad genética. Las superficies forestales con explotación tradicional que antes predominaban en el entorno, ofrecían una alternativa óptima de uso del suelo. La agricultura avanzada que se está promocionando actualmente a pocos metros del Parque, resulta la peor alternativa que pueda implementarse cara a la conservación.

Resulta dramático que la Administración del Estado en todos sus niveles venga invirtiendo durante los últimos 20 años sumas cuantiosas en la región de Doñana paralelamente en transformación radical y en conservación. El resultado final es alarmante y ha desatado profunda preocupación nacional SUSO y LLAMAS (1990) e internacional (HOLLIS y otros, 1988).

La degradación del Parque Nacional a causa de la sobreexplotación del acuífero, había sido indicada por MERINO y MERINO (1988) indicando que los efectos sobre los ecosistemas del Parque no afectarían a los de cotas mas elevadas, tipo naves, sino a los de especies freatofíticas o asociados a zonas de descarga, que ocupan cotas inferiores y afirmaban (pp 126) "... la sobreexplotación del acuífero ... podría significar la extinción de la comunidad de brezal". Afortunadamente y como indica LLAMAS (1988a, pp 105), "... the ecological disaster has not yet occurred.

Several years have probably still to pass before the first external adverse impact signs appear."

No se ha encontrado dentro del Parque evidencia de procesos irreversibles debidos a reducción en el aporte hídrico. Los datos piezométricos del interior del Parque, no muestran en general evidencia de descenso (ver por ejemplo figura 5-3-1-B, correspondiente al corral del sistema de Dunas mas cercano a las arenas estabilizadas).

Fuera del Parque, al Norte, en la zona del Sector III del Plan Almonte-Marismas hay descensos piezométricos, debidos a la explotación, (pozos III-3-8; III-10-11). Se han señalado igualmente tales descensos en el margen NW del Parque, junto a El Rocío (SUSO y LLAMAS, 1990; LLAMAS, 1991). Al Sur en los pozos de Matalascañas, la extracción podría haber causado disminución del agua disponible para los ecosistemas al interior del Parque porque los descensos han ocurrido a muy poca distancia de su límite. (Datos del ITGE, comm. pers.).

No han podido verificarse efectos en los ecosistemas. Al norte del Parque, la zona afectable por el descenso en El Manecorro, presentaba eucaliptares viejos que se han eliminado y el matorral esta iniciando ahora una sucesión secundaria siguiendo el modelo conocido, con diferenciación de monte blanco en medio mas seco y freatofitos en torno a los manaderos. No hay evidencia de desecación en la vegetación que se encuentra muy degradada tras la intervención.

En la Reserva, frente a la Urbanización, el agua freática esta relativamente profunda (mas de 3 m) y su efecto ecológico es muy escaso en ese tipo de matorral, por lo que el cambio, si lo hubiera sería poco perceptible.

La evidencia de cambios en la distribución de especies freatofitas cuya superficie se reduce (monte negro, fresnedas, manaderos) o la regresión de la vegetación marismaña en el ecotono de la Vera, es muy palpable en algunos sectores. Sin embargo, al estar tales cambios asociados a desorganización de tales tipos de vegetación, la causa que los produce no es única interviniendo el sobrepastoreo, la presión de ungulados salvajes, el excesivo tráfico de vehículos entre otros. Discriminar el posible papel de la disminución de aporte hídrico, si lo hubiera, representa un problema de gran dificultad técnica.

Los modelos de IGME de 1982 y 1987 mostraban que la explotación del acuífero de Almonte-Marismas, no constituyendo sobreexplotación técnicamente, tenía efectos sobre los ecosistemas suprayacentes porque modificaba las zonas de descarga. Con mayor nitidez el modelo de 1987 pone de manifiesto que la explotación de acuífero es capaz de afectar el Parque directamente en áreas de descarga e indirectamente al reducir el aporte de la Madre de la Rocina. También se deducía del modelo que bastaba un descenso en las extracciones en periodos de precipitaciones bajas para reducir sustancialmente los efectos desfavorables.

La densidad de datos del acuífero, aunque elevada en la zona del Plan Almonte-Marismas es insuficiente en el resto, particularmente dentro del Parque Nacional; la densidad de estaciones meteorológicas es asimismo insuficiente y esto explica las grandes divergencias en los términos del balance del acuífero que se mencionaron en su descripción.

En respuesta a la situación planteada, se han iniciado desde 1986 iniciativas por la Administración y grupos de investigación conducentes a obtener los datos necesarios, establecer modelos ecológicos e hidrológicos mas refinados

y desarrollar un seguimiento fino de los ecosistemas que permita discriminar la causa de los cambios observados. Concretamente, el Proyecto Donagua, desarrollado por sendos equipos de los Departamento de Ecología de la Universidad de Sevilla y Geodinámica-Instituto del Agua de la Universidad de Granada, dirigido por los autores de éste capítulo, estudia el comportamiento de la zona no saturada y los ecosistemas asociados, habiendo desarrollado una red de ecosistemas con diferente dependencia del aporte hídrico desde dunas y monte de naves hasta manaderos y lagunas donde se siguen detalladamente los procesos ecológicos.

La puesta en marcha de estos proyectos, coordinados por el Patronato del Parque Nacional y el desarrollo de redes piezométricas, foronómicas, de calidad de aguas, meteorológicas, seguimiento de ecosistemas y poblaciones, etc. ha permitido multiplicar en los 3 últimos años la información sobre Doñana y el acuífero Almonte-Marismas.

La conclusión general es que la conservación del Parque Nacional de Doñana exige la protección del acuífero Almonte-Marismas el manteniendo las descargas tradicionales que alimentan depresiones, manaderos, ecotono de Vera-Retuerta, Arroyo de las Rocinas, etc. Exige asimismo el mantenimiento del régimen y la calidad del agua.

Toda la evidencia acumulada refuerza la relación estrecha entre la persistencia del espacio protegido y el funcionamiento tradicional del acuífero, cuya alteración es incompatible con la conservación.

El análisis de la causa de los cambios sufridos por los ecosistemas del entorno del Parque, excede el marco de este trabajo, pero puede encontrarse en otros documentos: VALVERDE,(1975); GARCIA NOVO, y otros (1990); OLIAS y otros

(1990); COMITE MAB (1991). Las alteraciones no parecen imputables a modificaciones en el acuífero sino a cambios de uso, con enormes efectos debidos a desarrollo agrícola, urbanístico, de comunicaciones, visitas y turismo.

Dentro del Parque Nacional los cambios son debidos a la gestión (ganado, cangrejo rojo, plan del lince, repoblaciones), los visitantes, el aumento del número medio de habitantes, y fluctuaciones importantes de la precipitación.

Se puede concluir que los ecosistemas de Doñana han asimilado una presencia humana milenaria, sin daños irreversibles. Actualmente este equilibrio subsiste, pero esta amenazado en varios frentes que, por separado, pueden destruirlo. Entre ellos, el riesgo mayor lo representaría una explotación inadecuada del sistema acuífero Almonte-Marismas, en el sentido expresado en páginas anteriores.

## 6.- PROBLEMAS QUE PRESENTA LA UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA

En los últimos años, la extracción del agua subterránea de la subunidad Almonte-Marismas es del orden del 22% de la recarga media anual. Además las reservas son del orden de 25 veces la recarga media anual por lo que presentan una gran capacidad reguladora de las variaciones anuales de la recarga.

No existe, por tanto, ningún problema en cuanto a disponibilidad de agua. Sin embargo la transmisividad del acuífero condiciona el modo de explotación, ya que en extensas zonas, para extraer caudales importantes, hay que producir depresiones grandes y para evitarlas es preciso distribuir en una gran extensión las explotaciones. Se consigue así que el agua extraída equivale aproximadamente, a la infiltrada en el entorno de los sondeos correspondientes.

Uno de los problemas que presenta la explotación del acuífero se debe, en gran parte, a esta característica y está en relación con la existencia del Parque Nacional de Doñana: Explotaciones en el entorno de ecotonos y ecosistemas, pueden afectarlos como consecuencia de las depresiones que producen las extracciones de agua.

Otro problema a considerar es el de la calidad del agua, ya que el abonado agrícola puede contaminar el agua subterránea que resurge en el Parque.

En definitiva los problemas que presenta la explotación del acuífero y en particular la agrícola del entorno del Parque se deben, exclusivamente, a la afección que pueden producir en esta importante reserva.

El cambio socioeconómico producido en España en los últimos años se refleja en la evolución de las disposiciones de la Administración en relación con la explotación del acuífero. Así en 1.971, fecha en la que el desarrollo del país primaba sobre cualquier otra consideración, se fijaron en unos 160 hm<sup>3</sup> anuales las disponibilidades del agua del acuífero, de las que 145 serían para la agricultura. Actualmente la explotación ha quedado reducida a menos de la mitad, a unos volúmenes tales que la afección a los ecosistemas del Parque sean mínimas.

## **7.- ANALISIS DE LOS APROVECHAMIENTOS DE LOS ACUIFEROS**

Los aprovechamientos de las aguas subterráneas de la subunidad Almonte-Marismas son, fundamentalmente, de tipo agrícola y en menor proporción urbanos. Así en 1.988 los primeros se evaluaron en unos 70 hm<sup>3</sup> y los segundos en unos 7. Además el uso agrícola retorna a la atmósfera el 80-85% del agua empleada por lo que el consumo neto de ese año se estimó en unos 55-60 hm<sup>3</sup>.

Se desprende la importancia relativa que presentan los primeros por lo que los siguientes capítulos se refieren al empleo agrícola del agua subterránea.

### **7.1. Aprovechamientos agrícolas**

La evolución de la superficie regada en el entorno del Parque Nacional de Doñana se indica en el cuadro 7-1-A. Está tomada de la contestación dada por el gobierno español a requerimiento de la CE. Se observa que entre 1.968 y 1.990 la superficie regada ha variado de 600 ha a 6.755 y que para 1.994 se estima que será de 9.935. Los consumos netos en esos tres años son, respectivamente 3,2 hm<sup>3</sup>, 35,8 y 52,6. En el cuadro 7-1-B se indica la distribución de esas superficies entre 1.968 y 1.986 por sectores: entornos de Villamanrique, de El Rocío y de las marismas. Mientras que en las dos primeras la superficie regada crece continuamente hasta 1.986, en las marismas el máximo se presenta en 1.984, disminuyendo un 10% en los dos años siguientes.



CUADRO 7-1-A.- EVOLUCION DE LA SUPERFICIE TRANSFORMADA EN REGADIO EN LA ZONA ALMONTE-MARISMAS Y ENTORNO Y EXTRACCIONES NETAS DEL ACUIFERO

AÑO	SUPERFICIE TRANSFORMADA EN REGADIO			SUPERFICIE REGADA EN EL AÑO (Ha) (* )	EXTRACCION NETA DEL ACUIFERO (Hm <sup>3</sup> /año) (**)
	INICIATIVA PRIVADA (ha)	INICIATIVA TOTAL (ha)	TOTAL (ha)		
1968	600	--	600	600	3,2
1970	760	--	760	760	4,0
1975	1.265	95	1.360	1.360	7,2
1980	2.655	320	2.975	2.975	15,7
1981	3.150	320	3.470	3.250	17,2
1982	3.515	460	3.975	3.525	18,7
1983	4.315	935	5.070	3.910	20,7
1984	4.235	1.265	5.500	4.400	23,3
1985	3.885(***)	2.065	5.950	4.750	25,1
1986	3.885	3.050	6.935	5.200	27,5
1987	3.885	4.510	8.395	5.825	30,8
1988	3.855	5.235	9.120	6.450	34,1
1989	3.435(***)	5.955	9.390	6.600	34,9
1990	3.435	6.500	9.935	9.935	35,8
1994(****) (****)	3.435	6.500	9.935	9.935	52.6

(\*) Finalizadas las obras de transformación en riego se produce una implantación paulatina de los cultivos de riego por adaptación de los agricultores a las nuevas técnicas y procesos productivos, que dura 3 años.

(\*\*) Extracción del acuífero

- Se considera una dotación media de riego de 6.920 m<sup>3</sup>/ha. Se supone que un 5% de la superficie de riego está ocupada por caminos, desagües y construcciones y un 10% no se riega cada año por la rotación en la alternativa de cultivos.

- Retorno al acuífero por infiltración de excesos de riego: 10%

- Extracción neta media del acuífero referido a superficie regada.

$$6.920 \times 0,85 \times 0,9 = 5.294 \text{ m}^3/\text{ha regada}$$

(\*\*\*) Disminuye la superficie de iniciativa privada al haber quedado parte de ella englobada en redes de riego de iniciativa del I.A.R.A.

(\*\*\*\*) Previsión.

FUENTE: Contestación del Gobierno español al requerimiento de la C.E.E

CUADRO 7-1-B.- EVOLUCION DE LA SUPERFICIE EN RIEGO DE LA ZONA  
ALMONTE-MARISMAS Y SU ENTORNO

AÑO	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
<b>RESUMEN POR SECTORES</b>																			
<b>SECTOR I (VILLAMANRIQUE)</b>																			
- Riegos particulares	-	-	160	160	160	160	295	295	510	590	670	685	685	910	1055	1135	1135	975	975
- Riegos I.A.R.A.	-	-	-	-	-	60	60	60	60	60	60	60	60	-	-	-	-	800	1485
<b>TOTAL SECTOR I.</b>	-	-	160	160	160	220	355	355	570	650	730	745	745	910	1055	1135	1135	1775	2460
<b>SECTOR II (EL ROCIO)</b>																			
- Riegos particulares	600	600	600	650	650	675	710	710	740	880	980	1000	1020	1040	1060	1160	1120	1170	1170
- Riegos I.A.R.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	150	225	275	425	900	1230	1230	1530
<b>TOTAL SECTOR II.</b>	600	600	600	650	650	675	710	710	740	880	1080	1150	1245	1315	1485	1960	2350	2400	2700
<b>SECTOR III (MARISMAS)</b>																			
- Riegos particulares	-	-	-	-	40	90	140	260	410	535	555	750	950	1200	1400	1940	1980	1740	1740
- Riegos I.A.R.A.	-	-	-	-	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
<b>TOTAL SECTOR III.</b>	-	-	-	-	75	125	175	295	445	570	590	785	985	1235	1435	1975	2015	1775	1775
<b>TOTAL ZONA ALMONTE-MARISMAS</b>																			
- Riegos particulares	600	600	760	810	850	925	1145	1265	1660	2005	2205	2435	2655	3150	3515	4135	4235	3885	3885
- Riegos I.A.R.A.	-	-	-	-	35	95	95	95	95	95	195	245	320	310	460	935	1265	2065	3050
<b>TOTAL RIEGOS</b>	600	600	760	810	885	1020	1240	1360	1755	2100	2400	2680	2975	3460	3975	5070	5500	5950	6935

FUENTE: IARA

En el cuadro 7-1-C se indica la superficie regada en la totalidad de la unidad acuífera. Entre 1.982 y 1.990 se produjo un incremento desde 5.550 ha a 16.580. En concordancia con estos regadíos, mientras que en el entorno del Parque la explotación del acuífero fue unos 35 hm<sup>3</sup> (en 1.990, cuadro 7-1-A), para todo el acuífero (cuadro 7-1-C) se evaluó en unos 75 hm<sup>3</sup>.

En el cuadro número 7-1-D se indican las demandas estimadas por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y Cámaras Agrarias, para usos agrícolas en 1.990. El cuadro se refiere a los términos de Villamanrique, Hinojos, Almonte, Moguer, Palos de la Frontera, Lucena del Puerto, Aznalcazar, Rociana, Bollullos Par del Condado y Pilas, agrupadas según se encuentran en sectores en el los que el acuífero funciona como libre o como semiconfinado o que la zona explotada sea poco transmisiva. La superficie total de riego es de 16.580 ha y la demanda del orden de 75 hm<sup>3</sup>.

No se dispone de una estadística completa referente al tamaño de las explotaciones agrícolas. Existe una de la Consejería de Obras Públicas y Transportes que se refiere a Bollullos Par del Condado, Almonte, Bonares y Pilas y que proporciona las cifras indicadas en el cuadro número 7-1-E.

CUADRO N° 7-1-C - SUPERFICIE REGADA EN LA TOTALIDAD DE LA UNIDAD ACUIPERA									
Denominación de las explotaciones más importantes	Dotación			HECTAREAS Y CONSUMOS EN HECTOMETROS CUBICOS AÑO					
		m3/año)	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
LOS MINERALES	9.000	6.000	600 3,60	600 3,60	600 3,60	600 3,60	600 3,60	600 3,60	600 3,60
RAVENTOS									
LAS MADRES		7.000							
MENEU EXPORT		7.000	180 1,20	180 1,20	180 1,20	180 1,20	180 1,20		
PINA, S.A.		5.500							
LA TORERA		6.250							
HATO BLANCO ALTO	8.570								
HATO BLANCO BAJO	8.570								
LA MATA		6.660							
PESCANTES	9.285								
BOMBEO P. DOÑANA									
LOS GARRIDOS		5.715							
CULTIVOS FRESA		8.300							
LOS LABRADOS		6.900							
CIGÜEÑA		6.900							
BANCO		6.900							
SUBSECTOR II-10		6.900							
SUBSECTOR II-17		6.900							
BUSQUET		6.900							
PICHARDO		6.900	180 1,24	180 1,24	180 1,24	180 1,24	180 1,24		
PABLO ROMERO		6.900							
LAS MANCHAS		6.900	130 0,90	130 0,90	130 0,90	130 0,90	130 0,90		
SUBSECTOR II-9		6.900							
LA TIESA		6.900							
DEHESA DE ABAJO	6.900								
CASA NIEVES	6.900								
<b>TOTAL</b>									

1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1990
600 3,60	600 3,60	600 3,60	600 3,60	600 3,60	600 3,60	600 3,60	600 3,60	
250 2,25	500 4,50	500 4,50	500 4,50	500 4,50	500 4,50	750 6,75	750 6,75	
					50 0,35	50 0,35	50 0,35	
180 1,20	180 1,20	180 1,20	300 2,10	300 2,10	300 2,10	300 2,10	300 2,10	
	200 1,10	200 1,10	200 1,10	200 1,10	200 1,10	200 1,10	200 1,10	
40 0,34	40 0,34	40 0,34	150 1,30	150 1,30	150 1,30	150 1,30	150 1,30	
				105 0,90	105 0,90	105 0,90	105 0,90	
						80 0,50	60 0,50	
					140 1,30	140 1,30	140 1,30	
				2,45	2,45	2,45	2,45	
					35 0,20	35 0,20	35 0,20	
	30 0,20	30 0,20	30 0,20	30 0,20	30 0,20	30 0,20	30 0,20	1.500 12,45
		200 1,38	200 1,38	200 1,38	200 1,38	400 2,76	400 2,76	
				25 0,17	25 0,17	25 0,17	25 0,17	
180 1,24	180 1,24	180 1,24	180 1,24	180 1,24	180 1,24	180 1,24	180 1,24	
				150 1,03	150 1,03	150 1,03	150 1,03	
130 0,90	130 0,90	130 0,90	130 0,90	130 0,90	130 0,90	130 0,90	130 0,90	
							80 0,60	
							200 1,38	
							150 1,03	
							60 0,40	
								550 44,44 16580 75,2

**TABLA 7-1-E.- Tamaño de las explotaciones en Bollullos Par del Condado , Almonte, Bonares y Pilas.**

Superficie explotación (ha)	Número de explotaciones	Porcentaje
0-5	6.249	78,54
5,1-20	1.322	16,62
20,1-100	310	3,90
Más de 100	75	0,94
<b>TOTAL</b>	<b>7.956</b>	<b>100</b>

Desafortunadamente esta estadística no indica la proporción media de regadio de cada tramo de explotación.

En el cuadro 7-1-F se presenta la evolución en la superficie regada, según técnicas, en el sector II de la zona regable de Almonte-Marismas.

Se observa una tendencia a incrementar el riego por goteo que pasa de 21,5 ha en 1.979 a 898,4 en 1.990. Es difícil prever la evolución en la microaspersión que se inicia en 1.988 con 32 ha y en 1.990 asciende a 72 ha.

En relación con la superficie de invernaderos se observa un marcado predominio de microtúnel que representa valores del orden del 80% del total (cuadro 7-1-G).

CUADRO 7-1-F - Evolución de la superficie regada según técnica (hectáreas)				
Año	Goteo	Aspersión	Microasp.	TOTAL
Sin fecha	21,5	15,0	0,0	36,5
1979	21,5	30,0	0,0	51,5
1980	21,5	36,5	0,0	58,5
1981	41,5	45,0	0,0	86,5
1982	59,5	46,0	0,0	105,5
1983	118,0	62,0	0,0	180,0
1984	152,0	70,5	0,0	222,5
1985	232,0	100,5	0,0	332,5
1986	264,5	110,0	0,0	374,5
1987	350,0	159,5	0,0	509,5
1988	602,0	234,0	32,0	868,6
1989	784,5	344,0	72,0	1.200,5
1990	898,4	360,0	72,0	1.330,4

CUADRO 7-1-G- Evolución de la superficie de invernadero por tipos (en hectáreas)				
Año	Microtunel	Macrotunel	Parral	Total
Sin fecha	15,0	0,0	0,0	15,0
1979	15,0	0,0	0,0	15,0
1980	15,0	0,0	0,0	15,0
1981	17,0	0,5	0,0	17,5
1982	19,5	1,5	3,0	24,0
1983	23,0	4,6	4,0	31,6
1984	26,0	6,7	6,1	38,8
1985	38,5	33,4	17,6	89,5
1986	78,0	50,1	17,6	145,7
1987	144,0	77,1	18,1	239,2
1988	266,5	94,6	22,1	383,2
1989	364,0	94,6	22,9	481,5
1990	410,5	94,6	22,9	528,0

FUENTE: Diagnostico socioeconómico de los colonos y cooperativas asentadas en la zona regable de Almonte-Marismas. (Sector II) IARA (1991) Informe Provisional.



Los datos proporcionados para el microtúnel son quizás, bajos, ya que tanto el melón forzados como buena parte del fresón deben estar bajo este tipo de abrigo y la superficie cultivada en esa zona, según IARA, es bastante grande. Es posible, sin embargo, que una parte de estos cultivos esté bajo acolchado, técnica que no aparece en el cuadro 7-1-G.

La distribución de los tipos de cultivo existentes en las 9.935 ha transformadas hasta 1.990 en el entorno del Parque (cuadro 7-1-A) se indican en el cuadro nº 7-1-H. Los datos se han tomado, igualmente, en la respuesta dada por el gobierno español a la CE. La distribución que se presenta en el cuadro nº 7-1-I se considera aproximada a la realidad, aunque sorprende la ausencia de cítricos entre los cultivos permanentes, pues la Consejería de Agricultura de la Junta publicó, en 1.987 que entre Almonte, Moguer y Palos de la Frontera existían 1.887 ha de dichos frutales. Es posible que no se citen en la respuesta del gobierno español porque la mayoría se encuentra en Palos y Moguer.

## **7.2. Determinación de una superficie agrícola tipo**

Para realizar la evaluación económica de los regadíos que utilizan el agua subterránea se estudiará una hectárea tipo en la que se cultiven porcentualmente los productos más representativos que se siembran en la totalidad del acuífero.

Si se desprecian aquellos cuya superficie no alcance en el sistema el 5%, salvo el melón forzado que representa un 6% al aire libre, se tendrá que la hectárea tipo contendrá:

Fresón	.....	21,50%
Espárrago	.....	8,00%
Melón	.....	11,00%
Melocotón	.....	21,50%
Algodón	.....	31,00%
Patata	.....	7,00%

Todo se supone que se cultiva bajo plástico menos el algodón.

La evolución de la dotación media de agua se ha hecho con el siguiente criterio:

En el cuadro 7-1-D en el que figuran las demandas de agua, las dotaciones varían entre 2.700 y 5.300 m<sup>3</sup> por hectárea y año. Estos valores parecen bajos y sólo se explicarían si existiera una gran superficie que precisara sólo riego de apoyo. Ahora bien, según IARA, los cultivos más representativos son fresón y melocotón, cuyas dotaciones son, en general mayores. Los datos proporcionados en el cuadro nº 7-1-C indican dotaciones que varían entre 5.715 y 9.000 m<sup>3</sup> por hectárea y año. En principio parecen más realistas.

En el estudio de rentabilidad de la hectárea tipo transformada en riego se supondrá una dotación intermedia entre esos valores: 6.250 m<sup>3</sup> por hectárea y año.

No se han conocido estadísticas que permitan asignar una superficie determinada a la explotación tipo. En este estudio se ha calculado a partir de las siguientes consideraciones.

- Según el MAPA de 280.000 ha, el 27% corresponde a tierra cultivada, el 13,6% a praderas y pastos, el 47,3% a superficie forestal y el 11,3% restante a otras superficies. La superficie cultivada es, por tanto de,

77.840 ha.

- La superficie regada es de 16.580 ha (cuadro número 7-1-C).
- Para el conjunto de los términos de Bollullos Par del Condado, Almonte, Bonares y Pilas (cuadro nº 7-1-E) de 7.956 explotaciones, el 78,54% son inferiores a 5 ha. (Este resultado se extrapola al conjunto del acuífero).

Eliminando la clase de explotaciones mayores, posiblemente menos representativas del conjunto promedio, se obtiene una explotación media de 9,7841 ha, en la que 2 ha son de riego. Estas superficie no se consideran en discordancia con el dato de que el 78,54% de la superficie lo constituyen explotaciones de menos de 5 ha ya que cuanto menores sean éstas, se supone que la proporción de riego es superior o incluso total. Por tanto, a falta de estadísticas a nivel comarcal o incluso municipal, se admite en este estudio que la explotación tipo dispone como media de dos hectáreas de riego y se prescinde de las que pueda tener de secano dada la escasa entidad económica que tiene.

**CUADRO 7-1-H - Cultivos con aguas subterráneas en el  
entorno del Parque Nacional de Doñana.  
Alternativas de cultivos en la campaña de  
1.990 (en %)**

Cultivos	Riegos iniciativa pública % (*)	Riegos iniciativa privada % (*)	
<b>Intensivos:</b>			
Fresa	19	--	
Espárrago	2	10	
Melón forzado	1	5	
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	
<b>Permanentes:</b>			
Melocotón	10	17	
Olivar	-	3	
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	
<b>Otros:</b>			
Algodón	9	35	
Patata	6	-	
Melón A.L.	6	-	
Sandía	3	-	
Maiz	2	5	
Trigo	-	5	
Girasol	-	5	
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>50</b>	
<b>Total regado en la campaña</b>	<b>59 (58)</b>	<b>85</b>	
<b>Sup. no regado en la campaña</b>	<b>41 (42)</b>	<b>15</b>	
<b>Superficie Transformada</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	
<b>(*) Referido a superficie transformada en riego</b>			
<b>SUPERFICIE CULTIVADA EN RIEGO EN LA CAMPAÑA 89-90</b>			
	<b>Sup.transf. (ha)</b>	<b>% Cultivado en riego</b>	<b>Sup.cultivada en riego</b>
<b>Iniciativa pública</b>	<b>6.500</b>	<b>59</b>	<b>3.835</b>
<b>Iniciativa privada</b>	<b>3.435</b>	<b>85</b>	<b>2.990</b>
<b>TOTAL</b>	<b>9.935</b>	<b>68</b>	<b>6.755</b>
<b>FUENTE: IARA. Contestación del Gobierno Español a la C.E.E.</b>			

CUADRO 7-1-I.- Distribución de cultivos				
CULTIVO	ha de riego (Prop.IARA)	ha de riego (Prop.Part)	Total	%
Fresón	1.235	--	1.235	18,5
Espárrago	130	343	473	7,0
Melón forzado	65	172	237	3,5
Melocotón	650	584	1.234	18,5
Olivar verdeo	--	103	103	1,5
Algodón	585	1.202	1.787	27,0
Patata	390	--	390	6,0
Melón A.l.	390	--	390	6,0
Sandía A.l.	195	--	195	3,0
Maiz	130	172	302	4,0
Trigo	--	172	172	2,5
Girasol	--	172	172	2,5
<b>TOTALES</b>	<b>3.770</b>	<b>2.920</b>	<b>6.690</b>	<b>100,0</b>

### 7.3 ESTUDIO ECONOMICO DE LA HECTAREA TIPO

El estudio económico se lleva a cabo para la hectárea tipo definida en el epígrafe anterior. Se han supuesto las siguientes simplificaciones:

- Dado que las transformaciones las ha realizado en gran parte la Administración, resulta complicado aplicar el coste medio de las perforaciones, tuberías y balsas si existen, etc, a los colonos (que pagan un canon), a los propietarios afectados por ellas y a los propietarios que las realizaron por cuenta propia. Por ello se ha considerado que el precio medio de sondeo, tubería y en su caso balsa, oscilará según sectores, entre un millón y millón y medio de pesetas.
- Se considera que el melón al aire libre se cultiva bajo

- Se considera que el melón al aire libre se cultiva bajo acolchado plástico y el fresón bajo túnel dado que la zona es algo más fría que la costa oeste de Huelva.
- Para el espárrago se han considerado además unos gastos de implantación que asciende a un millón de pesetas en dos años y corresponden a 600.000 pta el primero y el resto al segundo.
- Para el melocotón se han considerado dos años sin producción y el tercero con cosecha mínima que no cubre gastos y por tanto una inversión adicional de 750.000 pta dividida en:

1º año	.....	450.000 pta
2º año	.....	200.000 pta
3º año	.....	100.000 pta (descontados ya los ingresos)

Las inversiones estimadas son, en rsumen, las siguientes: Patata, algodón, melón y fresón 1.250.000 pta; espárrago 2.250.000 y melocotón 2.000.000 pta, todo ello por hectárea. Se ha considerado, además, que se amortizan en 10 años al 8% y con cuotas constantes. En el anexo nº 1 se encuentran los cálculos para una hectárea tipo y se deduce que la cuota anual es de 222.240 pta.

El coste de energía para elevar el agua se calcula en el anexo nº 2. Para el conjunto de cultivos se ha supuesto de 3 pta/m³.

Con estas bases se han confeccionado los cuadros de gastos, ingresos y beneficios que figuran en el anexo nº 3 y que se resumen en el cuadro siguiente:

RESULTADOS POR HECTAREA Y EN PESETAS			
Productos	Gastos	Ingresos	Beneficio bruto
Patata	377.921	550.000	172.079
Algodón	349.822	450.000	100.178
Melón	310.039	720.000	409.961
Espárrago	749.153	1.235.000	485.847
Fresón	4.587.191	5.400.000	812.809
Melocotón	661.809	1.000.000	338.191

Al multiplicar estos valores por el porcentaje con el que se encuentran en la hectárea tipo se tiene el siguiente resultado.

Producto	Porcentaje en la ha tipo	Gastos	Ingresos	Beneficios brutos
Patata	0,07	26.454	38.500	12.046
Algodón	0,31	108.445	139.500	31.055
Melón	0,11	34.104	79.200	45.096
Espárrago	0,08	59.932	98.800	38.868
Fresón	0,215	986.246	1.161.000	174.754
Melocotón	0.215	142.289	215.000	72.711
	<b>TOTAL</b>	<b>1.357.470</b>	<b>1.732.000</b>	<b>374.530</b>

Se tiene por tanto que una hectárea media, simplificada eliminando los cultivos de menor implantación, generaría unos gastos de 1.357.470 pta, unos ingresos de 1.732.000 pta y unos beneficios brutos (en riego) de 374.530 pta, una vez transcurridos los años necesarios para amortizar los capitales ajenos requeridos para las inversiones iniciales. Estos beneficios podrían reducirse a unas 200.000 pta una vez deducidas las amortizaciones técnicas para reposición de los inmovilizados.

El número de unidades de trabajo humano\* (U.T.H.), que genera la hectárea tipo se ha calculado del mismo modo. Los jornales precisos para cada hectárea de cada cultivo se indican en los cuadros correspondientes del anexo nº 3 y se resumen en la tabla siguiente, en la que se observa que equivale a 1,11 U.T.H. al año.

(\* ) Una U.T.H. es igual a 240 jornales/año.

	Jornales/ha	Representación en la ha tipo %	Jornales en ha tipo	U.T.H en ha tipo
Patata	17,49	7	1,22	0,0051
Algodón	39,42	31	12,22	0,0509
Melón	48,22	11	5,30	0,0221
Espárrago	200,00	8	16	0,0667
Fresón	898,59	21,5	193,20	0,8050
Melocotón	181,68	21,5	39,06	0,1627
TOTALES			267,01	1,11



Si se extrapolan estos resultados a la explotación tipo simplificada, es decir a la formada por 2 ha de regadio, se tienen los siguientes resultados:

Empleo generado	.....	2,22 U.T.H.
Beneficio	.....	400.000 pta
Disponibilidad	.....	2.200.000 pta

La disponibilidad incluye beneficios, salarios o jornales percibidos por la familia e intereses de los capitales propios.

En resumen, se considera que la explotación tipo permite mantener a la familia e incluso producir cierta capacidad de ahorro.

#### **7.4. LA ECONOMIA AGRARIA A NIVEL DE SISTEMA ACUIFERO**

A partir de los estudios de la F.A.O., tanto el IRYDA, como la iniciativa privada propiciaron a partir de la década de los 60 la transformación en regadio tanto de terrenos de tradicional labreo de secano como de terrenos incultos previa roturación.

En el conjunto de las subunidad Almonte-Marismas existen actualmente 16.580 ha de regadio, de las que 9.935 se encuentran en el entorno del Parque Nacional. Estas últimas suponen en crecimiento anual acumulativo de 14,18% desde el año 1.975 en que entraron en funcionamiento los primeros riegos de promoción pública.

Las 9.935 hectáreas incluyen transformaciones hechas por IRYDA (luego por el IARA) que crecieron con una tasa media anual del 32,54% y otras hechas por particulares que

crecieron a una razón del 6,89% anual.

Si bien se encuentran riegos por todos los terminos, la máxima incidencia se encuentra en los de Almonte, Villamanrique de la Condesa, Palos de la Frontera, Moguer, Lucena del Puerto, Aznalcázar y Pilas.

La mayor proporción de riegos lo son por el sistema de riego de pie (87%), aunque han empezado a implantarse sistemas de menor consumo de agua (goteo y aspersión).

A nivel macroeconómico y extrapolando los resultados obtenidos en la hectárea tipo al total de 16.580 ha regadas, se deduce que se produciría el empleo equivalente a 18.400 U.T.H. y un ingreso total familiar de unos 18.200 millones de pesetas.

La incidencia que han tenido estos ingresos a nivel comarcal y provincial se puede estimar del siguiente modo:

La incidencia en la población se refleja en el cuadro número 3-2-B. Se observa que la población a crecido en 28 años (1961-89) un orden de 0,7% con incrementos negativos en Niebla, Chucena, Manzanilla, Villalba del Alcor y Villarrasa. Además es de notar que el crecimiento de la población es, en casi todos los casos, mayor después del año 1.975, al habido en los años anteriores, lo que a falta de otras justificaciones, puede explicarse por la actividad agraria que comienza a multiplicarse a partir de dicho año.

También contribuye a la misma explicación los datos incluidos en el cuadro número 3-2-D que evidencian un incremento de la población activa agraria entre los años 1.981 y 1.986, conjuntamente con un descenso generalizado en el sector industrial, en el que solamente la rama construcción señala

algunos aumentos. Parte de estos aumentos pueden deberse al desarrollo turístico, al que pueden achacarse también algunos de los escasos incrementos producidos en los servicios, aunque estos últimos pueden haber crecido, igualmente, a causa del Polo de Desarrollo de Huelva (Moguer, Palos de la Frontera), aunque no se aprecie en ellos un desarrollo industrial manifiesto.

El turismo se encuentra en los términos de Almonte, Moguer y Palos de la Frontera.

Los distintos parámetros económicos considerados en el estudio "Renta Nacional de España" ( Banco de Bilbao) no permite deducir mejorías en la posición relativa de las provincias de Huelva y Sevilla respecto a las restantes españolas. Por el contrario, en lo referente a producción, ingresos y renta familiar disponible, todo ello por persona, se han producido entre los años 1.960 y 1.985 -que engloban todos los beneficios posibles derivados del Polo de Desarrollo y de los nuevos regadíos- caídas importantes, con pérdidas de 11 a 14 lugares en las correspondientes clasificaciones. En cuanto a los valores absolutos provinciales de la Producción Neta Total, las posiciones de ambas provincias se mantienen sensiblemente, si acaso con una ligera tendencia a decaer a partir de 1.979, con pérdida de una posición por parte de Huelva en relación con el año inicial 1.960. (Cuadro número 7-5-A).

Así pues, al contrario de lo que ocurre en la provincia de Almería con los desarrollos agrícola y turístico, particularmente en el campo de Dalías, no se ha encontrado una comparación paralela en las provincias de Sevilla y Huelva que permita inferir efectos positivos notorios de los nuevos regadíos de la comarca Almonte-Marismas. Esto, naturalmente, no quiere decir que no existan, ya que los

evidentes beneficios para las economías privadas siempre tienen una incidencia positiva sobre la economía general. Hay que suponer que los efectos del paro y la caída de la economía hubiesen sido peores de no existir estos focos de actividad.

La producción más distintiva de los nuevos riegos es la del fresón y fresa, de la que Huelva, con 124.358 t, produjo en 1.987 el 92% del total de Andalucía, aunque la mayor parte se produce en la zona de Lepe, fuera de la comarca Almonte-Marismas. Pero el carácter de casi exclusividad en el cultivo que presenta este producto permite intrapolar al nivel de la provincia onubense los datos de evolución del mismo que ofrece el M.A.P.A con crecimiento anual acumulativo de la producción de 25,85% entre 1.981 y 1.987, pasando de 34.000 t a 131.100 t.

8.- EVALUACION DE LOS APROVECHAMIENTOS DE AGUAS  
SUBTERRANEAS EN LA UNIDAD ALMONTE-MARISMAS.

La evaluación de los aprovechamientos se basa en los siguientes comportamientos descritos anteriormente.

- La explotación del agua subterránea representa, solamente un orden del 25% de la infiltración media anual,
- el radio de afección de las explotaciones del acuífero libre es, relativamente, pequeño, por lo que las explotaciones concentradas producen depresiones importantes,
- la calidad del agua subterránea del acuífero libre y la zona próxima a éste del acuífero en carga es buena,
- la explotación agrícola de los regadíos son rentables a nivel familiar, aunque esta rentabilidad no es significativa a nivel provincial,
- si varía la profundidad a que se encuentra el nivel piezométrico del acuífero o la calidad del agua subterránea, determinados ecosistemas y ecotonos del Parque Nacional de Doñana pueden afectarse.

Parece evidente que la elección que a veces hay que hacer entre conservación del medio y el desarrollo económico, se resuelve en este caso a favor del primero, ya que el Parque constituye una de las reservas naturales más importantes de Europa, y en contraposición la explotación agrícola solo aporta beneficios reseñables a nivel de las familias implicadas en la explotación.

Ahora bien, ya se ha indicado que las explotaciones se caracterizan por tener un radio de influencia relativamente pequeño, por lo que las explotaciones que puede influir en la ecología del Parque se limitan a las localizadas en una franja paralela a los límites del mismo. Es por tanto en esa zona donde deben regularse, y si es preciso restringir, las explotaciones existentes.

Por tanto se concluye que con los datos analizados en este estudio previo, -y aplicando los criterios desarrollados en el capítulo 2-, debería declararse sobreexplotada la mencionada franja del acuífero junto con todo el Parque Nacional, pero no el resto de la unidad Almonte-Marismas.

En la actualidad, debido a las presiones de las entidades y de los políticos preocupados por los problemas medioambientales y ecológicos y de la opinión popular en favor de la defensa del Parque Nacional los programas desarrollistas se encuentran frenados y a la expectativa de definir cuales son realmente las posibilidades de aprovechamiento del acuífero sin producir alteraciones en los requerimientos del Parque. De hecho, de la primera estimación de disponibilidades para uso agrícola previstas en 1.971 (145 hm<sup>3</sup>/año), en la actualidad se están consumiendo unos 75 hm<sup>3</sup>/año como máximo y la tendencia es la de no iniciar nuevas transformaciones hasta que se compruebe su inocuidad para el Parque; además se trata de sustituir los usos privados por los colectivos administrados mediante canon oficial, lo cual tendrá la doble virtud de limitar el consumo por hectárea y de controlar los bombeos totales. De hecho se está admitiendo la existencia de un "aprovechamiento" distinto al agrícola y urbano y que cubre las necesidades hídricas del Parque.

En resumen, se considera que la explotación del acuífero genera unos beneficios que promueven el interés privado. Estos beneficios no se verán disminuidos en el futuro aunque descienda moderadamente el nivel piezométrico. Tampoco existen problemas de salinidad graves con carácter generalizado. Y las inversiones en capital inmovilizado que pudieran suponer cuantiosas pérdidas en caso de abandono del riego no es de temer, ya que la proporción de plantaciones arbóreas no es muy elevada, aunque tengan aún mucha vida útil no amortizada por delante. Tampoco deben existir muchas instalaciones que no se encuentren en disposición de recuperar mediante su valor residual una buena parte de su coste no amortizado. Se tiene, por tanto, que la explotación agrícola, considerada individualmente, no presenta problemas de ninguna clase.

En cuanto al coste social de la explotación de las aguas subterráneas, se considera que éste es negativo en el entorno del Parque Nacional de Doñana y su zona de influencia, en función del innegable interés actual por la defensa de los espacios protegidos que se formula en leyes de carácter prioritario. Por todo ello, en esa zona de influencia, debe considerarse el acuífero sobreexplotado.

## 9.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

- 1.- La subunidad Almonte-Marismas tiene una superficie del orden de 2.800 km<sup>2</sup>. El 78% pertenece a Huelva y el resto a Sevilla.
- 2.- La población en 1.986 era del orden de 105.000 habitantes que se incrementan en verano en prácticamente el 50%. La tasa de crecimiento entre 1.961 y 1.989 es inferior al 1%. En contraposición en Almonte, Moguer y Palos de la Frontera es del orden del 40%.
- 3.- Entre las formaciones geológicas existentes son permeables las denominadas arenas basales, barra costera, dunas actuales y materiales cuaternarios infrayacentes a las marismas. El muro de todo el sistema lo constituyen las margas azules.
- 4.- El acuífero se comporta como libre fuera de las marismas y como confinado bajo ésta. El agua subterránea circula desde el norte y en la alineación de dunas hacia las marismas, en cuyo contacto emerge gran parte del caudal circulante. Existe otro flujo subterráneo desde las dunas hacia el océano.
- 5.- La infiltración media anual es del orden de 200 hm<sup>3</sup>. Las extracciones por bombeo son de 5 ó 6 hm<sup>3</sup> para uso urbano; las extracciones para uso agrícola eran del orden de 3,6 hm<sup>3</sup> en 1.968; de 43 en 1.982, de 70 en 1.988 y de 75 en 1.990.
- 6.- En el tercio inferior del sistema acuífero se localiza el Parque Nacional de Doñana.



- 7.- En el parque existen importantes ecosistemas y ecotonos cuya existencia esta condicionada a la profundidad a que se encuentre el nivel piezométrico.
- 8.- La existencia de estos ecosistemas y ecotonos depende, en gran parte, del aporte de agua subterránea, de la calidad del agua y de la situación del nivel piezométrico.
- 9.- La economía agraria localizada en el acuífero proporciona beneficios indudables a nivel familiar. No se prevén cambios que hagan suponer que esa rentabilidad vaya a cambiar en el futuro.
- 11.- A nivel provincial, los beneficios agrícolas producidos no son significativos.
- 12.- La contraposición de intereses entre la economía agraria de familias de la comarca y la de la conservación de un espacio protegido de importancia mundial, se resuelve sin lugar a dudas a favor del segundo del Parque Nacional de Doñana.
- 13.- Para preservar este espacio, y a tenor de lo indicado en el apartado 2, se considera que debe declararse sobreexplotada la zona de influencia del Parque y proceder a la regulación de las extracciones de modo que se minimice la afección al mismo.

Madrid, Mayo de 1.991

Por el I.T.G.E.

Por Aurensa

Juan A. López Geta  
Director del Proyecto

Luis López Vilchez  
Responsable del proyecto

**ANEXO N° 1**

**ESTUDIO ECONOMICO DE LOS  
CULTIVOS MAS REPRESENTATIVOS**

**ANEXO N° 1.- AMORTIZACIONES**

Cultivo	Inversión en una hectárea tipo	% en la hectárea tipo	Inversión en la ha tipo (pta)
Patata	1.250.000	7,0	87.500
Algodón	1.250.000	31,0	387.500
Melón a.l.	1.250.000	11,0	137.500
Espárrago	2.250.000	8,0	180.000
Fresón	1.250.000	21,5	268.750
Melocotón	2.000.000	21,5	430.250
	<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>1.491.250</b>

Amortización anual en cuotas constantes durante 10 años al 8,0 %.

Resulta una cuota anual de 222.240 pta, que se desglosa de la siguiente manera:

AÑO	CUOTA	INTERES	PRINCIPAL	RESTO
1	222.240	119.300	102.940	1.388.310
2	222.240	111.065	111.175	1.277.135
3	222.240	102.171	120.069	1.157.066
4	222.240	92.565	129.675	1.027.391
5	222.240	82.191	140.049	887.342
6	222.240	70.987	151.253	736.089
7	222.240	58.887	163.353	572.737
8	222.240	45.819	176.421	396.316
9	222.240	31.705	190.535	205.781
10	222.240	16.462	205.778	3

ANEXO N° 2

CALCULO DE LOS COSTES DE ENERGIA PARA EL RIEGO

#### **CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.-**

Se realiza mediante la fórmula siguiente:

$$P = \frac{9,8 * Q * hm}{1000 * r}$$

Siendo P la potencia del motor en kilowatios cuando:

Q se expresa en l/s, y  
hm se mide en metros.

Para r se han tomado el valor de 0,75 por existir una mayoría de grupos motobomba eléctricos.

#### **CALCULO DEL COSTE DE LA ENERGIA ELECTRICA**

Se han tomado como base los precios del pasado año con un incremento del 7,5% que es el que han sufrido las tarifas eléctricas para el año presente.

Se ha calculado el coste de elevar un m<sup>3</sup> de agua a una altura manométrica de 50 m durante 30 días y con el motor funcionando las 24 horas. Se realiza el cálculo sobre una base mensual para poder recoger en él la cuota de potencia del motor que se abona por meses completos.

#### **PRECIO DEL KILOWATIO**

$$(P*48+P*24*30*11,38)*1,075*1,2*1,12$$

En la fórmula P es la potencia del motor en kw la cual se ha de multiplicar por la cuota de potencia (48 pta/kw), luego se agrega el consumo de kwh mensuales que es el producto de

la potencia por las horas trabajadas durante el mes, esta cifra se multiplica por el precio del kwh (11,38 pta), ambas cifras se corrigen con el 7,5% que es la subida prevista de la energía eléctrica.

Se supone que la mayor parte de las explotaciones tendrán contrato de tarifa simple, por ello se hace necesario imponer el recargo del 20%, debido al recargo de horas punta y tras él aparece otro factor que es el I.V.A. que hay que satisfacer por la energía consumida.

El precio que resulta de estos cálculos es de 3,00 pta/m<sup>3</sup> por lo que se usa esta cifra en todos los anejos de cultivo independientemente del tipo de riego en uso por considerarlo una media representativa de las explotaciones del área.

**ANEXO N° 3**  
**ESTUDIO ECONOMICO**

**CUADRO N° 1: PATATA**

<b>A) GASTOS</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>Ud./ha</b>	<b>Precio Ud.</b>	<b>TOTALES</b>
<b>Mano de obra*</b>			
Labores	1,25	3.250	4.075
Abonado y estercolado	0,49	3.250	1.600
Riegos (n° anual)	5,38	3.250	17.500
Tratamientos y herbicidas	0,40	3.250	1.300
Recolección	9,81	3.250	31.875
Preparación y transporte	0,15	3.250	500
<b>PARCIALES</b>	<b>17,49</b>	<b>19.500</b>	<b>56.850</b>
<b>Maquinaria (Horas)</b>			
Labores	6,40	1.500	9.600
Abonado y estercolado	1,60	1.500	2.400
Siembra o plantación	0,90	1.500	11.350
Tratamientos y herbicidas	2,60	1.500	3.900
Recolección	1,35	1.300	1.755
Preparación y transporte	0,00	1.300	0
<b>PARCIALES</b>	<b>12,85</b>	<b>8.600</b>	<b>19.005</b>
<b>Productos consumidos</b>			
Abonos y estiercol			45.500
Semillas y plantas			205.000
Fitopatológicos y herbicidas			10.000
Seguros			7.500
<b>PARCIALES</b>			<b>268.000</b>
Energía en riegos (m3)	6.250	3	18.750
Intereses Capital Circulante	343.855	0,03	10
Contribuciones e impuestos			5.000
<b>TOTAL GASTOS</b>			<b>377.921</b>
<b>B) INGRESOS</b>	<b>27.500</b>	<b>20</b>	<b>550.000</b>
<b>BENEFICIO</b>			<b>172.079</b>

(\*) En jornadas de 6,5 horas de trabajo útil



**CUADRO N° 2: ALGODON**

A) GASTOS			
CONCEPTO	Ud./ha	Precio Ud.	TOTALES
<b>Mano de obra*</b>			
Labores	31,55	3.250	102.550
Abonado y estercolado	0,32	3.250	1.050
Riegos (n° anual)	5,85	3.250	19.000
Tratamientos y herbicidas	1,18	3.250	3.850
Recolección	0,13	3.250	425
Preparación y transporte	0,38	3.250	1.250
<b>PARCIALES</b>	<b>39,42</b>	<b>19.500</b>	<b>128.125</b>
<b>Maquinaria (Horas)</b>			
Labores	13,00	1.500	19.500
Abonado y estercolado	1,85	1.500	2.775
Siembra o plantación	2,75	1.500	4.125
Tratamientos y herbicidas	5,95	1.500	8.925
Recolección	0,85	70.000	59.500
Preparación y transporte	1,25	1.300	1.625
<b>PARCIALES</b>	<b>25,65</b>	<b>77.300</b>	<b>96.450</b>
<b>Productos consumidos</b>			
Abonos y estiércol			32.000
Semillas y plantas			7.500
Fitopatológicos y herbicidas			45.000
Seguros			7.500
<b>PARCIALES</b>			<b>92.000</b>
Energía en riegos (m3)	6.250	3	18.750
Intereses Capital Circulante	316.575	0,03	9.497
Contribuciones e impuestos			5.000
<b>TOTAL GASTOS</b>			<b>349.822</b>
<b>B) INGRESOS</b>	<b>3.000</b>	<b>150</b>	<b>450.000</b>
<b>BENEFICIO</b>			<b>100.178</b>

(\*) En jornadas de 6,5 horas de trabajo útil

CUADRO N° 3: MELON

A) GASTOS	Ud./ha	Precio Ud.	TOTALES
CONCEPTO			
Mano de obra*			
Labores	3,81	3.250	12.375
Abonado y estercolado	0,49	3.250	1.600
Riegos (n° anual)	0,08	3.250	26.250
Tratamientos y herbicidas	0,92	3.250	3.000
Recolección	34,62	3.250	112.500
Preparación y transporte	0,31	3.250	1.000
<b>PARCIALES</b>	<b>48,22</b>	<b>19.500</b>	<b>156.725</b>
Maquinaria (Horas)			
Labores	4,75	1.500	7.125
Abonado y estercolado	1,60	1.500	2.400
Siembra o plantación	2,50	1.500	3.750
Tratamientos y herbicidas	3,90	1.500	5.850
Recolección	0,00	5.000	0
Preparación y transporte	2,00	1.300	2.600
<b>PARCIALES</b>	<b>14,75</b>	<b>12.300</b>	<b>21.725</b>
Productos consumidos			
Plástico			22.500
Abonos y estiércol			23.000
Semillas y plantas			6.500
Fitopatológicos y herbicidas			40.000
Seguros			7.500
<b>PARCIALES</b>			<b>99.500</b>
Energía en riegos (m3)	6.250	3	18.750
Intereses Capital Circulante	277.950	0,03	8.339
Contribuciones e impuestos			5.000
<b>TOTAL GASTOS</b>			<b>310.039</b>
B) INGRESOS	18.000	40	720.000
<b>BENEFICIO</b>			<b>409.961</b>

(\*) En jornadas de 6,5 horas de trabajo útil

**CUADRO N° 4: ESPARRAGO**

A) GASTOS			
CONCEPTO	Ud./ha	Precio Ud.	TOTALES
Mano de obra*			
Labores	11,73	3.250	38.125
Abonado y estercolado	0,49	3.250	1.600
Riegos (n° anual)	2,15	3.250	7.000
Tratamientos y herbicidas	0,62	3.250	2.000
Recolección	184,62	3.250	600.000
Preparación y transporte	0,38	3.250	1.250
<b>PARCIALES</b>	<b>199,99</b>	<b>19.500</b>	<b>649.975</b>
Maquinaria (Horas)			
Labores	11,25	1.500	16.875
Abonado y estercolado	1,60	1.500	2.400
Siembra o plantación	0,00	1.500	0
Tratamientos y herbicidas	2,60	1.500	3.900
Recolección	0,00	5.000	0
Preparación y transporte	1,25	1.300	1.625
<b>PARCIALES</b>	<b>16,70</b>	<b>12.300</b>	<b>24.800</b>
Productos consumidos			
Abonos y estiércol			14.500
Semillas y plantas			0
Fitopatológicos y herbicidas			7.500
Seguros			7.500
<b>PARCIALES</b>			<b>29.500</b>
Energía en riegos (m³)	6.250	3	18.750
Intereses Capital Circulante	704.275	0,03	21.128
Contribuciones e impuestos			5.000
<b>TOTAL GASTOS</b>			<b>749.153</b>
B) INGRESOS	5.000	247	1.235.000
<b>BENEFICIO</b>			<b>485.847</b>

(\*) En jornadas de 6,5 horas de trabajo útil

**CUADRO N° 5: FRESOM**

A) GASTOS	Ud./ha	Precio Ud.	TOTALES
CONCEPTO			
Mano de obra*			
Labores	290,35	3.250	943.625
Abonado y estercolado	9,95	3.250	32.350
Riegos (n° anual)	7,27	3.250	23.625
Tratamientos y herbicidas	5,64	3.250	18.325
Recolección	584,62	3.250	1.900.000
Preparación y transporte	0,77	3.250	2.500
<b>PARCIALES</b>	<b>898,59</b>	<b>19.500</b>	<b>2.920.425</b>
Maquinaria (Horas)			
Labores	25,00	1.500	37.500
Abonado y estercolado	4,10	1.500	6.150
Siembra o plantación	32,50	1.500	48.750
Tratamientos y herbicidas	11,60	1.500	16.950
Recolección	0,00	5.000	0
Preparación y transporte	2,50	1.300	3.250
<b>PARCIALES</b>	<b>75,40</b>	<b>12.300</b>	<b>112.600</b>
Productos consumidos			
Riego por goteo			125.000
Plástico y arquillos			40.000
Abonos y estiércol			150.000
Semillas y plantas			490.000
Fitopatológicos y herbicidas			225.000
Seguros			7.500
<b>PARCIALES</b>			<b>1.397.500</b>
Energía en riegos (m3)	6.250	3	18.750
Intereses Capital Circulante	4.430.525	0,03	132.916
Contribuciones e impuestos			5.000
<b>TOTAL GASTOS</b>			<b>4.587.191</b>
B) INGRESOS	30.000	180	5.400.000
<b>BENEFICIO</b>			<b>812.809</b>

(\*) En jornadas de 6,5 horas de trabajo útil

CUADRO N° 6: MELOCOTON

A) GASTOS			
CONCEPTO	Ud./ha	Precio Ud.	TOTALES
Mano de obra*			
Labores	42,23	3.250	1.372.250
Abonado y estercolado	0,69	3.250	2.250
Riegos (n° anual)	7,00	3.250	22.750
Tratamientos y herbicidas	0,60	3.250	1.950
Recolección	130,77	3.250	4.250.000
Preparación y transporte	0,38	3.250	1.250
PARCIALES	181,68	19.500	590.450
Maquinaria (Horas)			
Labores	2,00	1.500	3.000
Abonado y estercolado	0,00	1.500	0
Siembra o plantación	0,00	1.500	0
Tratamientos y herbicidas	3,90	1.500	5.850
Recolección	0,00	5.000	0
Preparación y transporte	1,25	1.300	1.625
PARCIALES	7,15	12.300	10.475
Productos consumidos			
Abonos y estiércol			3.400
Semillas y plantas			0
Fitopatológicos y herbicidas			7.650
Seguros			7.500
PARCIALES			18.550
Energía en riegos (m3)	6.250	3	18.750
Intereses Capital Circulante	619.475	0,03	18.584
Contribuciones e impuestos			5.000
TOTAL GASTOS			661.809
B) INGRESOS	10.000	100	1.000.000
BENEFICIO			338.191

(\* En jornadas de 6,5 horas de trabajo útil)

## 10. BIBLIOGRAFIA

AGUILAR AMAT, J.; MONTES DEL OLMO, C.; RAMIREZ DIAZ, L.; TORRES MARTINEZ, A. (1977) Mapa Ecológico del Parque Nacional de Doñana ICONA Madrid

ALLIER, C.; BRESSET, V. (1978) Etude phytosociologique de la marisma et sa bordure (Reserva Biologica de Doñana, Espagne). Carte phytosociologique. En GARCIA NOVO, F. y otros. (Eds.) Doñana: Prospección e inventario de ecosistemas Monografía 18. ICONA Madrid: 59-110.

ALLIER, C.; GONZALEZ BERNALDEZ, F.; RAMIREZ DIAZ, L. (1974) Mapa Ecológico de la Reserva Biológica de Doñana 1:10000 CSIC Sevilla

ALLIER, C.; GARCIA NOVO, F., RAMIREZ DIAZ, L., TORRES MARTINEZ, A. (1975) Dynamique actuelle et vegetation du systeme dunaire littoral de Doñana (Golfe de Cadix) C.R. Soc. Biogeographie 440-42: 95-111.

BANESTO. Anuario del Mercado Español, 1.977.

BENAVENTE, J.; CRUZ SAN JULIAN, J.; LINARES, L.; MARTINEZ GARRIDO, J.C.; M ORAL, F.; OLIAS, M. (1990) Estudios hidrogeológicos en áreas de protección medioambiental. Algunos ejemplos en espacios naturales de Andalucía (España). Livro de Homenagem a Carlos Romariz. Seccao de Geologia Economica e Aplicada. Lisboa. 174-199. Comité Español del Programa MaB (Man and Biosphere) de UNESCO. (1991). Informe sobre la Reserva de Biosfera de Doñana. Madrid.

COTA GALAN,H.; GARCIA NOVO,F.; POU ROYO,A. (1977) estudio de las marismas del Parque Nacional de Doñana utilizando imágenes del satélite ERTS-1. Bol.E.Central Ecología 6(12):29-41.

DIAZ BARRADAS.M.C.; FIGUEROA,M.E. (1985) Influencia dos processos geomorfológicos do sistema de dunas vivas do Parque Nacional de Doñana nas povoacoes de pinheiro manso (Pinus pinea) Actas. I Reunion del Cuaternario Iberico.1:545-557

DIAZ BARRADAS,M.C., GARCIA NOVO,F. (1987) The vertical structure of Halimium halimifolium shrub in Doñana National Park (SW Spain). En: TENHUNEN,J., CATARINO,F., OECHEL,W., LANGE,O (Eds.) Plant response to stress NATO ASI Series. G: Ecological Sciences N 15. Springer Verlag Berlin:531-546

DIAZ BARRADAS,M.C.,GARCIA NOVO,F.(1988) Modificación y extinción de la luz a través de la copa en cuatro especies de matorral en el Parque Nacional de Doñana.Homenaje a Pedro Montserrat Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología.Jaca: 503-516.

DIAZ BARRADAS,M.C., GARCIA NOVO,F., (1990) Annual cycle of canopy structure in mediterranean scrub. J. Vegetation Sci. 1:31-40.

ESTUDIO DE LA GESTION INTEGRADA DE LAS ZONAS HUMEDAS COSTERAS EN ANDALUCIA. (1989) Agencia del Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Comisión de las Comunidades Europeas, DG XI. Sevilla

F.A.O. (1972) Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir. Anteproyecto de la transformación en regadío de la zona Almonte-Marismas.(margen derecho). Informe Técnico

I-AGL:SF/SPA 16. Madrid 2 vol.

FERNANDEZ,J.A. (1982) Guía de campo del Parque Nacional de Doñana. Omega. Barcelona

FIGUEROA,M.E.;DE LA HERA,C.;GARCIA NOVO,F.(1984) Patrones de crecimiento de Pinus pinea en el sistema de dunas del Parque Nacional de Doñana. BLANCO DE PABLOS,A. (Ed.). Avances sobre la investigación en Bioclimatología. U.Salamanca:245-251.

FIGUEROA,M.E. (1990) Ecology of Pinus pinea in the sand dune system of Doñana National Park (Huelva, Spain). Studies in Plant Ecology 5:13-18

FONT TULLOT (1985) Atlas de radiación solar de España. Ministerio de Comercio.

FUREST,A.; TOJA,J. (1981) Ecosistemas acuáticos del Parque Nacional de Doñana. Distribución del Zooplancton. Simposio sobre el Agua en Andalucía. 151-167

GALLEGO,J.B., MEDIALDEA,J.M. (1990) The flooding effects on the age structure of a Pinus pinea population at Doñana National Park (SW Spain) Actes 2eme Colloque International L'Arbre. U.Montpellier II.

GARCIA,L.;CALDERON,J.;CASTROVIEJO,J.(1989) Las aves de Doñana y su entorno Soc. Cooperativa Andaluza Marismas del Rocío. Sevilla.136p.

GARCIA NOVO,F.(1977) The effects of fire in the vegetation of Doñana National Park. En MOONEY,H.; CONRAD,C.E.(Eds.) Proceedings of the Symposium on the Environmental consequences of Fire and fuel management in Mediterranean Ecosystems USDA Forest Service. General Technical Report



WO-3. Stanford:318-325

GARCIA NOVO,F.(1979) The ecology of vegetation of the dunes in Doñana National Park (SW Spain) JEFFERIES,R.L y DAVY,A. (Eds) Ecological processes in coastal environments Blackwell: 571-592

GARCIA NOVO,F.(1981) Ecosistemas del Coto Doñana Mundo Científico 4:440-451

GARCIA NOVO,F. (1987) Los paisajes de Doñana En ALONSO,R. Flora y Paisaje de Doñana MOPU.Madrid:14-55.

GARCIA NOVO,F. (1990) Origen de los Ecosistemas de Doñana Doñana, Parque Nacional. ICONA:11-17. Madrid

GARCIA NOVO,F.; GALINDO,D.; GARCIA SANCHEZ,J.A.; GUISANDE,C.; JAUREGUI,J.; LOPEZ,T.; MAZUELOS,N.; MUÑOZ,J.C.; SERRANO,L.; TOJA,J. (1991) Tipificación de los ecosistemas acuáticos sobre sustrato arenoso del Parque Nacional de Doñana. III Simposio sobre el Agua en Andalucía. Córdoba.

GARCIA NOVO,F., MERINO,J.(1990) Dry coastal ecosystems of South Western Spain En Van der MAAREL, E. (Ed.) Dry Coastal Ecosystems A. Regional studies: The Arctic and Europe (Ecosystems of the World 2A) Elsevier Amsterdam Cap. 21.

GARCIA NOVO,F.; TOJA,J.; DIAZ BARRADAS,M.C.; CASTRO,F.J.; JAUREGUI,J.; LOPEZ,T.; MAZUELOS,N.; MUÑOZ REINOSO,J.C.; SERRANO,L.; ZUNZUNEGUI,M.; (1990) Proyecto Donagua. Informe sobre estudios ecológicos 1988-90. DGOH. Madrid.

GARCIA NOVO,F.,TORRES MARTINEZ,A.;RAMIREZ DIAZ,L.(1977) El Sistema de Dunas de Doñana Naturalia 5. ICONA Madrid

GARCIA NOVO,F. y otros (Eds) (1978) Doñana:Prospección e

inventario de ecosistemas Monografía 18. ICONA Madrid

GONZALEZ BERNALDEZ,F.; GARCIA NOVO,F.; RAMIREZ DIAZ,L.  
(1975a) Analyse factorielle de la végétation des dunes de la  
Reserve Biologique de Doñana (Espagne). I:Analyse numérique  
des données floristiques.II Etude special d'un gradient de  
non-linearite. Israel J.Bot.24(2-3):106-117;24(4-5):173-182

GONZALEZ BERNALDEZ,F.; RAMIREZ DIAZ,L.; TORRES MARTINEZ,A.;  
DIAZ PINEDA,F. (1977a) Estructura de la vegetación de marisma  
de la reserva Biológica de Doñana (Huelva) I. Análisis  
factorial de datos cualitativos. II. Estudio de un gradiente  
de salinidad An.Edaf.Agrobiol.:36(9-10):989-1003;1005-1017

GRANADOS CORONA,M.(1988) Transformaciones históricas de los  
ecosistemas del Parque Nacional de Doñana Tesis Doctoral.  
Universidad de Sevilla.

GRANADOS CORONA,M.; GARCIA NOVO,F.(1984) Ensayo de control  
de la mata de la seda (*Gomphocarpus fruticosus* (L) Aiton  
fil.) en el Parque Nacional de Doñana. Bol.E.Central  
Ecología:12(23):43-50

GRANADOS CORONA,M.; MARTIN VICENTE,A.; FERNANDEZ  
ALES,R.;GARCIA NOVO,F.(1984) Étude diachronique d'un  
ecosysteme a longue échelle.La pinède de Marismillas (Parc  
National de Doñana). Melanges Casa Velazquez 20:393-418

GRANADOS CORONA,M.; MARTIN VICENTE,A.; GARCIA NOVO,F. (1986)  
El papel del fuego en los ecosistemas de Doñana.  
Bol.E.Central Ecología:15(29):17-28

GRANADOS CORONA,M.; MARTIN VICENTE,A.; GARCIA NOVO,F. (1987)  
Evolución conjunta del paisaje y su gestión. El caso del  
Parque Nacional de Doñana. Estudios Territoriales 24:183-187

GRANADOS CORONA, M.; MARTIN VICENTE, A.; GARCIA NOVO, F. (1988)  
Long term vegetation changes on the stabilized dunes of  
Doñana National Park (SW Spain). Vegetatio: 75:73-80

DE LA HERA, C.; FIGUEROA, M. E., GARCIA NOVO, F. (1984) Control  
climático del crecimiento del pino piñonero en el Bajo  
Guadalquivir. BLANCO DE PABLOS, A. (Ed.). Avances sobre la  
investigación en Bioclimatología. U. Salamanca: 625-634

HOLLIS, T.; HERTEAUX, P.; MERCER, J. (1989) The implication of  
groundwater extraction for the long-term future of Doñana  
National Park. Report for WWF.

IGME (1982) Actualización de los datos hidrogeológicos en los  
acuíferos de Almonte-Marismas y Mioceno de Base. Modelo  
matemático bidimensional del sistema Acuífero n.27 Unidad  
Almonte-Marisma. Planos y Mapas. Madrid.

IGME (1983) Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su  
entorno Col. Informe. Ministerio de Industria y Energía  
Madrid

IGME (1987) Simulación de la evolución piezométrica del  
acuífero Almonte-Marismas. Horizonte 2010. Informe. Memoria,  
planos y mapas. Sevilla

IGME Mapa Geológico de España (Proyecto MAGNA) Hoja 1047:  
Sanlúcar de Barrameda (1986); 1018 El Rocío (1976);  
1033: Palacio de Doñana (1988)

INE. Censos de Población de España. Padrones Municipales de  
habitantes. Rectificación del Padrón Municipal de Habitantes,  
1.988.

I.N.E.M. Estadísticas del Paro Registrado por Municipios.

ITGE. Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis.  
1.989.

LLAMAS,M.R. (1988a) Difficulties involved in the protection of two spanish wetlands against the impacts of groundwater exploitation. Int. Symp. on Hydr. of Wetlands in Semiarid and Arid Regions. CSIC. Sevilla:103-106

LLAMAS,M.R. (1988b) Conflicts between wetlands conservation and groundwater exploitation: two case histories in Spain. Environmental Geology 11(3):241-251

LLAMAS,M.R. (1991) Groundwater exploitation and conservation of aquatic ecosystems. Int.Symp.Aquifer overexploitation. Puerto de la Cruz. Tenerife.:115-131.

LOPEZ,T.; TOJA,J.; GABELLONE,N.A. (1991) Limnological comparison of two peridunar ponds in the Doñana National Park (Spain). Arch. Hydrobiol.120(3):357-378

MARGALEF,R. (1976) Algas de agua dulce de Doñana. Oecologia aquatica 2:79-93

MERINO,J.;GARCIA NOVO,F.;SANCHEZ DIAZ,M. (1976) Annual fluctuation of water potential in the xerophytic shrub of the Doñana Biological Reserve (SW Spain). Oecol Plant. 11:1-11

MERINO,J.;MARTIN VICENTE,A.(1981) Biomass, productivity and succession in the scrub of the Doñana Biological Reserve in S.W.Spain. En MARGARIS,N.S.;MOONEY.H.(Eds.) Components of Productivity of Mediterranean Climate Regions Dr. Junk Pub.La Haya:197-203

MERINO,J.,MERINO,O. (1988) Impacto ambiental de la explotación del acuífero Almonte-Marismas en los ecosistemas del área de Doñana. Int. Symp. on Hydr. of Wetlands in Semiarid and Arid Regions. CSIC. Sevilla:123-126

MERINO,J, MARTIN VICENTE,A., GRANADOS CORONA,M., GARCIA NOVO,F, MERINO,O.,(1989) El binomio erosión eólica-desertización en una zona costera del SO de España Degradación de zonas áridas en el entorno mediterráneo. Monografías. Dirección General del Medio Ambiente. MOPU. Madrid: 151-160

MONTES,C.; AGUILAR AMAT,J.;RAMIREZ DIAZ,L. (1982) Ecosistemas acuáticos del Bajo Guadalquivir (SW España) Studia Oecologica 3:159-180

MOUNTFORT,G.(1968) Portrait of a Wilderness David and Charles. Newton-Abbot

MUDARRA,J.; MERINO,J.; CLEMENTE,L.; FIGUEROA,M.E. (1980) Descripción de los principales tipos de suelo de la Reserva Biológica de Doñana. I Reunión Iberoamericana de Zoología de Vertebrados.La Rabida:833-844.

OJEDA RIVERA,J.F.(1987) Organización del territorio de Doñana y su entorno próximo (Almonte) Siglos XVIII-XX. ICONA. Monografía 49. Madrid

OLIAS,M., CRUZ SANJULIAN,J., BENAVENTE,J. (1989) Investigación hidrogeológica en el Proyecto Efectos ecológicos de la explotación de acuíferos del el Parque Nacional de Doñana. Informe 3: Actuaciones realizadas. DGOH. Madrid

OLIAS, M., CRUZ SANJULIAN, J., BENAVENTE, J., GARCIA NOVO, F., MUÑOZ, J.C. (1991) New data about the Almonte-Marismas aquifer from the hydrogeological monitoring (1989-1990). Int. symp. Aquifer overexploitation. Puerto de la Cruz. Tenerife.

POU ROYO, A. (1977) Implicaciones paleoclimáticas de los sistemas dunares de Doñana. V Reunión Anual de Climatología Agrícola Universidad de Santiago de Compostela:168-180

RAMIREZ DIAZ, L.; TORRES MARTINEZ, A. (1977) Tipología y dinámica de los complejos ambientales del sistema de dunas móviles de la Reserva Biológica de Doñana (Huelva) Bol. E. Central Ecología 11:3-11

RIVAS MARTINEZ, S.; COSTA, M.; CASTROVIEJO, S.; VALDES, E. (1980) Vegetación de Doñana (Huelva, España) Lazaroa 2:5-189

STEVENSON, A.C. (1984) Studies in the vegetational history of SW Spain. III Palynological investigations at El Asperillo, Huelva. J. Biogeography 11:527-551

STEVENSON, A.C.; MOORE, P.D. (1988) Studies in the vegetational history of SW Spain. IV Palynological investigations of a valley mire at El Acebrón, Huelva. J. Biogeography 15:339-361

SUSO, J.M., LLAMAS, M (1990) El impacto de la extracción de aguas subterráneas en el P.N. Doñana. Estudios Geológicos. 46:317-345

TOJA, J., LOPEZ, T., GUISANDE, C., BRIEVA, C. (1982) Ecología del estuario del Río Guadalquivir. II Simposio sobre el Agua en Andalucía:523-532

TORRES MARTINEZ, A. (1975) Estudio ecológico cuantitativo de los sistemas de dunas y marismas de la Reserva Biológica de Doñana. Tesis Doctoral. U. de Sevilla.

VALDES, B.; TALAVERA, S.; FERNANDEZ GALIANO, E. (1987) Flora Vasculare de Andalucía Occidental. Ketres. Barcelona. 3 vol.

VALVERDE, J.A. (1963) An ecological sketch of the Coto Donana. British Birds 51:1-23

VALVERDE, J.A. (1967) Estructura de una comunidad de vertebrados terrestres. Monografías de Ciencia Moderna, 67 CSIC Madrid

VALVERDE, J.A. (1975) Doñana y las Marismas del Guadalquivir: su rescate y los problemas presentes y futuros. Ardeola 21:25-58

VANNEY, J.R.; MENANTEAU, L. (1979) Types de reliefs littoraux et dunaires en Basse Andalousie. Melanges Casa Velazquez 15:5-52

VANNEY, J.R.; MENANTEAU, L.; ZAZO, C.; GOY GOY, J.L. (1985) Mapa Fisiográfico del Litoral Atlántico de Andalucía. Hoja M.F.02 Punta Umbría-Matalascañas. Junta de Andalucía

VELA A.L.; LLAMAS, R. (1986) Análisis preliminar del flujo de agua subterráneo en el sistema de dunas móviles y en la flecha litoral del P.N. Doñana (Huelva). II Simposio del Agua en Andalucía. 2:447-458