

# ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA SOLERA EN LOS LUCIOS Y CAÑOS DE LA MARISMA DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA EN RELACIÓN CON LOS PROCESOS DE LLENADO Y VACIADO DE LA MISMA, A TRAVÉS DE MEDICIONES EN EL CAMPO EN EL PERIODO 1995-2006

JOSÉ CARLOS ROBREDO SÁNCHEZ<sup>1</sup>; JUAN ÁNGEL MINTEGUI AGUIRRE<sup>1</sup>  
Y JOSÉ ELORRIETA JOVE<sup>2</sup>

## RESUMEN

En el verano del año 1995 se iniciaron los trabajos de campo del Proyecto núm. 174/93 «Dinámica sedimentaria de las marismas del Parque Nacional de Doñana - Evolución, prospectiva y alternativas de gestión futura», por encargo del Organismo Autónomo Parques Nacionales y a propuesta de la Dirección del propio Parque Nacional de Doñana.

Uno de los objetivos de dicho Proyecto era el de establecer una metodología para estimar el grado de sedimentación que se produce en la marisma. El Proyecto en cuestión finalizó en 1999 y su desarrollo y conclusiones en relación con dicho objetivo se publicaron en un libro de la Serie Técnica de Parques Nacionales (MINTEGUI & ROBREDO, 2001). Sin embargo, una parte de los trabajos implicados con la metodología del citado Proyecto y centrado en el objetivo indicado, se continuaron realizando tras la conclusión del mismo.

Este artículo comienza sintetizando los resultados del Proyecto núm. 174/93 en relación con el objetivo en cuestión en 1999, para ampliar a continuación sus conclusiones con los resultados obtenidos de los trabajos de campo realizados en la marisma desde dicha fecha hasta el verano de 2006.

**Palabras clave:** Marisma, nivelación geométrica, grado de sedimentación.

## SUMMARY

In summer 1995, field works of the Project num. 174/93 «Dinámica sedimentaria de las marismas del Parque Nacional de Doñana - Evolución, prospectiva y alternativas de gestión futura (Siltting

---

<sup>1</sup> Unidad de Hidráulica e Hidrología - Departamento de Ingeniería Forestal - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes - Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n, 28040 MADRID. e-mail: juanangel.mintegui@upm.es; josecarlos.robredo@upm.es

<sup>2</sup> Unidad de Topografía - Departamento de Construcción y Vías Rurales - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes - Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n, 28040 MADRID.

Recibido: 19/06/2007.

Aceptado: 12/07/2007.

dynamics of Doñana National Park marshes - Evolution, prospects and alternatives for further management)» began by order of the Organismo Autónomo Parques Nacionales (National Parks Authority), and at proposal of the self Doñana National Park Management Board.

One of the objectives of this Project was to set up a methodology to assess the sedimentation occurring in the Doñana Marsh. The Project at issue was concluded in 1999 and its performance and conclusions, in relation to this matter, were reported in a National Parks, Technical Series publication (MINTEGUI & ROBREDO, 2001). Nevertheless, further works involved in the aforementioned Project methodology, aimed to the indicated matter were developed after the Project conclusion.

In the first place, this paper synthesizes the results of the Project num. 174/93 in relation to the addressed target in 1999; to afterwards extend its conclusions, by means of field work results, obtained from that time until summer 2006 at the Marsh.

**Key words:** Marshes, geometrical levelling, sedimentation range.

## INTRODUCCIÓN

**Situación de la marisma del Parque Nacional de Doñana en el verano del año 1995 al inicio del Proyecto núm. 174/93 Dinámica sedimentaria de las marismas del Parque Nacional de Doñana.- Evolución, prospectiva y alternativas de gestión futura.**

En el verano de 1995, tras tres años de prolongada sequía, que afectó seriamente a la fisonomía de la marisma del Parque Nacional de Doñana (PND), se iniciaron los trabajos de campo del Proyecto núm. 174/93 «Dinámica sedimentaria de las marismas del Parque Nacional de Doñana.- Evolución, prospectiva y alternativas de gestión futura», por encargo del Organismo Autónomo Parques Nacionales a propuesta de la Dirección del propio PND. Con el mismo se pensaba en establecer unas bases para un modelo del comportamiento, tanto abiótico como biótico, del sistema marismeno. Sin embargo, sus promotores, conscientes de la complejidad y dimensión que suponía una empresa de esta naturaleza y que el principal problema que parecía amenazar a este singular mundo de la marisma era su persistencia, centraron su objetivo inmediato en un aspecto que en julio de 1995 parecía ser el más preocupante: su sedimentación.

De este modo el objetivo principal del Proyecto y el único que se analiza en este artículo se centró en definir el relieve de la marisma con la precisión suficiente, para que se pudiera detectar cualquier variación de su micro-relieve en el tiempo, sobre todo en sus elementos más singulares y emblemáticos, los «lucios» y los «caños», cuya continuidad parecía peligrar ante la amenaza de una sedimentación que acabara uniformando el relieve de sus cuencos; sugiriendo que si el trabajo lo requiriera, se acudiera a la nivelación de precisión.

Los «lucios» son depresiones del terreno y como tales son los primeros que se cubren de agua al comienzo del periodo de inundación de la marisma; están prácticamente despejados de vegetación; brillan o lucen desde una determinada distancia cuando en ellos inciden los rayos solares; en época estival terminan por secarse y se consideran antiguos brazos del río Guadalquivir. Los «caños» son también depresiones del terreno que se asientan en la marisma a modo de cursos de agua de geometría definida, que normalmente constituyen la continuación del drenaje de los cursos tributarios que llegan, o llegaron en el pasado, a la misma desde sus cuencas vertientes.

Los lucios ocupan superficies importantes dentro de la marisma, los dos más extensos el

lucio del Membrillo, el más meridional, y el complejo formado por el lucio del Rey y el de los Ánsares, situado en el centro-sureste del Parque, ocupan cada uno de ellos una media de 800 hectáreas de superficie; pero en ambos casos, como los restantes lucios que hay en el PND, su profundidad en las zonas de mayor calado apenas supera el medio metro; por lo que para estimar la sedimentación en los mismos, se consideró necesario, como operación previa, una nivelación geométrica con precisión de los elementos que los definen; pues el proceso sedimentario en estas áreas se debe exclusivamente al aporte de sólidos en suspensión (al menos en las condiciones actuales), por ser éstos los únicos que pueden llegar hasta los lucios con el régimen hidráulico presente en estas zonas. De igual modo el calado de los caños es también reducido, normalmente no alcanza medio metro para sus cotas más bajas. En ambos casos la situación varía cuando se produce una inundación total de la marisma, pues en tal caso no resulta posible diferenciar su micro-topografía por estar toda ella cubierta por el agua.

Ante el panorama expuesto, se planificó conjuntamente con DOMÍNGUEZ NEVADO y URDIALES ALONSO, técnicos del PND, la adopción de unos parámetros que definieran a dichos elementos singulares, para que fueran objeto de una nivelación geométrica con precisión, que permitiera a través del mismo conocer la realidad espacial y física de los lucios y de los caños, con un detalle suficiente como para que se pudiera posteriormente seguir sus evoluciones por pequeñas que fueran éstas. Se tenía la idea, muy pronto desestimada por la propia composición de los suelos que constituyen la marisma, que dos nivelaciones geométricas en el mismo eje de un elemento singular, realizadas con precisión y distanciadas suficientemente en el tiempo, podrían aportar directamente la información sobre la sedimentación de la marisma. Pero aunque esta hipótesis no fuera acertada, planteándola como una mera operación algebraica de suma o resta de sedimentos en el tramo objeto de la nivelación; el método topográfico adoptado, acomodándolo a la realidad física de la situación, ha per-

mitido finalmente obtener un conocimiento de las variaciones que experimenta la solera de la marisma a lo largo del tiempo, además de ofrecer en su momento una base para el modelo del terreno de la misma y para conocer la distribución de la vegetación marismeña GARCÍA VIÑAS *et al.* (2003).

Admitiendo que toda marisma tiende a sedimentarse y que la única acción posible consiste en cuantificar cómo se produce, para no acelerar su proceso; el encuadre del Proyecto 174/93 se limitó a observar, medir y contar lo que es y tiene la marisma, que pueda ser afectado por el fenómeno de la sedimentación; antes de emitir un juicio sobre cómo se desencadena dicho fenómeno y que causas lo provocan y alimentan. Este procedimiento exigía conocer cómo era en realidad el lecho de la marisma, de ahí que el primer trabajo del Proyecto se concretase en la definición de unas bases para el modelo del terreno de la superficie ocupada por las marismas del Guadalquivir, que constituyen el PND.

En el Proyecto 174/93 se analizaron, además de los tres lucios citados, los lucios de Vetallengua chico y Vetallengua grande, situados al norte del lucio del Membrillo; el lucio de Sanlúcar y el lucio de Sevilla, comunicados entre sí y ambos ubicados al sur del lucio de los Ánsares y prácticamente paralelos a él; el lucio del Molinillo, situado al suroeste del citado lucio de Sanlúcar y próximo al mismo y, finalmente, en la zona norte del PND los lucios de Mari López y Mari López chico y el lucio del Lobo.

En cuanto a los caños, el primero de ellos, el caño de la Madre, recoge las aguas de los arroyos de la Rocina, del Partido y de la cañada Mayor, para drenar a continuación a lo largo de toda la marisma por su zona más occidental, hasta quedar prácticamente difuminado en el paraje del Juncabalejo, al sur de la marisma de Hinojos, donde confluye con el caño de Guadiamar. Éste último corresponde al brazo más importante de los que disponía en el pasado el río Guadiamar, que atravesaba la marisma por su zona central hasta unirse con el

caño de la Madre, antes de que se llevara a cabo el encauzamiento del tramo final del citado río, con la consiguiente desviación de su corriente al Guadalquivir a través de Entremuros. Por último, el caño Travieso constituía un rebosadero del brazo de la Torre, que a su vez fue uno de los cauces que en el pasado disponía el río Guadalquivir en la zona que se comenta.

## DEMARCACIÓN DEL OBJETIVO ANALIZADO EN ESTE ARTÍCULO

La definición del relieve de los elementos singulares de la marisma con la precisión suficiente, para que se pudiera detectar cualquier variación de su micro-relieve en el tiempo, implicó la consideración de los siguientes aspectos:

*a)* La comprobación que la solera de los lucios sufre alteraciones en el tiempo. Al inicio del Proyecto se identificó alteración con aterramiento y se conjeturó que la posible causa del mismo era consecuencia de la sucesión de llenados y vaciados de los lucios en las condiciones del momento, que se suponían diferentes a las que se daban en el pasado; debido en parte a las modificaciones que se habían producido en los límites de la marisma (muros protectores), para protegerlo de las actividades exteriores al Parque Nacional que directa o indirectamente pudieran perjudicarlo. Aún manteniendo parcialmente dicha hipótesis, cabe señalar que los lucios son lo suficientemente extensos, como para que en ellos se produzcan tanto fenómenos de erosión como de sedimentación dependiendo de sus diferentes zonas y que en general los procesos son muy lentos y moderados, porque los elementos que los provocan son fundamentalmente arcillas y limos, que se mantienen durante un periodo muy prolongado en suspensión.

*b)* La delimitación con suficiente precisión del perfil de los caños, para poder analizar sus

variaciones en el tiempo. Como en el objetivo anterior, había una preocupación inicial porque los caños estuvieran sufriendo un proceso de aterramiento como consecuencia de la alteración de su régimen hidrológico natural. En 1995 el agua circulante por dos de los caños más importantes de la marisma, el Guadiamar y el Travieso, procedía casi en exclusiva de la precipitación sobre ellos; circunstancia que aún se mantiene, aunque esté previsto modificarlo con el Proyecto Doñana 2005. Por otra parte, los demás caños también habían sufrido alteraciones morfológicas e hidrológicas.

## METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PROYECTO NÚM. 174/93 PARA ACOMETER EL OBJETIVO PLANTEADO EN ESTE ARTÍCULO

La metodología utilizada se asentó en la ejecución de nivelaciones geométricas con precisión de los parámetros fundamentales de los citados elementos singulares: los lucios y los caños. Aunque dichas nivelaciones se podrían haber presentado con valores relativos, pues metodológicamente se cumplía con el objetivo de precisar las variaciones del perfil del elemento en cuestión en el transcurso del tiempo; parecía más lógico, desde un punto de vista topográfico, que se aportara una referencia común para la coordenada altimétrica *z* de todos los perfiles objeto de nivelación. Esta idea obligaba a extender las operaciones de nivelación geométrica a toda la marisma a partir de un punto de cota conocida; pero con ello se aportaba también una base sólida para el futuro «modelado del terreno» de la marisma del PND. A continuación se describen los dos tipos de nivelaciones geométricas que se realizaron en la marisma del PND para conseguir el objetivo planteado: *a)* los trabajos topográficos de «nivelación geométrica con precisión» de los parámetros utilizados para definir a los elementos singulares de la marisma (ejes de los lucios y perfiles transversales en los caños)

y b) los trabajos que describen las operaciones topográficas de «nivelación geométrica de unión» entre los extremos de los diferentes elementos singulares (previamente definidos y medidos), con el propósito de establecer una red topográfica que abarcara a toda la marisma; dotando de sus correspondientes cotas a los puntos más destacados o singulares de la misma y permitiendo en definitiva una representación del terreno lo más próximo a su realidad física.

### **Nivelaciones geométricas con precisión en los elementos singulares de la marisma**

Se acordó con los técnicos del PND los criterios a seguir en los trabajos de campo, planteando llevar a cabo nivelaciones con precisión en los ejes longitudinales de los principales lucios situados en el interior del Parque (Lucios del Lobo<sup>(1)</sup>, Mari López<sup>(2)</sup>, Mari López chico<sup>(3)</sup>, complejo lucio del Rey<sup>(4)</sup> - lucio de los Ansares<sup>(5)</sup>, lucios de Sánlúcar<sup>(6)</sup>, Sevilla<sup>(7)</sup>, el Molinillo<sup>(8)</sup>, Vetalengua grande<sup>(9)</sup>, Vetalengua chico<sup>(10)</sup> y del Membrillo<sup>(11)</sup>). En el caso de los dos lucios de mayor extensión (Lucio del Membrillo y el complejo de lucios del Rey - de los Ansares) se proyectó también la nivelación de su eje transversal. También se incluyó en el inventario de los tramos a nivelar con precisión cuatro secciones transversales en el caño de la Madre<sup>(12),(13),(14),(15)</sup>, el más largo de los cauces que atraviesa la marisma, dos secciones transversales en el caño Guadiamar<sup>(16),(17)</sup> y otras dos secciones en el caño Travieso<sup>(18),(19)</sup>. Los superíndices numerados que acompañan a los nombres de los diferentes lucios o secciones transversales de los caños, se corresponden con la numeración que aparece en la Figura 1, que representa el área de marismas del PND.

Para llevar a cabo la nivelación con precisión, tanto en los ejes de los citados lucios como en las secciones transversales de los caños, se comenzó delimitando los mismos en tramos de 500 m (medidos con cinta métrica) en cuyos extremos se colocaron unos hito-fenos de referencia, de los que se utilizan como señal en los

trabajos topográficos. Los hito-fenos se numeraron para facilitar su posterior identificación en el campo. Dentro de cada tramo, la nivelación se realizó para intervalos de 50 m con un nivel de burbuja (Wild-Heerbrugg n.º 6863, de 25 aumentos). La operación de nivelar el tramo, ida y vuelta, superaba normalmente las tres horas.

En el trazado de los ejes de los lucios, se trató de adoptar la dirección que mejor definiera su sección central; para ello, además de utilizar la cartografía existente y disponible, nos apoyamos en la experiencia y sugerencias de la guardería y también en referencias concretas fácilmente identificables en el horizonte (ejemplos: el comienzo o el final de una zona de dunas o de pinares, una antigua edificación, un eucalipto aislado de gran porte, una escala de las utilizadas para medir el nivel del agua en la marisma; etc.).

En los inicios del Proyecto núm. 174/93 se utilizó la brújula para registrar los rumbos de cada itinerario; pero a partir de septiembre 1996 se incorporó un GPS en los trabajos de campo para dotar de coordenadas planimétricas ( $x, y$ ) a los 97 hito-fenos que a lo largo del desarrollo del Proyecto (1995-99) se instalaron repartidos por toda la marisma. En principio parecía lógico suponer que con esta técnica se estaba facilitando la futura localización de los hito-fenos; pero pronto se demostró que la experiencia de campo es la mejor aliada en este tipo de trabajos; pues en ocasiones los hito-fenos se encuentran totalmente ocultos por la vegetación marismeña. En todo caso, se cumplió el objetivo de no impactar visualmente a la marisma o hacerlo de un modo muy difuminado.

Con estas operaciones, cada hito-feno quedó referenciado por sus coordenadas ( $x, y, z$ ). Las planimétricas ( $x, y$ ) obtenidas con un GPS, mientras que la altimétrica  $z$  se determinó mediante los citados trabajos de nivelación geométrica. Se precisó más en la definición de la coordenada altimétrica, porque su vinculación con la sedimentación es más directa.

Para referenciar con un punto común las cotas altimétricas de los 97 hito-fenos instalados y repartidos por toda la marisma; en un primer momento (18-09-96) se planteó y realizó la nivelación geométrica con precisión entre el vértice geodésico de Trigo (pequeña colina situada en el borde del lucio del Membrillo) de primer orden dentro de la clasificación adoptada por el Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.) y el hito-feno H81, situado en el extremo del eje transversal del lucio del Membrillo más próximo al citado vértice. Mas adelante (20-11-98) se tuvo conocimiento de otro punto de cota conocida, situado cerca de la montaña del río, junto al Guadalquivir. Dicho punto está representado por una placa de bronce con las iniciales J. P. S.-N. T. 106, empotrado en el basamento de una antigua baliza del río, próxima a la casa de la salina de San Isidoro y tiene de cota 4,018 m respecto del nivel del mar en Alicante. Dado que esta cota servía de referencia a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG), para las obras que se realizaban en la «montaña del río» (mota realizada siguiendo el curso del río, tratando de simular su antiguo levé); en lo sucesivo se utilizó como referencia altimétrica para los hito-fenos y demás puntos singulares de la marisma previstos en el Proyecto; presuponiendo que de este modo todos los puntos singulares quedarían mejor referenciados con el río y sus mareas.

### Nivelaciones geométricas de unión

Mediante estas operaciones topográficas se les dotó de cota a todos los hito-fenos instalados en los ejes de los lucios y en las secciones transversales de los caños, utilizando de partida el punto de cota conocida J. P. S.-N. T. 106 (4,018 m, s n m en Alicante), enlazando entre sí todos los tramos en los que se efectuaron las nivelaciones geométricas con precisión. De modo, uniendo las operaciones de nivelación geométrica con precisión con las nivelaciones de unión, se generó una red topográfica adecuada para el apoyo de campo del «modelo del terreno» de la marisma.

Posteriormente, la CHG llevó a cabo la confección del modelo del terreno de la marisma, a través de la U. T. E. formada por las empresas Estudios Cartográficos GEA, S.A. y Fotonor S.A. y con el asesoramiento técnico de la Universidad Politécnica de Cataluña (2002) en el contexto del Proyecto Doñana 2005, lo que implicó diversas operaciones hasta lograr su resultado final. La red topográfica proporcionada por el Proyecto 174/93 contribuyó como referencia de campo en el mismo.

Realizar estas operaciones de unión con el mismo rigor que el empleado en la medición de los elementos singulares resultaba inviable, dada la gran extensión que ocupa la marisma del PND; pero, por otro lado, se deseaba continuar con un nivel de precisión adecuado en la definición de la coordenada  $z$ , correspondiente a cada uno de los 97 hito-fenos repartidos por el Parque, algunos de los cuales muy distantes entre sí. Por ello, tras ensayar diferentes procedimientos, que no resultaron satisfactorios por los problemas de reverberación atmosférica que se presentan en la marisma, se optó por el uso de un nivel automático (Pentax-AML 320, de 32 aumentos) operando con tramos de 100 m, situando en el centro el aparato.

De este modo se operó en todas las nivelaciones de unión entre los hito-fenos instalados en la marisma (entre los situados en los extremos de dos lucios consecutivos, así como entre éstos y los de los caños y finalmente entre estos últimos entre sí). En estas nivelaciones de unión no se planteó efectuar el itinerario de ida y vuelta, sino nivelar formando polígonos, que se cerraran en el punto de partida, después de enlazar varios elementos singulares. Como conclusión, tras el cierre de los polígonos de nivelación y la comprobación que el error cometido en el cierre resulta admisible, se compensaron los errores y se determinaron los valores altimétricos de  $z$  definitivos de cada uno de los hito-fenos. En la Tabla 1 se sintetiza todas las operaciones de nivelación geométrica realizadas en la marisma durante el periodo 1995-99.

Área de nivelación			Enlace con otras áreas de nivelación			
núm.	Nombre	Nivelaciones realizadas en el interior del área	Código enlace	Área enlazada	Puntos de contacto Base	Otros
1.	Membrillo	– Nivelaciones con precisión de los ejes transversal y longitudinal del lucio del Membrillo. – Nivelaciones de unión por la montaña del río, entre los hito-fenos H84 y H91.	1.2. 1.5	Vetalengua Brenes		H76 H84
2.	Vetalengua	– Nivelaciones con precisión de los ejes de los lucios de Vetalengua grande y Vetalengua chico y la unión entre ambos. – Nivelaciones de unión en el área de Vetalengua.	2.1. 2.3. 2.9.	Membrillo Rey-Ánsares Juncabalejo	H76	H69 H96
3.	El Rey- Los Ánsares	– Nivelaciones con precisión de los ejes longitudinal y transversal del complejo lucio del Rey y lucio de los Ánsares. – Nivelaciones de unión en el área de El Rey- Los Ánsares.	3.2. 3.4. 3.6. 3.8. 3.9.	Vetalengua Molinillo... Las Nuevas Cherry ... Juncabalejo	H69	H56; H55 H41 E26 H42
4.	Molinillo- Sanlúcar- Sevilla	– Nivelaciones con precisión de los ejes longitudinal y transversal del lucio del Molinillo. – Nivelación con precisión del eje del lucio de Sanlúcar. – Nivelación con precisión del eje del lucio de Sevilla. – Nivelaciones de unión en el área de Molinillo- Sanlúcar-Sevilla.	4.3. 4.5. 4.V05.	Rey- Ánsares Brenes Levé natural Guadalquivir	H56	H55 H68; H64 H68
5.	Brenes	– Nivelaciones de unión en el área de Brenes.	5.1. 5.4.	Membrillo Molinillo...	H84	H68; H64
6.	Las Nuevas	– Nivelación con precisión de la 2ª sección transversal del caño Travieso. – Nivelaciones de unión en el área de Las Nuevas.	6.3. 6.7. 6.9. 6.13.	Rey-Ánsares Leo Biaggi Juncabalejo Guadamar 3	H41	H40 P01 H39
7.	Leo Biaggi	– Nivelación con precisión de la 1ª sección transversal del caño Travieso. – Nivelaciones de unión en el área de Leo Biaggi.	7.6. 7.8. 7.10. 7.13.	Las Nuevas Cherry ... Mari López Guadamar 3	H40	H35 H33 H35
8.	Cherry- Entremuros	– Nivelaciones de unión en el área de Cherry-Entremuros.	8.3. 8.7 8.11	Rey-Ánsares Leo Biaggi Travieso	H35	E26 E20
9.	Juncabalejo	– Nivelación con precisión de la 4ª sección transversal del caño de la Madre. – Nivelaciones de unión en el área del Juncabalejo.	9.2. 9.3. 9.6. 9.13.	Vetalengua Rey-Ánsares Las Nuevas Guadamar 3	H96	H42 P01 H92
10.	Mari López	– Nivelaciones con precisión de los ejes de los lucios de Mari López y Mari López chico. – Nivelaciones de unión en el área de Mari López.	10.7. 10.11. 10.12 10.14	Leo Biaggi Travieso Guadamar 2 Lobo	H33	H22 H17 H17
11.	Travieso	– Nivelaciones de unión en el área de Travieso.	11.8 11.10	Cherry ... Mari López	H22	E20
12.	Guadamar 2	– Nivelación con precisión de la 2ª sección transversal del caño Guadamar. – Nivelación con precisión de la 3ª sección transversal del caño de la Madre. – Nivelaciones de unión en el área de Guadamar 2.	12.10. 12.13. 12.15.	Mari López Guadamar 3 Guadamar 1	H17	H31 H98
13.	Guadamar 3	– Nivelaciones de unión en el área de Guadamar 3.	13.6. 13.7. 13.9. 13.12.	Las Nuevas Leo Biaggi Juncabalejo Guadamar 2	H92	H39 H35 H31

Tabla 1. Nivelaciones en la marisma del Parque Nacional de Doñana.

Table 1. Doñana National Park marsh levelling.

(Continúa)

(Continuación)

Área de nivelación			Enlace con otras áreas de nivelación			
núm.	Nombre	Nivelaciones realizadas en el interior del área	Código enlace	Área enlazada	Puntos de contacto	
					Base	Otros
14.	Lobo	– Nivelación con precisión del eje del lucio del Lobo. – Nivelaciones de unión en el área de Lobo.	14.10. 14.15.	Mari López Guadamar 1	H17	H16; H14
15.	Guadamar 1	– Nivelación con precisión de la 1ª sección transversal del caño Guadamar. – Nivelaciones de unión en el área de Guadamar 1.	15.12. 15.14. 15.16. 15.17	Guadamar 2 Lobo Resolimán Las Yeguas	H16	H98 H14 H10; E07 C10
16.	Resolimán	– Nivelación con precisión de la 2ª sección transversal del caño de la Madre. – Nivelaciones de unión en el área de Resolimán.	16.15. 16.17. 16.V07	Guadamar 1 Las Yeguas Vera	H10	E07 H07 V07
17.	Las Yeguas	– Nivelación con precisión de la 1ª sección transversal del caño de la Madre. – Nivelaciones de unión en el área de Las Yeguas, en el norte de la marisma.	17.15. 17.16. 17.H03	Guadamar 1 Resolimán Hito H03	C10	H07 H03

Tabla 1. Nivelaciones en la marisma del Parque Nacional de Doñana.

Table 1. Doñana National Park marsh levelling.

Las áreas de 5 (Brenes); 8 (Cherry-Entremuros); 11 (Travieso) y 13 (Guadamar3) sólo tienen nivelaciones geométricas de unión.

For areas number 5 (Brenes); 8 (Cherry-Entremuros); 11 (Travieso) and 13 (Guadamar3) levelling works only included union geometrical levelling.

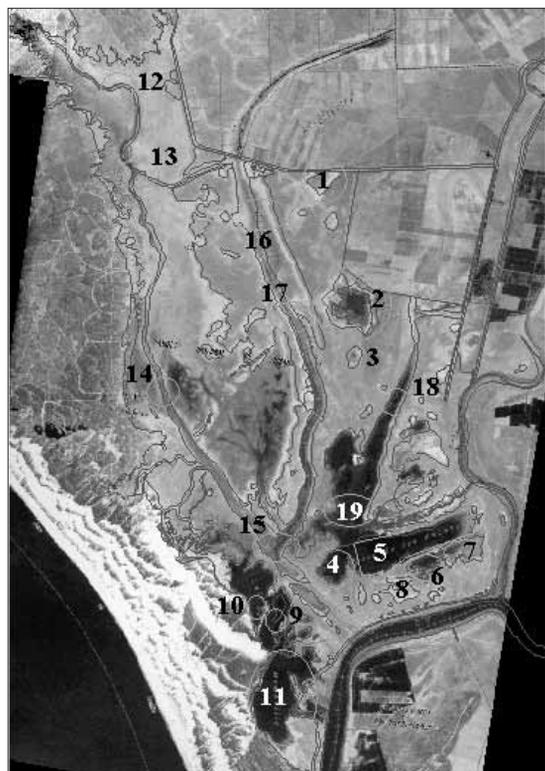


Figura 1. Ubicación de los elementos singulares en la marisma del Parque Nacional de Doñana, donde se realizaron las nivelaciones geométricas con precisión (ejes de los lucios y secciones transversales de los caños).

Figure 1. Location of most singular Doñana National Park elements, where the precise geometrical levelling was carried out (temporary ponds axes and stream cross sections).

Para llevar a cabo las nivelaciones geométricas que aparecen en la Tabla 1 se dividió la marisma del PND en las 17 áreas que se dan a continuación (nótese que esta numeración no se corresponde con la que aparece en la Figura 1, cuyo objetivo es diferente).

- Área 1. Membrillo.
- Área 2. Vetallengua.
- Área 3. El Rey-Los Ánsares.
- Área 4. Molinillo-Sanlúcar-Sevilla.
- Área 5. Brenes.
- Área 6. Las Nuevas.
- Área 7. Leo Biaggi
- Área 8. Cherry-Entremuros
- Área 9. Juncabalejo.
- Área 10. Mari López.
- Área 11. Travieso.
- Área 12. Guadamar 2.
- Área 13. Guadamar 3.
- Área 14. Lobo.
- Área 15. Guadamar 1.
- Área 16. Resolimán.
- Área 17. Las Yeguas.

En cada una de dichas áreas se realizaron las nivelaciones geométricas con precisión que afectaban a sus respectivos elementos singulares ubicados en ellas (lucios o secciones transversales de los caños); así como las nivelaciones geo-

métricas de unión con algún elemento de otra de las restantes áreas en las que se dividió la marisma; de modo que finalmente la red topográfica de nivelación geométrica de la marisma enlazara todas las áreas en una estructura única, como aparece en la Figura 2. Las respectivas columnas de la Tabla 1 representan lo siguiente:

Columna 1, código del área en cuestión donde se realizaron las nivelaciones geométricas con precisión correspondientes a sus elementos singulares y las nivelaciones geométricas de unión que enlazan algún hito-feno de la misma con otro hito-feno correspondiente a otra de las áreas en las que se ha dividido la marisma.



**Figura 2.** Estado final de las operaciones topográficas de nivelación geométrica realizadas en la marisma del PND entre 1995-99. En verde, las operaciones con precisión realizadas en los lucios y en las secciones transversales de los caños; en amarillo, las nivelaciones de unión. Los puntos azules representan los hito-fenos o puntos de cota conocida.

**Figure 2.** Final state of topographical levelling operations carried out at Doñana National Park (DNP) marshes between 1995 and 1999. In green, temporary ponds and stream cross sections precise levelling; in yellow, union levelling. Blue points represent landmarks (known elevation points).

Columna 2, Nombre del área codificada en la columna 1.

Columna 3, Enumeración de las operaciones de nivelación geométrica realizadas en dicha área, tanto con precisión en los elementos singulares como de unión entre áreas.

Columna 4, Codificación de las áreas enlazadas.

Columna 5, Nombre del área enlazada con la que aparece en la columna 2

Columna 6, Hito-feno, H, o compuerta, C, de contacto base entre las nivelaciones geométricas de unión de dos áreas de la marisma.

Columna 7, Hito-feno (H) o punto singular (E, escala; P, pozo; C, compuerta; V, punto virtual) que permiten la comprobación de las nivelaciones geométricas de unión realizadas entre dos áreas de la marisma.

A continuación, a modo de ejemplo, se detallan algunos de los trabajos realizados en el lucio del Membrillo (Figura 3. apartados a, b, c).



**Figura 3a.** Nivelación geométrica con precisión en el lucio del Membrillo (1996). Planta de los ejes longitudinal y transversal (Fotografía de fondo: imagen LANDSAT-5-TM de 9-07-90, editado por la Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía).

**Figure 3a.** Precise geometrical levelling of Membrillo pond (1996). Plan view of longitudinal and cross axes (Background photography: LANDSAT-5-TM de 9-07-90 image, edited by the Environmental Agency of the Andalusia Autonomic Government).

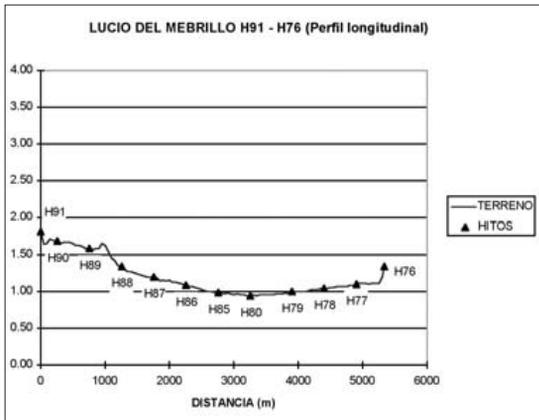


Figura 3b. Nivelación geométrica con precisión en el lucio del Membrillo (1996). Alzado del eje longitudinal.

Figure 3b. Precise geometrical levelling of the Membrillo Pond (1996). Elevation view of the longitudinal axis.

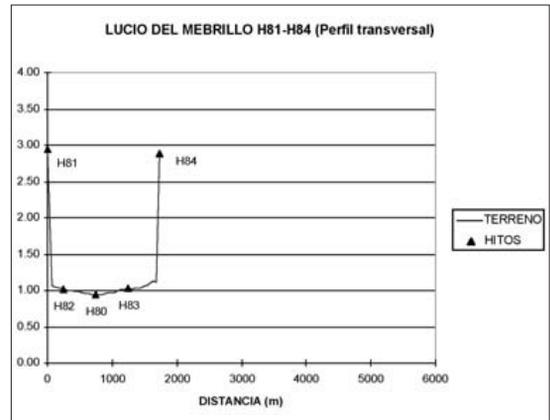


Figura 3b. Nivelación geométrica con precisión en el lucio del Membrillo (1996). Alzado del eje transversal

Figure 3b. Precise geometrical levelling of the Membrillo Pond (1996). Elevation view of the cross axis.

Finalmente se muestra el punto de cota conocida J.P.S.-N.T. 106 que sirvió de base para dotar de altimetría a toda la marisma (Figura 4.).

### Otras operaciones para estimar la sedimentación en los elementos singulares de la marisma

A los hito-fenos ubicados al inicio y final de cada tramo de nivelación geométrica, se les incorporó una escalilla; que consistía en una pequeña placa de latón graduada (0 - 6,2 cm, máxima altura que permite el hito-feno), con



Figura 4. Placa de bronce con las iniciales J. P. S.-N. T. 106, empotrado en el basamento de una antigua baliza del río Guadalquivir, próxima a la casa de la salina de San Isidoro, tiene de cota 4,018 m respecto del nivel del mar en Alicante y se utilizó como punto de partida para dotar de altimetría a toda la marisma.

Figure 4. Bronze plate with initials J. P. S. - N. T. 106, inlaid in the plinth of an old beacon of the Guadalquivir river, next to the San Isidoro salt mine main house, with an elevation of 4,018m a.s.l. with respect to Alicante reference, which was set as start point to develop the whole marsh levelling.

el propósito de obtener información de las variaciones que se fueran observando en el enrase de dicha escalilla con el nivel del terreno; en especial respecto de la medida anotada al enrasarlo por primera vez en el suelo, tras instalar el hito-feno en la marisma. En todo momento, se consideró que esta variación en la escalilla correspondía a la capa superficial del terreno y que el hito-feno está fijo al lecho del lucio o del caño.

Conviene recordar que las medidas periódicas que han proporcionado las escalillas de latón desde su instalación hasta el presente, no reflejan por sí mismas y de una forma directa la sedimentación en el lucio ni en el caño; debido a la retracción-expansión a que están sometidos los suelos que constituyen la marisma. Se trata de suelos arcillosos o limoso-arcillosos y en ellos el efecto de la retracción-expansión puede llegar a ser importante, del orden de 1 cm e incluso superar este valor, dependiendo de la posición relativa del hito-feno en el lucio y de las características de humedad del año de la medición; lo que contrasta con el rigor que se empleó en las operaciones de nivelación realizadas dentro de los lucios o en las secciones transversales de los caños en las que se trató de precisar el mm.

Para subsanar este efecto, las operaciones de enrase del nivel del terreno con las escalillas

de los hito-fenos se planificaron de modo que coincidieran todos los años con las mismas fechas y tras un periodo prolongado sin precipitaciones. Estas precauciones resultan imprescindibles sobre todo para los años en los que durante el invierno anterior la inundación de la marisma es importante y prolongada; en los años de sequía se puede dilatar el periodo de toma de lecturas, pero como norma general las lecturas se han tomado todos los años entre los meses de julio y septiembre, si bien en los años húmedos se han medido preferentemente en el mes de septiembre o se ha retrasado en lo posible durante el mes de julio.

En cuanto al protocolo para medir el enrase, se limita a apoyar una placa dura (un cartón) sobre la superficie del lucio o caño y deslizarlo hasta que le corte perpendicularmente al plano de la escalilla. Para facilitar la labor, se adosa a la escalilla fija al hito-feno (que normalmente se encuentra oxidada) otra escalilla portátil, igual pero limpia, en la que se hace la lectura sin dificultad. Esta escalilla portátil también puede sustituir a la fija, cuando el hito-feno, por cualquier causa, haya perdido la suya. Por último, si al colocar la placa dura sobre el terreno, ésta tomara una inclinación que diera dos lecturas en la escalilla, se considera su valor medio.

Si se presentara la circunstancia que el enrase del hito-feno con el terreno es marcadamente diferente en sus distintas caras, se sigue manteniendo el criterio de tomar la lectura exclusivamente en la cara donde se encuentra la escalilla (o lo haya estado anteriormente); aunque se complete esta información con los comentarios adicionales al respecto, por si pudieran ser de interés más adelante.

Inicialmente no se pensó en obtener más información de las escalillas adosadas en los hito-fenos, que la relativa a su enrasamiento con el terreno al final del periodo estival de cada año hidrológico; siendo éste en realidad el dato más preciso que se consigue de los mismos. Pero a partir del año hidrológico 1996-97 (final del verano de 1997) se pensó

que analizando el estado en el que se encontraban los hito-fenos en el momento que se medía su enrasamiento con el terreno, se podría obtener una información adicional aprovechable, del modo que se habían comportado los sedimentos durante el periodo de inundación del invierno anterior. Sin embargo este aspecto no se trata en este artículo, pues la información obtenida no ha sido aún utilizada para llegar a ninguna conclusión al respecto.

Se comenta no obstante que la cota del hito-feno, establecida en las operaciones de nivelación geométrica, se corresponde con la cabeza de su clavo de sujeción al terreno. En las operaciones de nivelación geométrica se definió también la cota del terreno de la marisma en el entorno del hito-feno, como aparece en el lado izquierdo de la Figura 5. En el lado derecho de la misma figura se muestra una chincheta apoyada sobre el terreno, sobre la que se colocaba la mira durante las operaciones de nivelación. Dado que la altura de la chincheta era conocida, la cota del terreno era posible determinarla directamente una vez concluidas las operaciones de nivelación.

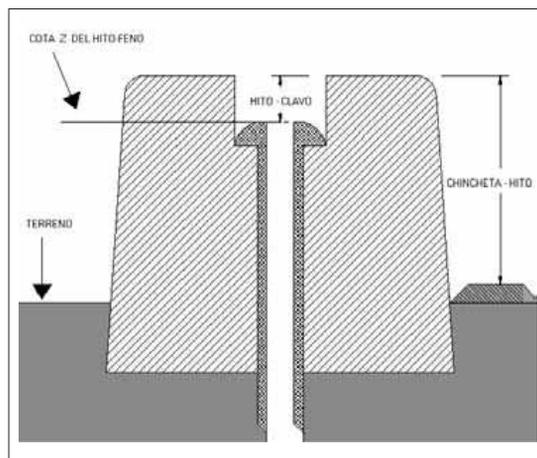


Figura 5. Esquema de un hito-feno de los utilizados en las operaciones topográficas de nivelación geométrica en la marisma del PND, con la indicación del emplazamiento de la cota z, que figura en la información de referencia.

Figure 5. Scheme of landmarks used for geometrical levelling operations at the DNP marshes, with the elevation reference, provided in the reference information.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS MISMOS

Se comienza sintetizando los resultados obtenidos en el año 1999 al finalizar el Proyecto 174/93, para mostrar a continuación los resultados conseguidos en el tiempo de prolongación de dicho Proyecto entre los años 2000-06.

### **Síntesis de los resultados del Proyecto núm. 174/93 relacionados con el objetivo de este artículo: presentación y análisis.**

Estos resultados se dividieron para su análisis posterior en dos bloques, de contenidos diferentes pero con un propósito común, el de conocer si la micro-topografía de los elementos singulares de la marisma se mantenía o, por el contrario, experimentaba un proceso más o menos acelerado de anulación por sedimentación de sus cuencos. Con los resultados del bloque 1 se trató de establecer el rango en magnitud de la altimetría de los elementos singulares de la marisma. Con los del bloque 2 el análisis de la evolución de sus perfiles.

Los resultados de los trabajos del bloque 1 permitieron determinar las cotas (en milímetros sobre el nivel del mar en Alicante) de los ejes de los lucios o de las secciones transversales de los caños; así como la altimetría de los hito-fenos instalados en ellos y los esquemas de los perfiles de los ejes y de las secciones de los caños. Se tomó como cota origen para la altimetría en la marisma el punto de 4,018 m (s n m en Alicante) de la placa de bronce con las iniciales «J. P. S.- N. T. 106» empotrado en el basamento de una antigua baliza del río Guadalquivir que se muestra en la Figura 4.

Los resultados de los trabajos del bloque 2 aportaron los valores del enrasamiento del terreno de la marisma en las escalillas de los hito-fenos instalados en ella, en cada uno de los años del periodo de observación (1995-99).

### *Trabajos topográficos de nivelación geométrica (bloque 1)*

La Tabla 2 (apartados *a* y *b*) muestra los resultados del primer bloque. En ella se definen, agrupados por áreas, las cotas de los hito-fenos extremos y de los hito-fenos centrales de cada uno de los lucios y de las secciones transversales de los caños analizados en el Proyecto 174/93. En el caso de los lucios la agrupación se realizó atendiendo a su proximidad, mientras que tratándose de las secciones transversales de los caños considerando el propio caño. En dicha Tabla 2 se aporta en una primera aproximación del primer nivel de inundación de la marisma, a partir de la situación de secado total de la misma, que es como se halla la marisma del PND al final de cada año hidrológico (así se ha encontrado en los doce años analizados, 1995-2006). Este nivel, definido como calado inicial, se registra en la columna 8 en el caso de los lucios (apartado *a*) y en la columna 14 para las secciones transversales de los caños (apartado *b*).

Los resultados de la Tabla 2, junto con el resto de la información obtenida con los trabajos topográficos de nivelación geométrica efectuados en la marisma entre 1995-99, permitieron la configuración de la red topográfica que se muestra en la Figura 2 (MINTEGUI & ROBREDO, 2001), matizando con ella la tradicional distinción altimétrica de la marisma en tres grandes zonas (la llamada «marisma alta» a la que se le atribuía una cota mayor de 3 m, la «marisma media» entre 2 y 3 m y la «marisma baja» de altitud menor de 2 m) y aportando una nueva clasificación, que diferencia los niveles de acuerdo con las cotas del terreno. Dicha clasificación se adjunta en la Tabla 3.

Como valores extremos, la menor cota 0,712 m se estableció en la base de la escala E31, en el lucio de Vetalegua Chico, y las mayores cotas, que oscilan alrededor de los 3 m, se localizaron en el cono de deyección del arroyo del Partido.

Lucio o grupo de lucios	Hito-fenos extremos del lucio			Hito-fenos centrales		Estimación del calado inicial en el lucio (m)	Observaciones	
	Núm.	Posición	Cota (m)	Núm.	Cota (m)			
Membrillo	H 91 H 76	Sur Norte	1,830 1,406	H 80 H 83*	0,962 1,060	0,444	*El hito-feno H 83 está en la sección transversal del lucio	
Vetalengua	V. Grande	H 75 H 69	Sur Norte	1,062** 1,430	H 73 H 74	0,991 1,047	0,071	**El hito feno H 75 sugiere que el lucio de Vetalengua grande es la continuidad del lucio del Membrillo
	V. Chico	H 70 H 72	Sur Norte	2,784 1,166	H 71 H 96***	1,101 1,097	0,065	***Las cotas del hito-feno H 96 (1,097) y de la escala E 31 (0,712 m) sugieren que morfológicamente el lucio de Vetalengua se extiende hasta la escala E 31 y la sobrepasa.
El Rey- Los Ánsares	El Rey	H 42 H 45	Oeste Este	1,262 1,211	H 43 H 44	1,121 1,067	0,195	
	Los Ánsares	H 45 H 55	Oeste Este	1,211 1,501	H 47 H 49	0,868 0,869	0,343	
Molinillo- Sánlúcar- Sevilla	Molinillo	H 66 H 67	Oeste Este	1,413 1,372				
	Sánlúcar	H 57 H 61	Oeste Este	1,434 1,314	H 60 E 29	1,166 1,109	0,205	
	Sevilla	H 61 H 64	Oeste Este	1,314 1,537	E 29 H 63	1,109 1,290	0,205	
Mari López	Mari López	H 22 H 17	Sur Norte	1,586 1,202	H 19 E 18	1,050 1,046	0,156	
		H 28 H 26	Sur Norte	1,298 1,305	H 27	1,214	0,084	
Lobo		H 14 H 16	Sur Norte	1,394 1,524	H 15 E 17	1,237 1,121	0,273	

**Tabla 2a.** Altimetría de las cotas de los puntos extremos (más altos) y de los puntos medios (más bajos) en los lucios del PND, establecidos a través de los hito-fenos instalados en los mismos.

**Table 2a.** Levelling of end points (higher elevations) and middle points (lower elevations) of DNP ponds, established through means of set up landmarks.

Caño	Sección		Hito-fenos que definen la sección										Calado estimado para la sección (m)	Observaciones
	Núm.	Paraje	Núm.	Cota (m)	Núm.	Cota (m)	Núm.	Cota (m)	Núm.	Cota (m)	Núm.	Cota (m)		
La Madre	1	Las Yeguas	H 04	1,681	H 05	1,540	H 06	1,809					0,141	
	2	Resolimán	H 07	1,620	H 08	1,398	H 09	1,523					0,125	
	3	Palacio de Doñana	H 30	1,265	H 31	1,175	H 32	1,069					0,090	El hito-feno H32 está ubicado en los Hondones
	4	Juncabalejo	H 92	1,540	H 93	1,235	H 94	1,193	H 95	1,339			0,042	
Guadamar	1	Pocitos del Rocío	H 10	1,423	H 11	1,366	H 12	1,365	H 13	1,918			0,058	
	2	Cancela Millán	H 23	1,427	H 24	1,155	H 25	1,243					0,088	
Travieso	1	Leo Biaggi	H 33	1,545	H 34	1,161	H 35	1,755					0,384	
	2	Las Nuevas	H 36	1,294	H 37	1,277	H 38	1,096	H 39	1,106	H 40	1,229	0,133	

**Tabla 2b.** Altimetría de las cotas de los puntos extremos (más altos) y de los puntos medios (más bajos) en las secciones transversales seleccionadas en los caños del PND, establecidos a través de los hito-fenos instalados en los mismos.

**Table 2b.** Levelling of end points (higher elevations) and middle points (lower elevations) of selected channel cross sections of DNP, established through means of set up landmarks.

Niveles	Observaciones	Áreas que comprende
Primer nivel (de cotas más bajas)	Formado por las superficies de cota inferior a 1,30 m sobre el nivel de mar en Alicante. Dividido en 4 sub-niveles, que si bien tienen rangos de cota que se superponen en determinados casos, constituyen unidades propias	Cota: $z < 1,00$ m – La mayor parte del área central del lucio de los Ánsares – Hondones y confluencia del caño Travieso con el lucio de los Ánsares – Zonas centrales de los lucios del Membrillo y de Vetalegua.
		Cota: $1,00 < z < 1,10$ m – Contorno de las zonas más bajas antes citadas – Caño Travieso p. p. – Caño de la Madre p. p.
		Cota: $1,00 < z < 1,20$ m – Solera del lucio del Rey – Lucio de Mari López, excluida su periferia – Lucio de Sanlúcar – Caño del Guadamar p. p. – Caño Travieso p. p. – Caño de la Madre p. p.
		Cota: $1,00 < z < 1,30$ (1,40) m – Lucios de Sevilla y el Molinillo – Lucio de Mari López Chico – Lucio del Lobo – Caño Travieso p. p. – Caño del Guadamar p. p.
Segundo nivel	Constituido por varias zonas de altimetría variable: $1,40$ (1,60) $< z < 2,00$ m.	– La casi totalidad de los espacios comprendidos entre las distintas áreas del primer nivel. – La mayoría de los puntos de contacto de la marisma con la vera y la retuerta. – Levé actual del río Guadalquivir, en su mayor parte.
Tercer nivel. (de cotas más altas)	Comprende un conjunto de áreas singulares de la marisma. Su altimetría es superior a $2,00$ m s. n. m. en Alicante.	– Las vetas de la marisma, como Veta la Arena, Veta Carrizosa, Vetalegua, etc. – El muro del norte de la marisma: muro de la FAO. – El muro de la montaña del río. – La prolongación de Entremuros. – Los muros de las salinas de San Rafael. – La parte principal del nuevo cono de deyección del arroyo del Partido.

**Tabla 3.** Clasificación de la marisma del PND de acuerdo con sus diferentes niveles de altitud.

**Table 3.** Classification of DNP marshes, according to its elevation level rank.

*Trabajos realizados a partir del enrase con el terreno de las escalillas de los hito-fenos instalados en los elementos singulares de la marisma (lucios y secciones transversales de los caños), para estimar la evolución temporal de la sedimentación en su entorno (bloque 2).*

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos del enrase de la superficie de la marisma en las escalillas de los hito-fenos instalados en los elementos singulares de la misma durante el periodo 1995-99, que es el que abarca el Proyecto 174/93. Como las operaciones de instalación de los hito-fenos en el terreno se dilataron a lo largo de tres años y medio; la información de los resultados obtenidos varía de un elemento singular a otro, dependiendo del momento en que se procedió a instalarlos en

cada uno de dichos elementos. En el caso de los lucios del Membrillo, Mari López y Mari López chico, el periodo es de 5 años; para los lucios del Rey, los Ánsares, Sanlúcar y el eje transversal del Molinillo es de 4 años y para los restantes lucios: Sevilla, Vetalegua grande, Vetalegua chico, el Lobo y en el eje longitudinal del Molinillo se reduce a 3 años.

En dicha Tabla 4 se incluyen también los enrases de la superficie de la marisma en la base de las escalas de medición del nivel del agua durante su inundación. Se trata de 32 escalas, pero solo se dispone de información en 28 de ellas en los años más completos. Cada escala se representa por la letra E, seguida de su correspondiente numeración. En las columnas del 2 al 6 de la Tabla 4 aparecen dos valores, el

Elemento	Año: 1995		Año 1996		Año 1997		Año 1998		Año 1999	
Código	Fecha - enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)	
E03	25/07/95	0,0	21/10/96	6,5	26/09/97	8,5	28/09/98	20,0	08/07/99	18,0
E04							11/07/98	8,5	08/07/99	9,0
E05							07/08/98	7,0		
E06							29/09/98	18,0	14/06/99	0,0
E07									06/07/99	7,0
E08							24/10/98	2,0	23/04/99	2,5
							21/11/98	2,0	14/06/99	2,0
									27/07/99	2,0
E09									13/06/99	3,5
E10									24/04/99	10,0
									23/07/99	8,0
E11							29/09/98	5,5	07/07/99	5,0
E12							07/08/98	7,0	21/07/99	5,0
E13									24/04/99	8,0
									26/07/99	5,5
E14							22/11/98	-0,5	23/04/99	-0,5
									25/07/99	-0,5
E15									27/07/99	3,0
E16									24/04/99	2,0
									23/07/99	-0,5
E17					25/09/97	6,0	09/07/98	10,0	08/07/99	8,0
							28/09/98	9,5		
E18					09/07/97	8,5	10/07/98	8,0	25/07/99	5,0
					20/10/97	6,5	26/09/98	7,0		
							23/10/98	5,5		
E20							23/11/98	3,0	24/07/99	1,0
E21							11/07/98	6,0		
							06/08/98	4,5		
E22									23/07/99	1,0
E23									21/07/99	0,0
E24									23/07/99	0,0
E25					18/10/97	0,0	21/07/98	5,0	23/07/99	0,0
E26					18/10/97	0,0	17/09/98	1,5	24/07/99	-1,0
							23/10/98	0,0		
E27					18/10/97	0,0	12/09/98	-0,6	27/07/99	-4,0
E28							15/09/98	1,5	25/04/99	1,0
									27/07/99	1,0
E29					17/10/97	1,5	15/09/98	1,0	24/07/99	0,0
							23/10/98	1,5		
							19/12/98	0,5		
E30										
E31					12/09/97	7,0	18/09/98	6,0	12/06/99	6,0
									25/07/99	4,0
E32			18/10/96	4,0			14/09/98	4,0	25/07/99	3,0

**Tabla 4.** Enrase de la superficie de la marisma en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma, durante el periodo 1995-99.

**Table 4.** Marsh surface level up referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements, during the period 1995-99.

(Continúa)

(Continuación)

Elemento	Año: 1995		Año 1996		Año 1997		Año 1998		Año 1999	
Código	Fecha - enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)	
H03							29/09/98	2,1	22/07/99	2,0
H04	25/07/95	1,4	21/10/96	1,6	26/09/97	1,6	07/07/98	2,4	08/07/99	2,8
							28/09/98	2,0	22/07/99	2,1
H05	25/07/95	0,0	21/10/96	6,5	26/09/97	8,5	07/07/98	24,0	08/07/99	18,0
							28/09/98	20,0		
H06	25/07/95	2,1	21/10/96	2,3	26/09/97	2,5	07/07/98	1,5	08/07/99	1,9
							28/09/98	2,3		
H07							06/08/98	2,7	08/07/99	3,8
H08							06/08/98	3,5	08/07/99	3,0
H09							06/08/98	1,7	08/07/99	0,5
H10							30/09/98	1,9	07/07/99	1,9
H11							29/09/98	3,0	07/07/99	1,7
H12							29/09/98	2,0	07/07/99	1,6
H13							29/09/98	1,3	07/07/99	0,9
H14					25/09/97	2,6	26/07/98	4,1	08/07/99	2,8
							28/09/98	4,3		
H15					25/09/97	4,5	26/07/98	4,7	08/07/99	2,6
							28/09/98	4,6		
H16					25/09/97	0,7	09/07/98	6,2	08/07/99	2,8
							28/09/98	5,3		
H17	26/07/95	4,0	21/10/96	4,4	08/07/97	4,8	10/07/98	5,0	25/07/99	3,5
					20/10/97	3,8	08/08/98	4,2		
							26/09/98	4,4		
							23/10/98	4,3		
H18	26/07/95	4,5	21/10/96	6,0	08/07/97	6,2	10/07/98	6,0	25/07/99	3,4
					20/10/97	4,8	26/09/98	4,6		
							23/10/98	4,2		
H19	26/07/95	5,0	21/10/96	6,2	20/10/97	5,0	26/09/98	6,2	25/07/99	5,9
							23/10/98	6,0		
H20	26/07/95	2,9	21/10/96	3,9	10/07/97	5,4	26/09/98	4,0	25/07/99	2,8
					20/10/97	3,0	23/10/98	3,8		
H21	26/07/95	3,9	21/10/96	4,3	09/07/97	5,1	11/07/98	6,2	25/07/99	4,0
					20/10/97	3,7	26/09/98	4,6		
							23/10/98	4,5		
H22	26/07/95	3,0	21/10/96	4,0	09/07/97	4,0	10/07/98	3,8	25/07/99	3,3
					20/10/97	3,5	06/08/98	2,9		
							26/09/98	3,4		
							23/10/98	3,0		
H23							07/08/98	2,1	24/04/99	2,2
									21/07/99	2,2
H24							07/08/98	1,3	21/07/99	-1,1
H25							07/08/98	2,5	21/07/99	2,7
H26	26/07/95	4,4			09/07/97	5,0	10/07/98	2,7	25/07/99	1,4
					26/09/97	3,0	26/09/98	3,5		
							23/11/98	2,8		

**Tabla 4.** Enrase de la superficie de la marisma en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma, durante el periodo 1995-99.

**Table 4.** Marsh surface level up referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements, during the period 1995-99.

(Continúa)

(Continuación)

Elemento	Año: 1995	Año 1996	Año 1997	Año 1998	Año 1999
Código	Fecha - enrase (cm)	Fecha-enrase (cm)	Fecha-enrase (cm)	Fecha-enrase (cm)	Fecha-enrase (cm)
H27	26/07/95 2,3		25/09/97 2,5	24/07/98 4,3 26/09/98 3,9 23/11/98 3,3	25/07/99 2,4
H28	26/07/95 4,6		25/09/97 3,4	24/07/98 4,7 26/09/98 4,5 23/10/98 4,4	25/07/99 3,4
H29				20/12/98 3,5	
H30				22/11/98 4,0	27/07/99 0,0
H31				21/11/98 4,0	23/04/99 3,5 27/07/99 3,0
H32				22/11/98 3,8	23/04/99 3,5 27/07/99 2,0
H33				24/07/98 3,5	21/07/99 2,7
H34				05/08/98 0,0	21/07/99 -1,5
H35				11/07/98 1,8	21/07/99 1,5
H36			18/10/97 3,2	23/07/98 3,8 26/09/98 3,9	24/04/99 3,8 27/07/99 3,0
H37			18/10/97 3,0	23/07/98 3,5 26/09/98 2,8	27/07/99 1,7
H38			18/10/97 4,0	23/07/98 5,2 26/09/98 4,3	23/07/99 3,3
H39			18/10/97 2,9	21/07/98 5,9 26/09/98 3,8	23/07/99 3,3
H40				21/07/98 0,9 12/09/98 0,0	21/07/99 -0,5
H41		23/09/96 3,7	18/10/97 3,3	12/09/98 2,6	27/07/99 2,7
H42		22/09/96 2,5	17/09/97 2,5	16/09/98 3,0 26/09/98 3,2	25/04/99 3,5 27/07/99 2,4
H43		22/09/96 1,8	17/09/97 2,9	16/09/98 3,0	27/07/99 2,4
H44		22/09/96 2,0	17/09/97 2,6	26/09/98 3,5	27/07/99 2,2
H45		23/09/96 2,5	23/09/97 1,2	15/09/98 2,4	27/07/99 0,5
H46		23/09/96 2,5	23/09/97 3,4	26/09/98 2,9	27/07/99 2,0
H47		23/09/96 2,8	24/09/97 1,2	15/09/98 -0,3	27/07/99 -0,9
H48		23/09/96 2,0	24/09/97 2,5	12/09/98 0,1	27/07/99 0,0
H49		23/09/96 3,4	17/10/97 4,0	13/09/98 4,7	27/07/99 4,3
H50		24/09/96 2,7	17/10/97 3,0	13/09/98 4,0	27/07/99 2,9
H51		24/09/96 2,6	17/10/97 2,6	13/09/98 4,5	27/07/99 3,0
H52		24/09/96 2,6	17/10/97 2,3	15/09/98 3,1 23/10/98 2,6	27/07/99 1,7
H53		24/09/96 3,1	17/10/97 3,0	15/09/98 3,0 23/10/98 3,0	27/07/99 2,5
H54		24/09/96 2,2	17/10/97 1,4	15/09/98 2,5 23/10/98 2,5	27/07/99 2,2
H55		24/09/96 2,3	17/10/97 2,5	15/09/98 3,9 24/10/98 3,9	27/07/99 2,8

**Tabla 4.** Enrase de la superficie de la marisma en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma, durante el periodo 1995-99.

**Table 4.** Marsh surface level up referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements, during the period 1995-99.

(Continúa)

(Continuación)

Elemento	Año: 1995		Año 1996		Año 1997		Año 1998		Año 1999	
Código	Fecha - enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)	
H56			20/10/96	3,0			13/09/98	3,9	27/07/99	2,8
H57			20/10/96	3,3	17/10/97	3,9	13/09/98	3,8	24/07/99	3,0
							24/10/98	4,0		
							18/12/98	3,7		
H58			20/10/96	2,9	17/10/97	2,9	15/09/98	2,9	24/07/99	1,4
							18/12/98	2,3		
H59			20/10/96	2,3	17/10/97	3,0	15/09/98	3,4	24/07/99	2,1
							18/12/98	2,4		
H60			20/10/96	2,3	17/10/97	3,5	15/09/98	3,7	24/07/99	2,7
							23/10/98	3,3		
							19/12/98	3,0		
H61					17/10/97	4,0	23/10/98	4,3	24/07/99	3,2
							19/12/98	3,5		
H62					17/10/97	3,3	23/10/98	4,0	24/07/99	2,8
							19/12/98	3,8		
H63					17/10/97	2,8	23/10/98	4,6	24/07/99	3,1
							20/12/98	3,7		
H64					17/10/97	2,4	23/10/98	3,9	24/07/99	2,4
H65			20/10/96	2,0	17/10/97	2,5	13/09/98	2,8	24/07/99	2,5
							24/10/98	3,2		
							18/12/98	2,9		
H66					17/10/97	1,7	24/09/98	2,8	24/07/99	1,3
H67			20/10/96	1,0	17/10/97	0,8	13/09/98	2,0	24/07/99	1,0
							24/10/98	2,3		
							18/12/98	1,9		
H68			20/10/96	1,3	17/10/97	1,4	13/09/98	0,9	24/07/99	1,4
							24/10/98	1,3		
							21/11/98	1,3		
							18/12/98	1,2		
H69					10/09/97	2,0	14/09/98	2,3	25/07/99	2,6
H70					10/09/97	4,2	18/09/98	4,7	25/07/99	4,9
H71					10/09/97	2,3	18/09/98	1,7	25/07/99	1,0
H72					10/09/97	1,7	18/09/98	1,7	25/07/99	1,2
H73					10/09/97	2,5	14/09/98	2,4	25/07/99	1,8
H74					10/09/97	1,9	14/09/98	1,7	25/07/99	1,0
H75					10/09/97	0,9	14/09/98	1,2	25/07/99	2,1
H76	27/07/95	2,4	19/10/96	0,0	10/09/97	-3,5	14/09/98	-5,8	25/07/99	-5,4
H77	27/07/95	3,2	19/10/96	4,0	10/09/97	3,5	14/09/98	3,8	25/07/99	3,4
H78	27/07/95	3,0	18/10/96	3,5	10/09/97	3,8	14/09/98	4,6	25/07/99	3,8
H79	27/07/95	2,7	24/09/96	4,7	10/09/97	4,8	14/09/98	5,3	25/07/99	3,9
H80	27/07/95	3,0	21/09/96	5,0	10/09/97	4,7	14/09/98	4,9	22/07/99	2,9
H81	25/07/95	3,8	18/09/96	ca	13/09/97	ca			25/07/99	ca
H82	25/07/95	2,0	21/09/96	3,5	13/09/97	4,8	14/09/98	4,8	25/07/99	3,3

Nota: ca, cubierto de arenas.

**Tabla 4.** Enrase de la superficie de la marisma en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma, durante el periodo 1995-99.

**Table 4.** Marsh surface level up referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements, during the period 1995-99.

(Continúa)

(Continuación)

Elemento	Año: 1995		Año 1996		Año 1997		Año 1998		Año 1999	
Código	Fecha - enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)		Fecha-enrase (cm)	
H83	25/07/95	2,5	23/09/96	2,1	10/09/97	2,3	14/09/98	1,9	25/07/99	1,4
H84	25/07/95	1,0	22/09/96	1,0	10/09/97	1,1	13/09/98 20/11/98	1,3 1,3	25/07/99	0,8
H85	27/07/95	1,5	22/09/96	1,5	13/09/97	2,5	14/09/98	1,8	22/07/99	1,4
H86	27/07/95	2,0	22/09/96	0,6	13/09/97	1,1	14/09/98	-0,4	22/07/99	-0,2
H87	27/07/95	3,0	19/09/96	2,3	13/09/97	2,4	14/09/98	1,8	22/07/99	2,5
H88	27/07/95	2,3	19/09/96	2,4	13/09/97	1,3	14/09/98	1,7	22/07/99	0,8
H89	27/07/95	2,8	17/09/96	3,1	13/09/97	3,2	14/09/98	4,0	22/07/99	3,5
H90	27/07/95	2,2	17/09/96	2,4	14/09/97	1,5	14/09/98 28/09/98	2,0 2,3	22/07/99	1,8
H91	27/07/95	0,0	17/09/96	3,5	10/09/97	5,5	12/09/98 28/09/98 23/11/98	5,7 5,9 5,8	22/07/99	5,2
H92							18/09/98	0,6	12/06/99 23/07/99	0,5 0,5
H93							18/09/98	1,8	26/04/99 12/06/99 23/07/99	3,5 3,0 2,2
H94							18/09/98	2,7	26/04/99 26/07/99	2,8 2,0
H95							18/09/98	2,2	24/04/99 26/07/99	4,0 2,5
H96					10/09/97	2,2	18/09/98	3,8	12/06/99 25/07/99	3,3 2,4
H97							17/09/98 23/10/98	1,8 2,0	24/07/99	1,5
H98									23/04/99 06/07/99	1,0 1,0
H99									06/07/99	2,0

**Tabla 4.** Enrase de la superficie de la marisma en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma, durante el periodo 1995-99.

**Table 4.** Marsh surface level up referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements, during the period 1995-99.

primero se refiere a la fecha en la que se tomó la medida y el segundo al valor del enrase del terreno en cm.

El periodo 1995-99 resultaba en cualquier caso insuficiente, pues a los previsibles errores que se pudieran haber cometido en la apreciación de la propia medida, había que añadir los procesos de expansión-retracción que sufren los suelos que forman los lucios y los caños, debido a su textura entre arcillosa y arcillo-limosa; aspecto que es necesario contemplarlo y cuya única forma de reducir

su efecto es con series suficientemente largas, que comprendan tanto años húmedos como secos.

En el caso del periodo 1995-99 éste incluía dos años secos, el primero 1994-95 y el último 1998-99, y tres años centrales 1995-96; 1996-97 y 1997-98 muy húmedos; lo que permitía un análisis bastante bien enfocado para los lucios que disponían del registro completo. Aunque no se pudiera hablar de resultados concluyentes, si era posible ver en ellos la tendencia existente. La Tabla 5, que sintetiza los resultados

Lucio o grupo de lucios	Periodo analizado	Variación absoluta: $D_A$		Variación temporal: $D_T$	
		$D_{Amedio}$	$D^*_{Amedio}$	$D_{Tmedio}$	$D^*_{Tmedio}$
Membrillo	1995-99	2,18 cm	1,86 cm	-0,34 cm	-0,21 cm
Vetalengua (1)	1997-99	1,17 cm	1,00 cm	-0,41 cm	-0,27 cm
El Rey-Los Ánsares	1996-99	1,54 cm	1,47 cm	-0,69 cm	-0,61 cm
Molinillo-Sanlúcar-Sevilla (2)	1996-99	1,18 cm	1,20 cm	-0,30 cm	-0,27 cm
Mari López	1995-99	1,26 cm	1,13 cm	-0,33 cm	-0,34 cm
Lobo (3)	1997-99	2,40 cm	---	0,10 cm	---

(1) Los valores temporales están influidos por la escala E31, que es un punto singular de la marisma.

(2) La fecha inicial varía de 1996 a 1997 dependiendo de la colocación de los hito-fenos en el lucio.

(3) Los resultados de este lucio son poco significativos, pues solo se utilizan los datos de dos hito-fenos y de una escala y el periodo observado se reduce a tres años.

**Tabla 5.** Resumen de las variaciones absoluta y temporal de los enrase del terreno en los hito-fenos situados en los distintos lucios o grupos de lucios de la marisma del PND en el período 1995-99.

(1) Temporal values are influenced by the E31 scale, which is a singular point of The Marsh.

(2) Start date varies from 1996 to 1997, depending on the positioning of the landmark in the temporary pond.

(3) The results for this pond, are little significant because there were used only measurements from two landmarks and from one scale, in addition the period of observation was reduced to three years.

**Table 5.** Summary chart of absolute and temporal variations of terrain level up, at the landmarks placed at the different ponds or pond groups of the DNP marsh, during the period 1995-99.

obtenidos, presenta seis columnas, cuyos términos representan:

1. Columna 1, Lucio o grupo de lucios (cuando existe cercanía geográfica entre ellos) a los que se refieren los resultados de la investigación.

2. Columna 2, Periodo analizado

3. Columnas 3 y 4, *Variaciones absolutas*  $D_A$ , que representa la amplitud máxima del rango de variación, en términos absolutos, entre dos enrase del terreno efectuados en la escalilla de un mismo hito-feno durante el periodo observado. Se aportan dos valores:

- $D_{Amedio}$  la media aritmética de los valores de  $D_A$  de todos los hito-fenos instalados en el lucio o área de lucios próximos que se analizan conjuntamente.
- $D^*_{Amedio}$  representa el mismo concepto que  $D_{Amedio}$  pero prescindiendo de los valores extremos, más alto y más bajo.

4. Columna 5 y 6, *Variaciones temporales*  $D_T$ , que precisan la diferencia entre el enrase del terreno en la escalilla de un hito-feno en el último año del periodo de observación y el enrase que se registró en la escalilla del

mismo hito-feno en la fecha que se instaló en el lucio. Se aportan, como en el caso anterior, dos valores:

- $D_{Tmedio}$  la media aritmética de los valores de  $D_T$  de todos los hito-fenos instalados en el lucio o área de lucios próximos que se analizan conjuntamente.
- $D^*_{Tmedio}$  representa el mismo concepto que  $D_{Tmedio}$  pero prescindiendo de los valores extremos, más alto y más bajo.

Los resultados detallados en la Tabla 5 parecen decantarse por la permanencia del gradiente de los perfiles que definen la concavidad en los lucios estudiados; produciéndose únicamente una alteración del propio perfil, que continúa conservando su gradiente medio y por tanto su capacidad de embalsar el agua.

No se aportan los valores proporcionados por las secciones transversales de los caños, porque únicamente de la sección primera del caño de la Madre, la situada en el paraje de Las Yeguas, se disponía de 5 años de mediciones; para el resto de las secciones únicamente existían dos años, salvo para la segunda sección del caño Travieso (ubicada en Las Nuevas) que se disponía de tres, por lo que los valores que se pudieran ofrecer resultaban poco significativos.

**Nuevos resultados obtenidos en el periodo 2000-06 y análisis de la situación en la solera de los lucios y los caños de la marisma tras la incorporación de los mismos**

Durante el periodo 2000-06, coincidiendo con el final de la época de secado de la marisma (final de cada año hidrológico), se continuó con los trabajos anuales de enrase del nivel del terreno de la marisma en las escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación instalados en ella. Los resultados de dichas operaciones se muestran en la Tabla 6. Aunque en el periodo 2000-06 se instalaron en la marisma 26 nuevos hito-fenos que se definieron por la serie J (del J01 hasta el J26), éstos no se han incorporado al presente análisis, por no existir

enrases de comparación con el periodo anterior 1995-99.

Analizando toda la información disponible del periodo 1995-2006 relativa al enrase de la solera de la marisma en las escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas instalados en ella, se recalcularon todos los valores que aparecen en la Tabla 5. Los resultados del nuevo análisis se detallan en la Tabla 7 (apartados *a* y *b*). En la *a* para los lucios o grupos de lucios y en la *b* para las secciones transversales de los caños. (Los términos que aparecen en las diferentes columnas de esta última Tabla 7 son los mismos que los definidos para las mismas columnas en la Tabla 5, por lo que se remite a éste para su interpretación).

Elemento	Año 2000	Año 2001	Año 2002	Año 2003	Año 2004	Año 2005	Año 2006
Código	Fecha enrase (cm)						
E03	24/07/00 18,5	21/09/01 20,0	11/09/02 24,0	10/09/03 27,0	11/09/04 30,0	24/07/05 27,0	09/07/06 28,5
E04	24/07/00 18,0	20/09/01 17,0	11/09/02 19,5	08/09/03 17,5	09/09/04 18,0	07/09/05 18,0	10/07/06 19,0
E05		20/09/01 2,0	11/09/02 6,5	07/09/03 7,0		07/09/05 8,0	06/09/06 9,5
E06	25/07/00 18,0	11/09/01 17,0	11/09/02 26,0			07/09/05 26,0	
E07	25/07/00 10,0		11/09/02 11,5	10/09/03 12,5	09/09/04 13,5	07/09/05 11,0	11/07/06 10,0
E08	25/07/00 1,5	20/09/01 2,5	11/09/02 2,0	07/09/03 6,5	08/09/04 5,0	07/09/05 2,5	11/07/06 5,0
E09	21/09/00 2,5	21/09/01 3,0	11/09/02 4,0	07/09/03 4,0	09/09/04 6,0	07/09/05 2,0	12/07/06 4,0
E10	21/09/00 9,5		08/09/02 10,0		25/09/04 22,0	20/07/05 22,0	07/09/06 20,0
E11	25/07/00 5,0	20/09/01 4,0	11/09/02 6,0	09/09/03 6,0	11/09/04 8,5	05/09/05 7,0	08/07/06 7,5
E12	25/07/00 5,0	20/09/01 3,0	09/09/02 14,0	09/09/03 15,0	11/09/04 16,0	05/09/05 14,0	07/07/06 14,5
E13					10/09/04 10,5	07/09/05 7,0	
E14	25/07/00 3,0			07/09/03 6,0		07/09/05 5,0	13/07/06 7,0
E15							
E16							
E17	26/07/00 6,0	11/09/01 8,5	11/09/02 6,0	10/09/03 10,0	11/09/04 10,0	25/07/05 9,5	10/07/06 11,0
E18	22/07/00 7,5	11/09/01 7,0	09/09/02 7,0	09/09/03 8,0	09/09/04 9,0	22/07/05 7,0	09/07/06 10,0
E20	22/07/00 2,0	21/09/01 8,5	10/09/02 9,0	10/09/03 2,0	25/09/04 12,0	04/09/05 9,0	09/07/06 12,0

**Tabla 6.** Enrase de la superficie de la marisma, durante el periodo 2000-06, en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma.

**Table 6.** Marsh surface level up, during the period 2000-06, referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements. (Continúa)

(Continuación)

Elemento	Año 2000	Año 2001	Año 2002	Año 2003	Año 2004	Año 2005	Año 2006
Código	Fecha enrase (cm)	Fecha enrase (cm)	Fecha enrase (cm)	Fecha enrase (cm)	Fecha enrase (cm)	Fecha enrase (cm)	Fecha enrase (cm)
E21	22/07/00 10,0	21/09/01 10,0	10/09/02 7,0	10/09/03 10,0	25/09/04 10,5	05/09/05 10,0	09/07/06 9,5
E22				10/09/03 7,0	25/09/04 7,5	04/09/05 6,0	07/09/06 6,0
E23					25/09/04 4,0	04/09/05 3,0	07/09/06 2,0
E24			10/09/02 1,5	10/09/03 -0,5	25/09/04 2,0	04/09/05 -2,0	07/09/06 0,0
E25	23/07/00 3,0	09/09/01 2,0	10/09/02 2,0	07/09/03 6,0	10/09/04 4,5	03/09/05 3,0	05/09/06 3,0
E26	18/09/00 0,0	09/09/01 2,0	08/09/02 2,0	07/09/03 4,0	10/09/04 4,0	03/09/05 0,0	05/09/06 0,0
E27	18/09/00 -3,6	09/09/01 -0,5	08/09/02 0,0	07/09/03 1,0	10/09/04 0,0	03/09/05 -2,5	05/09/06 -2,0
E28	19/09/00 2,0	11/09/01 2,5	08/09/02 3,0	07/09/03 4,5	25/09/04 2,0	04/09/05 1,0	06/09/06 4,0
E29	21/09/00 1,5	10/09/01 2,0	10/09/02 0,5	08/09/03 2,0	10/09/04 4,0	03/09/05 4,0	05/09/06 0,0
E30	21/09/00 3,0						
E31	21/09/00 8,0	10/09/01 9,0	07/09/02 9,5	06/09/03 12,0	09/09/04 13,5	20/07/05 10,0	
E32	26/07/00 5,0	08/09/01 6,0	07/09/02 6,5	06/09/03 10,0	08/09/04 8,5	20/07/05 7,0	13/07/06 7,5
H03	24/07/00 ca		11/09/02 ca				
H04	24/07/00 1,5	21/09/01 0,8	11/09/02 0,2	10/09/03 1,5	11/09/04 2,4	24/07/05 2,2	09/07/06 3,4
H05	24/07/00 20,0	21/09/01 20,0	11/09/02 24,0	10/09/03 27,0			09/07/06 28,5
H06	24/07/00 1,4	21/09/01 1,3	11/09/02 1,9	10/09/03 1,3	11/09/04 2,7	24/07/05 2,0	09/07/06 3,3
H07	24/07/00 3,5	20/09/01 2,9	11/09/02 2,5	10/09/03 2,5	09/09/04 4,9	07/09/05 3,6	10/07/06 4,3
H08	24/07/00 4,4	20/09/01 2,7	11/09/02 2,5	10/09/03 2,9	09/09/04 3,3	07/09/05 2,2	10/07/06 4,6
H09	24/07/00 0,5	20/09/01 0,9	11/09/02 1,5	10/09/03 1,4	09/09/04 4,6	07/09/05 2,2	10/07/06 2,4
H10	25/07/00 1,4	20/09/01 0,3	11/09/02 1,0	09/09/03 1,9	11/09/04 2,9	05/09/05 1,5	08/07/06 0,9
H11	25/07/00 0,5	20/09/01 1,6	11/09/02 1,5	09/09/03 2,5	11/09/04 0,9	05/09/05 1,0	08/07/06 1,0
H12	25/07/00 0,0	20/09/01 1,5	11/09/02 1,4	09/09/03 1,0	11/09/04 2,7	05/09/05 1,5	08/07/06 2,5
H13	25/07/00 0,4	20/09/01 1,8	11/09/02 0,8	09/09/03 0,0	11/09/04 0,0	05/09/05 2,0	08/07/06 1,3
H14	26/07/00 1,4	20/09/01 4,1	11/09/02 2,9	10/09/03 3,0	11/09/04 2,9	25/07/05 2,5	10/07/06 5,0
H15	26/07/00 3,2	20/09/01 3,4	11/09/02 2,6	10/09/03 3,5	11/09/04 4,4	25/07/05 1,8	10/07/06 2,8
H16	26/07/00 1,1	11/09/01 3,0 20/09/01 3,0	11/09/02 0,8	10/09/03 0,0	11/09/04 0,0	25/07/05 -5,8	10/07/06 -4,3
H17	22/07/00 4,0	11/09/01 4,1	09/09/02 3,5	09/09/03 3,4	09/09/04 3,3	22/07/05 2,3	09/07/06 4,4
H18	22/07/00 4,5	11/09/01 5,3	09/09/02 3,9	09/09/03 4,4	09/09/04 4,8	22/07/05 3,0	09/07/06 4,9
H19	22/07/00 6,2	11/09/01 6,2	09/09/02 5,5	09/09/03 6,2	09/09/04 5,9	22/07/05 5,6	09/07/06 6,2
H20	22/07/00 4,4	11/09/01 4,4	09/09/02 3,5	09/09/03 3,2	09/09/04 3,3	22/07/05 2,9	09/07/06 3,3
H21	22/07/00 4,9	11/09/01 5,5	09/09/02 6,2	09/09/03 6,2	09/09/04 6,2	22/07/05 5,5	09/07/06 6,0

Nota: ca, cubierto de arenas.

**Tabla 6.** Enrase de la superficie de la marisma, durante el periodo 2000-06, en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma.

**Table 6.** Marsh surface level up, during the period 2000-06, referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements.

(Continúa)

(Continuación)

Elemento	Año 2000		Año 2001		Año 2002		Año 2003		Año 2004		Año 2005		Año 2006	
Código	Fecha	enrase												
	(cm)	(cm)												
H22	22/07/00	2,8	11/09/01	2,7	09/09/02	3,0	09/09/03	3,5	09/09/04	3,3	22/07/05	2,0	09/07/06	3,0
H23	25/07/00	1,0	20/09/01	0,5	11/09/02	1,6	09/09/03	1,4	11/09/04	2,8	05/09/05	1,4	10/07/06	2,0
H24	25/07/00	-1,5	20/09/01	-0,6	09/09/02	2,4	09/09/03	2,3	11/09/04	3,8	05/09/05	1,8	07/07/06	3,4
H25	25/07/00	2,1	20/09/01	2,9	09/09/02	1,3	09/09/03	2,0	11/09/04	2,5	05/09/05	0,5	10/07/06	2,0
H26	22/07/00	1,9	11/09/01	1,4	09/09/02	1,3	09/09/03	0,9	09/09/04	2,3	22/07/05	1,8	09/07/06	1,2
H27	22/07/00	3,5	11/09/01	2,0	09/09/02	3,0	09/09/03	2,0	09/09/04	3,6	22/07/05	2,1	09/07/06	3,6
H28	22/07/00	3,9	11/09/01	3,2	09/09/02	2,9	09/09/03	3,5	09/09/04	5,5	22/07/05	2,4	09/07/06	4,4
H29	22/07/00	3,8	21/09/01	3,0	10/09/02	3,5	10/09/03	3,4	25/09/04	3,6	25/07/05	2,0	09/07/06	3,6
H30	25/07/00	0,0			11/09/02	1,4	09/09/03	1,5	08/09/04	2,6	07/09/05	0,0	13/07/06	2,0
H31	25/07/00	3,8	21/09/01	4,5	11/09/02	3,9	07/09/03	2,8	08/09/04	3,7	07/09/05	2,0	11/07/06	4,3
H32	25/07/00	5,1	21/09/01	1,7	11/09/02	4,4	07/09/03	3,3	08/09/04	5,4	07/09/05	2,3	13/07/06	5,0
H33	23/07/00	2,0	21/09/01	4,1	10/09/02	0,7	10/09/03	3,8	25/09/04	3,3	04/09/05	2,3	10/07/06	2,5
H34	23/07/00	-1,5	21/09/01	-3,0	10/09/02	-0,5	10/09/03	0,0	25/09/04	0,2	04/09/05	-2,0	10/07/06	0,0
H35	23/07/00	1,4	21/09/01	1,8	10/09/02	1,4	10/09/03	1,7	25/09/04	2,0	04/09/05	1,8	10/07/06	1,5
H36	23/07/00	2,4			10/09/02	1,3	08/09/03	3,0	25/09/04	2,8	04/09/05	0,5	07/09/06	0,8
H37	23/07/00	1,1			10/09/02	2,5	08/09/03	1,3	25/09/04	2,3	04/09/05	0,5	07/09/06	-0,5
H38	23/07/00	4,7					08/09/03	2,8			04/09/05	3,4	07/09/06	2,0
H39	23/07/00	4,7	21/09/01	3,6	10/09/02	3,8	08/09/03	4,0	25/09/04	4,4	04/09/05	2,7	10/07/06	3,3
H40	23/07/00	0,0	21/09/01	0,0	10/09/02	-0,8	08/09/03	0,4	25/09/04	0,9	04/09/05	-0,5	10/07/06	-1,0
H41	18/09/00	3,8	09/09/01	3,5	08/09/02	2,9	07/09/03	2,9	10/09/04	2,0	03/09/05	0,8	05/09/06	1,3
H42	26/07/00	2,3	09/09/01	2,0	08/09/02	2,3	07/09/03	2,5	10/09/04	2,0	04/09/05	0,7	06/09/06	1,0
	19/09/00	1,4							25/09/04	1,7				
H43	19/09/00	-3,0	10/09/01	1,1	08/09/02	3,0	07/09/03	3,4	25/09/04	3,2	04/09/05	2,0	06/09/06	2,0
H44	20/09/00	2,2	11/09/01	3,8	08/09/02	2,8	07/09/03	2,4	25/09/04	3,8	04/09/05	2,8	06/09/06	1,8
H45	20/09/00	-0,5	11/09/01	0,4	08/09/02	0,1	07/09/03	0,0	25/09/04	0,0	04/09/05	-1,0	06/09/06	-1,5
H46	20/09/00	3,4	10/09/01	2,9	08/09/02	2,8	07/09/03	3,8	25/09/04	4,3	04/09/05	3,0	06/09/06	4,2
H47	20/09/00	0,1	09/09/01	0,0	08/09/02	1,0	07/09/03	0,9	25/09/04	1,7	04/09/05	0,0	06/09/06	0,8
H48	18/09/00	2,8	09/09/01	2,2	08/09/02	3,6	07/09/03	3,5	10/09/04	4,4	03/09/05	1,8	05/09/06	2,5
H49	18/09/00	4,0	09/09/01	4,1	08/09/02	4,0	07/09/03	4,4	10/09/04	4,2	03/09/05	2,3	05/09/06	2,8
H50	18/09/00	4,0	09/09/01	3,5	08/09/02	4,4	07/09/03	4,6	10/09/04	4,5	03/09/05	3,0	05/09/06	2,9
H51	18/09/00	3,4	09/09/01	2,9	08/09/02	4,2	07/09/03	2,7	10/09/04	4,2	03/09/05	2,2	05/09/06	2,8
H52	18/09/00	2,4	09/09/01	1,8	08/09/02	2,5	07/09/03	2,2	10/09/04	4,5	03/09/05	1,7	05/09/06	1,7

**Tabla 6.** Enrase de la superficie de la marisma, durante el periodo 2000-06, en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma.

**Table 6.** Marsh surface level up, during the period 2000-06, referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements.

(Continúa)

(Continuación)

Elemento	Año 2000		Año 2001		Año 2002		Año 2003		Año 2004		Año 2005		Año 2006	
Código	Fecha enrase (cm)		Fecha enrase (cm)		Fecha enrase (cm)		Fecha enrase (cm)		Fecha enrase (cm)		Fecha enrase (cm)		Fecha enrase (cm)	
H53	18/09/00	3,1	09/09/01	2,2	08/09/02	2,0	07/09/03	3,4	10/09/04	1,7	03/09/05	0,4	05/09/06	0,7
H54	18/09/00	0,9	09/09/01	0,5	08/09/02	0,5	07/09/03	2,8	10/09/04	3,0	03/09/05	1,5	05/09/06	0,0
H55	18/09/00	2,2	09/09/01	1,8	08/09/02	2,0	07/09/03	2,4	10/09/04	2,5	03/09/05	1,5	05/09/06	1,4
H56	20/09/00	1,4	10/09/01	2,9	08/09/02	2,7	07/09/03	3,2	10/09/04	2,8	03/09/05	0,8	05/09/06	0,3
H57	20/09/00	1,9	10/09/01	3,4	10/09/02	3,7	08/09/03	3,7	10/09/04	4,5	03/09/05	3,0	05/09/06	3,4
H58	21/09/00	2,9	10/09/01	2,5	10/09/02	2,0	08/09/03	3,3	10/09/04	4,0	03/09/05	2,4	05/09/06	2,7
H59	21/09/00	1,9	10/09/01	0,9	10/09/02	1,0	08/09/03	1,7	10/09/04	3,1	03/09/05	0,8	05/09/06	2,0
H60	21/09/00	2,0	10/09/01	2,2	10/09/02	1,9	08/09/03	2,7	10/09/04	3,0	03/09/05	2,7	05/09/06	3,8
H61	21/09/00	3,0	09/09/01	3,0	10/09/02	3,0	08/09/03	2,0	10/09/04	3,8	03/09/05	2,2	05/09/06	0,0
H62	21/09/00	2,0	09/09/01	2,3	10/09/02	3,0	08/09/03	2,8	10/09/04	3,9	03/09/05	2,5	05/09/06	2,1
H63	21/09/00	3,5	09/09/01	2,5	10/09/02	3,5	08/09/03	3,8	10/09/04	3,9	03/09/05	3,2	05/09/06	2,5
H64	21/09/00	2,5	09/09/01	2,7	10/09/02	2,5	08/09/03	2,2	10/09/04	3,3	03/09/05	2,3	05/09/06	2,9
H65	20/09/00	3,0	10/09/01	3,0	10/09/02	2,0	08/09/03	2,5	10/09/04	3,3	03/09/05	2,2	05/09/06	2,5
H66	20/09/00	2,5	10/09/01	2,9	10/09/02	2,6	08/09/03	2,5	10/09/04	2,2	03/09/05	1,2	05/09/06	0,5
H67	20/09/00	1,9	10/09/01	1,0	10/09/02	1,4	08/09/03	1,7	10/09/04	2,5	03/09/05	1,0	05/09/06	0,8
H68	20/09/00	1,1	10/09/01	1,4	10/09/02	1,7	08/09/03	0,9	10/09/04	0,5	03/09/05	0,0	05/09/06	0,3
H69	21/09/00	1,8	08/09/01	2,3	07/09/02	1,0	06/09/03	0,8	09/09/04	-1,0	20/07/05	-1,0	12/07/06	-0,6
H70	22/09/00	6,2												
H71	21/09/00	1,1	10/09/01	1,9	07/09/02	2,1	06/09/03	2,0	09/09/04	1,9	20/07/05	1,2	13/07/06	1,4
H72	21/09/00	0,0	10/09/01	1,0	07/09/02	1,0	06/09/03	1,3	09/09/04	1,0	20/07/05	0,5	13/07/06	0,7
H73	21/09/00	2,9	08/09/01	1,6	07/09/02	2,8	06/09/03	1,8	09/09/04	2,5	20/07/05	1,4	12/07/06	1,3
H74	21/09/00	3,1	08/09/01	2,3	07/09/02	1,5	06/09/03	1,9	09/09/04	1,5	20/07/05	1,2	12/07/06	1,3
H75	21/09/00	3,0	08/09/01	0,5	07/09/02	2,0	06/09/03	2,4	09/09/04	1,7	20/07/05	1,2	12/07/06	1,8
H76	26/07/00	-4,5	08/09/01	-7,5	07/09/02	-10,0	06/09/03	-10,9	08/09/04	-11,5	20/07/05	-11,8	13/07/06	-11,2
H77	26/07/00	2,5	08/09/01	2,8	07/09/02	3,3	06/09/03	3,3	08/09/04	3,3	20/07/05	2,1	13/07/06	2,0
H78	26/07/00	3,3	08/09/01	3,2	07/09/02	3,9	06/09/03	2,5	08/09/04	3,7	20/07/05	3,0	13/07/06	3,0
H79	26/07/00	4,1	08/09/01	4,7	07/09/02	5,5	06/09/03	5,4	08/09/04	5,7	20/07/05	4,8	13/07/06	5,0
H80	26/07/00	3,6	08/09/01	5,0	07/09/02	4,5	06/09/03	4,0	08/09/04	4,2	20/07/05	2,5	13/07/06	4,0
H81	26/07/00	ca	08/09/01	ca	07/09/02	ca	06/09/03	ca	08/09/04	ca	20/07/05	ca	13/07/06	ca
H82	26/07/00	4,0	08/09/01	5,0	07/09/02	4,6	06/09/03	4,8	08/09/04	4,1	20/07/05	2,9	13/07/06	3,6
H83	26/07/00	1,9	08/09/01	2,5	07/09/02	2,5	06/09/03	1,9	08/09/04	1,8	20/07/05	1,0	13/07/06	1,4

Nota: ca, cubierto de arenas.

**Tabla 6.** Enrase de la superficie de la marisma, durante el periodo 2000-06, en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma.

**Table 6.** Marsh surface level up, during the period 2000-06, referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements.

(Continúa)

(Continuación)

Elemento	Año 2000		Año 2001		Año 2002		Año 2003		Año 2004		Año 2005		Año 2006	
Código	Fecha enrase (cm)		Fecha enrase (cm)		Fecha enrase (cm)		Fecha enrase (cm)							
H84	26/07/00	0,9	08/09/01	0,6	07/09/02	0,8	06/09/03	0,3	08/09/04	0,2	20/07/05	0,7	13/07/06	0,0
H85	26/07/00	0,8	08/09/01	0,7	07/09/02	0,8	06/09/03	1,4	08/09/04	1,3	20/07/05	0,3	13/07/06	0,7
H86	26/07/00	-0,3	08/09/01	-1,1	07/09/02	-1,4	06/09/03	-2,3	08/09/04	0,0	20/07/05	-1,5	13/07/06	-1,8
H87	26/07/00	1,6	08/09/01	2,4	07/09/02	2,1	06/09/03	1,4	08/09/04	3,2	20/07/05	2,3	13/07/06	2,2
H88	26/07/00	1,0	08/09/01	1,8	07/09/02	0,5	06/09/03	0,8	08/09/04	2,6	20/07/05	3,3	13/07/06	3,9
H89	26/07/00	3,1	08/09/01	3,3	07/09/02	1,6	06/09/03	3,2	08/09/04	3,4	20/07/05	2,0	13/07/06	2,0
H90	26/07/00	1,4	08/09/01	1,6	07/09/02	-2,4	06/09/03	-0,4	08/09/04	0,0	20/07/05	-0,2	13/07/06	0,1
H91	26/07/00	5,1	08/09/01	5,4	07/09/02	5,2	06/09/03	6,2						
H92	25/07/00	1,1			07/09/02	2,3	06/09/03	2,4	25/09/04	1,8	20/07/05	0,7	12/07/06	1,2
H93	21/09/00	1,9			08/09/02	4,5			25/09/04	4,1	20/07/05	4,4		
H94	21/09/00	2,6			08/09/02	3,3	07/09/03	1,6	25/09/04	2,5	20/07/05	1,8	07/09/06	2,2
H95	21/09/00	-0,4			08/09/02	1,8	07/09/03	1,4	25/09/04	1,8	20/07/05	0,6	06/09/06	1,1
H96	21/09/00	3,2	08/09/01	4,3	07/09/02	5,0	06/09/03	6,0	09/09/04	4,9	20/07/05	4,5	12/07/06	4,0
H97	21/09/00	2,6	09/09/01	2,7	10/09/02	2,1	08/09/03	2,8	10/09/04	2,9	03/09/05	2,0	05/09/06	1,8
H98													06/09/06	1,8
H99	22/07/00	2,3			11/09/02	2,3	06/09/03	2,6	11/09/04	2,9			07/07/06	2,8

**Tabla 6.** Enrase de la superficie de la marisma, durante el periodo 2000-06, en escalillas de los hito-fenos y en la base de las escalas de medición del nivel de agua durante la inundación, instalados en los elementos singulares de la misma.

**Table 6.** Marsh surface level up, during the period 2000-06, referred to the landmarks scales and to the base of the floodometers, located at the Marsh most singular elements.

Lucio o grupo de lucios	Periodo analizado	Variación absoluta: $D_A$		Variación temporal: $D_T$	
		$D_{Amedio}$	$D^*_{Amedio}$	$D_{Tmedio}$	$D^*_{Tmedio}$
Membrillo	1995-2006	3,86 cm	3,30 cm	-0,56 cm	-0,11 cm
Vetalengua	1997-2006	3,26 cm	2,55 cm	-0,08 cm	-0,17 cm
El Rey-Los Ánsares	1996-2006	3,35 cm	3,25 cm	-0,87 cm	-0,88 cm
Molinillo-Sanlúcar-Sevilla (1)	1996-2006	2,31 cm	2,23 cm	-0,52 cm	-0,40 cm
Mari López	1995-2006	2,87 cm	2,81 cm	0,59 cm	0,70 cm
Lobo	1997-2006	5,88 cm	4,30 cm	0,18 cm	0,35 cm

(1) La fecha inicial varía de 1996 a 1997 dependiendo de la colocación de los hito-fenos en el lucio.

**Tabla 7a.** Resumen de las variaciones absoluta y temporal de los enrases del terreno en los hito-fenos y en base de las escalas (de medición del nivel del agua en la marisma) situados en los distintos lucios o grupos de lucios de la marisma del PND para los períodos indicados y utilizando la metodología adoptada en el Proyecto núm. 74/93.

(1) Start date varies from 1996 to 1997, depending on the positioning of the landmark in the temporary pond

**Table 7a.** Summary chart of absolute and temporal variations of terrain level up at the landmarks and at the base of the marsh water level scales, placed at the different ponds or pond groups of the DNP marsh, during the indicated periods and applying the Project num. 74/93 methodology.

Secciones correspondientes al caño	Periodo analizado	Variación absoluta: $D_A$		Variación temporal: $D_T$	
		$D_{Amedio}$	$D^*_{Amedio}$	$D_{Tmedio}$	$D^*_{Tmedio}$
La Madre (1)	1995-2006	4,88 cm	3,01 cm	2,78 cm	0,88 cm
Guadimar	1998-2006	2,83 cm	2,50 cm	-0,14 cm	-0,18 cm
Travieso(2)	1997-2006	2,86 cm	3,15 cm	- 1,34 cm	-1,27 cm

(1) La fecha inicial varía de 1995 a 1998 dependiendo de la colocación de los hito-fenos en las distintas secciones transversales.  
 (2) La fecha inicial varía de 1997 a 1998 dependiendo de la colocación de los hito-fenos en cada una de las secciones transversales.  
**Tabla 7b.** Resumen de las variaciones absoluta y temporal de los enrasos del terreno en los hito-fenos situados en las distintas secciones transversales de los principales caños que atraviesan la marisma del PND, para los períodos indicados y utilizando la metodología adoptada en el Proyecto núm.74/93.

(1) Start date varies from 1995 to 1998, depending on the positioning of the landmark at the different cross sections  
 (2) Start date varies from 1997 to 1998, depending on the positioning of the landmark on each cross section.  
**Table 7b.** Summary chart of absolute and temporal variations of terrain level up, at the landmarks placed at the DNP marsh main streams cross sections, during the indicated periods and applying the Project num. 74/93 methodology.

## CONCLUSIONES FINALES

Comparando los resultados de la Tabla 5 y la Tabla 7 apartado a, se aprecia que la variación absoluta media  $D_{A\ media}$  se incrementa conforme aumenta el periodo observado en todas las áreas de los diferentes lucios; variación que también se mantiene en un porcentaje similar para el factor  $D^*_{A\ media}$  (variación absoluta media sin contar los valores extremos superior e inferior). Considerando el conjunto de todas las áreas a excepción del lucio del Lobo, que es el más intervenido (ya que se inunda bombeando agua en los años en los que resulta necesario para mantener la avifauna del Parque y además es del que se dispone de un menor número de años de observación), el incremento de la variación absoluta media de todas las áreas de lucios en el periodo 1995-2006 respecto del periodo 1995-99 es de:  $\Delta D_{A\ media} = 1,66$  cm y para  $\Delta D^*_{A\ media} = 1,50$  cm. Es normal que la variación absoluta  $D_A$  experimente un incremento conforme aumenta el número de años considerados en su cálculo, porque cuanto más años se midan, hay mayor número de valores y mayor probabilidad de que éstos se dispersen.

Sin embargo, el incremento de la variación temporal media  $D_{T\ media}$  de todas las áreas de lucios para el mismo periodo 1995-2006 respecto del periodo 1995-99 es sensiblemente menor. Considerando el conjunto de todas las áreas (a excepción del lucio del Lobo, por las razones anteriormente expuestas), el valor de  $\Delta D_{T\ media} = 0,12$  cm (el 7,23 % del

valor de  $\Delta D_{A\ media}$ ) y el de  $\Delta D^*_{T\ media} = 0,17$  cm (el 11,33 % del valor de  $\Delta D^*_{A\ media}$ ).

Lo expuesto pone de manifiesto que, aunque los lucios pueden experimentar variaciones morfológicas importantes de unos años a otros (en el periodo analizado 1995-2006 el valor medio que lo define para el conjunto de todos los lucios es:  $D_{A\ media} = 3,13$  cm); la variación respecto de una fecha de referencia se mantiene dentro de unos límites más restringidos (en este caso el valor medio para el conjunto de todos los lucios es:  $D_{T\ media} = -0,29$  cm (teniendo en cuenta el cambio de signo en el área de Mari López); si las variaciones se consideran en valores absolutos esta cifra se eleva a  $D_{T\ media} = 0,52$  cm, pero, aún en este último caso, solo representa el 16,61 % de  $D_{A\ media}$ ).

Además, los valores de  $D_{T\ media}$  dependen también del estado en que se encuentre la marisma, tanto en la fecha de instalación de los hito-fenos en ella, como en la fecha de la última medición. El valor de  $D_{T\ media}$  para el conjunto de las tres áreas de lucios: 1) lucio del Membrillo, 2) complejo de lucios Molinillo, Sanlúcar y Sevilla y 3) conjunto de lucios de Mari López y Mari López Chico es del orden de 0,56 cm (negativo en el caso de los dos primeros y positivo en el del tercero), que contrasta con el valor de  $D_{T\ media} = 0,87$  cm (un 58 % superior) que resulta para el complejo lucio del Rey y lucio de los Ánsares. Esta diferencia se justifica porque las condiciones de secado de la marisma, entre la fecha de instalación de

los hito-fenos en ella y la fecha de la última medición, resulta bastante similar en las tres primeras áreas; mientras que difiere bastante tratándose de la última.

En el lucio del Membrillo y en los lucios de Mari López y Mari López chico se instalaron los hito-fenos en julio de 1995, tras un prolongado periodo de sequía; en cuanto al complejo de los lucios del Molinillo, Sanlúcar y Sevilla se colocaron en la segunda quincena de octubre entre los años 1996 y 1997 en condiciones de total secado de la marisma, aunque los años hidrológicos anteriores fueran húmedos, pero hubo tiempo suficiente para que se produjera su secado; mientras que en el complejo del lucio del Rey y lucio de los Ánsares los hito-fenos se instalaron en la segunda quincena de septiembre del año 1996, tras el año hidrológico 1995-96 que fue uno de los más húmedos que se recuerda en la marisma y después de un verano igualmente poco caluroso, hasta el punto que el lucio del Membrillo continuaba inundado a finales de julio de 1996. En cuanto a las últimas mediciones se realizaron en todos los lucios entre julio y la primera quincena de septiembre del año 2006, con la marisma en condiciones de secado total, tras un año hidrológico normal a poco lluvioso.

Tratándose del área de Vetallengua (lucios de Vetallengua grande y chico) su  $D_{T\text{ media}} = -0,08$  cm para el periodo 1997-2006. Cabe considerarlos (sobre todo al lucio de Vetallengua grande) como una continuación del lucio del Membrillo. Si se incluye dentro de una misma área al lucio del Membrillo y a los dos lucios de Vetallengua, el valor conjunto de  $D_{T\text{ media}} = -0,40$  cm; con un  $D_{T\text{ media}}^* = -0,12$  cm; por lo que se podría plantear la integración futura en una sola área de los tres lucios, si la información que se va obteniendo apunta en esta línea.

Otra cuestión a considerar es la explicación del signo que antecede a los valores de  $D_{T\text{ media}}$  y de  $D_{T\text{ media}}^*$ . La hipótesis más plausible es que el signo negativo coincida con un ahondamiento o excavación del nivel de la solera del lucio. Dicho efecto depende de dos factores: 1) de la diferencia del grado de humedad del

suelo en el lucio en cuestión entre las fechas de la primera y última medida de enrase en los hito-fenos instalados en el mismo (esto explica que el  $D_{T\text{ media}}$  en el complejo del lucio del Rey y lucio de los Ánsares sea mayor que en las áreas de los restantes lucios) y 2) de la existencia de posibles corrientes que influyan en la configuración del perfil de los lucios, porque causen fenómenos de abrasión en determinadas zonas de los mismos. Cualquiera que sea el motivo, los signos que aparecen delante de los factores  $D_{T\text{ media}}$  y  $D_{T\text{ media}}^*$  en las cuatro primeras áreas de la Tabla 7 apartado a, parecen indicar que se ha ido reforzando el relieve en los elementos singulares de la marisma ubicados en dichas áreas durante el periodo analizado 1995-2006.

La explicación anterior implica que en el caso del área de Mari López y para el mismo periodo 1995-2006 su perfil ha sufrido una pequeña atenuación, pero quizá convenga señalar que lo importante no es la posible atenuación en sí, sino su magnitud  $D_{T\text{ media}} = 0,59$  cm; porque para la misma área de lucios se estableció un valor de  $D_{T\text{ media}} = -0,33$  cm en el periodo 1995-99 y lo único que realmente pudo influir en este signo fue el grado de desecado de la marisma en julio de 1999. En realidad en el momento de definir la variación del perfil del cuenco del lucio de Mari López, el grado de humedad de su solera resulta determinante; pues prácticamente el lucio se encuentra aislado; mientras que los restantes lucios analizados, presentan algunos desagües que contribuyen también al mantenimiento de sus perfiles.

A modo de síntesis, cabe señalar que los perfiles de los cuencos de los lucios ubicados en la marisma parecen mantenerse, porque las variaciones de  $D_{T\text{ media}}$  para periodos suficientemente largos, como el analizado 1995-2006, están comprendidos entre 0,5-1,0 cm (dependiendo de la diferencia en el porcentaje de humedad en la solera del lucio en cuestión, entre la primera y última medida del enrase del nivel del terreno en los hito-fenos instalados en el mismo). Es evidente que este grado de humedad de la solera del lucio depende de

su inundación en el invierno anterior, que a su vez está condicionado a la pluviosidad del año hidrológico en cuestión, por lo que este aspecto es preciso tenerlo en cuenta a la hora de realizar las mediciones finales utilizadas de referencia. Lo que pueda ocurrir para un periodo de análisis más dilatado, lógicamente dependerá de cómo se comporte el régimen hídrico de la marisma, pero ésta parece tener una importante resiliencia para conservar su morfología.

Respecto a los caños, los resultados de su análisis en una primera aproximación se muestran en la Tabla 7, apartado b. Se establecieron las áreas de estudio atendiendo a los propios caños y de este modo en el área del caño de la Madre se han analizado las cuatro secciones realizadas al mismo; en la del caño Guadiamar las dos que se le efectuaron a éste y en la del caño Travieso las dos llevadas a cabo en el mismo (todas las secciones se muestran en la Figura 1). En cada una de las secciones se midió el enrase del terreno en las escalillas de los hito-fenos instalados en las mismas en cada año del periodo analizado. No se tuvieron en cuenta los valores de enrases del terreno en la base de las escalas (ubicadas en la marisma para medir su inundación), porque se comprobó que éstos podrían distorsionar los resultados finales, ya que por una parte duplicaban la información en los puntos en los que el hito-feno y la escala coincidían espacialmente; además la información aportada en la base de las escalas no resultaba ni coincidente ni homogénea con la obtenida en las escalillas de los hito-fenos. Ante estas circunstancias, se optó por utilizar únicamente las mediciones obtenidas en las escalillas de los hito-fenos; cuyas medias para todo el periodo se muestran en la Tabla 7, apartado b, que permiten realizar una explicación bastante coherente de las mismas.

Tanto en el caño de Guadiamar como en el caño Travieso los valores de  $D_{T\text{ media}}$  y  $D^*_{T\text{ media}}$  presentan el signo negativo, lo que resulta lógico, porque en el periodo en cuestión 1997(8)-2006 la única alimentación de estos caños ha sido la procedente de la precipitación

directa sobre los mismos y la de la escorrentía directa de sus vertientes dentro de los límites del PND. Como además los caños presentan una determinada pendiente, aunque sea muy reducida, el calado del agua alcanzado en ellos es suficiente para generar en la solera del cauce una pequeña tensión de tracción, capaz de mantener el perfil del mismo e incluso para ir formándolo lentamente, como parece desprenderse de lo expuesto en la Tabla 7, apartado b (en el caño Guadiamar:  $D_{T\text{ media}} = -0,14$  cm y en el caño Travieso, que tiene una pendiente mayor,  $D_{T\text{ media}} = -1,34$  cm).

Sin embargo en el caño de la Madre presenta el signo positivo, tanto para  $D_{T\text{ media}} = 2,78$  cm como para  $D^*_{T\text{ media}} = 0,88$  cm, porque en la alimentación del mismo contribuyen los caudales del arroyo del Partido, que vienen cargados de los sedimentos más finos procedentes de su cono de sedimentación formado en la marisma de El Rocío (especialmente durante el periodo 1995-98, que es cuando tuvo lugar su máxima expansión). Estos sedimentos están contribuyendo a elevar las cotas más bajas de las secciones del caño de la Madre situadas al noroeste de la marisma (por ejemplo, la sección levantada en el lucio de las Yeguas o la efectuada en el paraje de Resolimán), alterando con ello sus perfiles, lo que se refleja en los valores de  $D_{T\text{ media}}$  y  $D^*_{T\text{ media}}$  que aparecen en la Tabla 7, apartado b.

El número de años transcurridos desde el comienzo de la toma de datos en la marisma en el verano de 1995, permite disponer en la actualidad de series bastante largas en algunos casos, como para poder realizar un estudio estadístico más detallado de la evolución de su solera. En este sentido se ha realizado, de forma preliminar, un ajuste lineal para definir la tendencia que presentan las lecturas de los enrasamientos del suelo de la marisma en los dos elementos de toma de medidas (escalas de medición del calado de inundación y escalillas de los hito-fenos). Los resultados de dicho ajuste para cada elemento en los que se han realizado las lecturas; han permitido establecer la pendiente, en mm/año, de la línea de tendencia y el cuadrado del coeficiente de

correlación del momento del producto Pearson ( $R^2$ ).

El número de lecturas realizadas en cada elemento es muy variable y se entiende que solo en aquellos en los que exista una cierta cantidad de datos se puede valorar la tendencia con cierto rigor. Por otro lado, se aprecia que las oscilaciones son importantes de unos años a otros, aunque al final del período las lecturas lleguen a ser similares a las iniciales.

También es importante tener en cuenta que la información es puntual y, si se detecta cierta tendencia significativa (positiva o negativa), sería conveniente confirmar dicha tendencia en el entorno del elemento de medida, repitiendo las nivelaciones geométricas realizadas en dirección a los elementos próximos.

Con este fin y siguiendo las pautas comentadas con anterioridad, se han analizado aquellos elementos que tienen 8 o más lecturas y un coeficiente  $R^2$  superior a 0,1 y de ellos se han seleccionado los que presentan una pendiente de la línea de tendencia superior a 2,5 mm/año en valor absoluto. Dichos elementos se muestran en la Tabla 8.

En la Figura 6 se localizan en la marisma del PND las ubicaciones de los 28 elementos implicados en la Tabla 8. De acuerdo con dichas ubicaciones, se deducen las conclusiones tendentes a establecer los tramos de la red de nivelación geométrica, realizada en la marisma entre 1995-99, que han de ser objeto de una nueva nivelación geométrica, para determinar las causas de la línea de tendencia establecidas en los mismos.

Aunque la fotografía de la Figura 6 muestra todas las áreas en las que la solera de la marisma sufre modificaciones, a través de los 28 elementos de medida identificados en la misma; cabe realizar un segundo análisis de la situación y eliminar todas las superficies en las que la información obtenida procede de un elemento de medida situado en un punto singular, que no aporta la suficiente seguridad de que está afectando directamente a la evolución

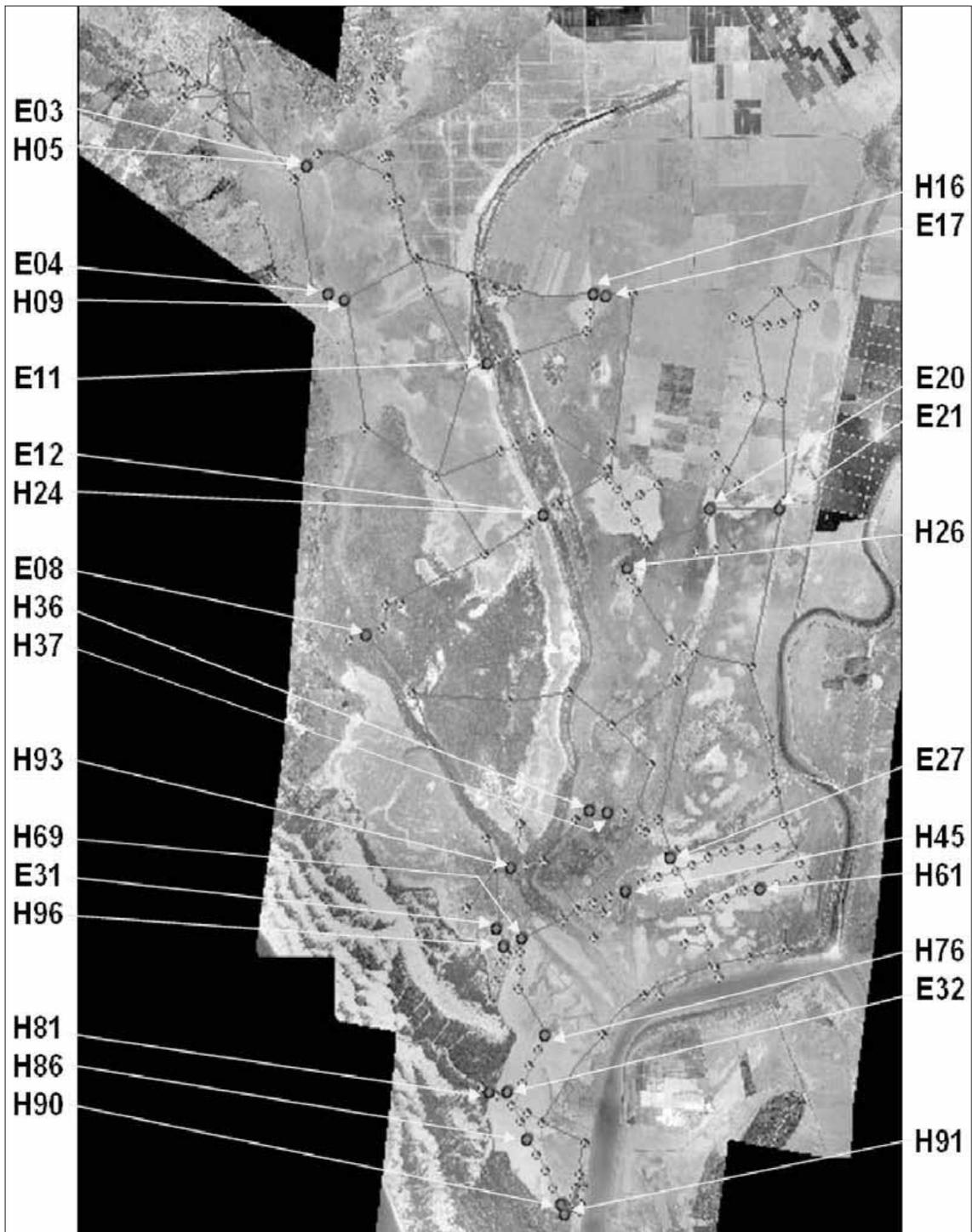
de los lucios y de las secciones transversales de los caños; de este modo es posible prescindir de los siguientes elementos: E11; E17; E20; E21; E27; H16; H81 y H93.

Por último, el procedimiento expuesto, aunque laborioso, constituye un instrumento válido y directamente vinculado con las mediciones sobre el terreno, para comprobar las

CÓDIGO	mm/año	R2	Núm. lecturas
E03	24,67	0,8665	12
E04	13,69	0,6610	10
E08	3,80	0,4386	12
E11	3,88	0,5700	9
E12	15,23	0,6383	9
E17	2,89	0,2285	11
E20	12,49	0,5695	9
E21	5,31	0,5004	9
E27	2,66	0,1291	9
E31	9,09	0,6926	10
E32	5,55	0,6351	10
H05	23,68	0,7186	11
H09	2,76	0,3642	9
H16	-9,63	0,6447	12
H24	5,09	0,5185	9
H26	-2,79	0,5643	14
H36	-3,06	0,6402	11
H37	-2,91	0,5785	10
H45	-3,31	0,7572	11
H61	-2,97	0,5660	11
H69	-4,23	0,7907	10
H76	-12,53	0,9061	12
H81	6,77	0,5144	11
H86	-2,90	0,6825	12
H90	-3,00	0,5433	13
H91	4,52	0,4070	11
H93	3,23	0,5889	8
H96	2,67	0,4728	11

**Tabla 8.** Elementos seleccionados, en cuyo entorno se propone repetir la nivelación geométrica correspondiente a la red topográfica establecida para la marisma del PND entre 1995-99.

**Table 8.** Selected elements in which surroundings, the geometrical levelling (corresponding to the DNP marshes topographical network, established between 1995 and 1999) is planned to be rebuilt up.



**Figura 6.** Ubicación en la marisma del PND de los elementos de medida en los que la explicación de la línea de tendencia del enrase de la solera de la marisma en los mismos, sugiere una nueva nivelación geométrica en su entorno, en el marco de la red topográfica de nivelación geométrica de la marisma del PND efectuada entre 1995-99.

**Figure 6.** Location of the measurement elements in the DNP marsh, in which surroundings the explanation of the line of tendency of the stream bed level up, suggests a new geometric levelling, within the framework of the geometric levelling of the topographical network, carried out between 1995-99, at the DNP Marsh.

variaciones de la solera de la marisma del PND, en función de los niveles de inundación que se presentan en la misma.

## AGRADECIMIENTOS

El contenido del presente artículo no hubiera sido posible sin el apoyo del Organismo Autónomo Parques Nacionales, que financió el Proyecto núm. 174/93 «Dinámica sedimentaria de las marismas del Parque Nacional de Doñana - Evolución, prospectiva y alternativas de gestión futura» entre 1995-99 y puso en ejecución el «Proyecto de Ampliación, segui-

miento y actualización del modelo sedimentario de la marisma del Parque Nacional de Doñana», que se inició en enero de 2006; proyecto que se continúa realizando, tras ser transferido a la Junta de Andalucía, con el apoyo de la Dirección General de la RENSA.

Asimismo, se expresa nuestro reconocimiento a D. Jesús Casas Grande y a D. Carlos Urdiales Alonso, que a lo largo de los doce años que se describen en el artículo, mostraron su interés tanto por los trabajos comentados en el mismo, como por la restante labor que nuestro equipo ha venido desarrollando en relación con la marisma del Parque Nacional Doñana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARCÍA VIÑAS J. I., MINTEGUI AGUIRRE J. A., ROBREDO SÁNCHEZ J. C. (2005) *La vegetación en la marisma del Parque Nacional de Doñana en relación con su régimen hidráulico*, pp. 297, Naturaleza y Parques Nacionales, Serie Técnica, Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- GARCÍA VIÑAS J. I. (2003) *Dinámica vegetal de la marisma del Parque Nacional de Doñana en relación con su régimen hidráulico*, Tesis Doctoral, Departamento de Silvopascicultura, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, pp. 436.
- MINTEGUI AGUIRRE J. A., ROBREDO SÁNCHEZ J.C., GARCÍA VIÑAS J. I. (2004) La importancia de los trabajos de campo en la confección del modelo del terreno para aplicaciones en ecología, *Investigación Agraria - Sistemas y Recursos Forestales*, Fuera de serie: Homenaje al Profesor D. José Manuel Gandullo, pp. 164-175, Octubre
- MINTEGUI AGUIRRE J. A., ROBREDO SÁNCHEZ J.C. (2001) *Bases para la elaboración de un modelo del terreno de la marisma del Parque Nacional de Doñana. (Trabajos topográficos y de estimación de la sedimentación)*, pp. 244, Serie Técnica, Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- MINTEGUI J. A. (2001) El futuro de las zonas húmedas: Síntesis de los trabajos de campo realizados en la marisma del Parque Nacional de Doñana, para avanzar en un modelo del terreno. *Ponencias y Conclusiones de la 1ª Reunión Internacional de Expertos sobre la Regeneración Hídrica de Doñana.- Proyecto Doñana 2005*, pp. 39-50, Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- MINTEGUI J. A. (2000) *Dinámica sedimentaria de las marismas del Parque Nacional de Doñana. Evolución, prospectiva y alternativas de gestión futura*, I Jornadas de Investigación - Gestión en Doñana, Organizado por Estación Biológica de Doñana (CSIC), Consejería del Medio Ambiente (Junta de Andalucía), Parque Nacional de Doñana (Ministerio de Medio Ambiente) y Parque Natural de Doñana (Junta de Andalucía), El Rocío (Huelva), diciembre.
- MINTEGUI J. A., ROBREDO J. C., ELORRIETA J. y GARCÍA VIÑAS J. I. (1998) Planificación y desarrollo de los trabajos de campo para la estimación de la sedimentación en las marismas del Guadalquivir, pp. 20, 21ª Reunión del Grupo de Trabajo sobre Ordenación de Cuencas Hidrográficas de Montaña, Comisión Forestal Europea, Marienbad (República Checa), Sesión F.A.O.-I.U.F.R.O., octubre.

