

Urdiales Alonso, C., García Díaz, D., Valero Lancho, A. y Fernández Palacios, J.M. (2010): Seguimiento de la inundación en la marisma de Doñana: resultados del ciclo 2009/2010 y efecto del dique de la Montaña del Río en el proceso de inundación. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 1.146-1.156. ISBN: 978-84-472-1294-1

SEGUIMIENTO DE LA INUNDACIÓN EN LA MARISMA DE DOÑANA: RESULTADOS DEL CICLO 2009/2010 Y EFECTO DEL DIQUE DE LA MONTAÑA DEL RÍO EN EL PROCESO DE INUNDACIÓN

Carlos Urdiales Alonso¹, Diego García Díaz², Abel Valero Lancho³, y José María Fernández-Palacios⁴

(1) Asesor Técnico. Espacio Natural de Doñana. Centro Administrativo El Acebuche, 21760 Matalascañas (Almonte). Email: carlos.urdiales@juntadeandalucia.es

(2) Asistente Técnico. Tragsatec (Espacio Natural de Doñana). Centro Administrativo El Acebuche, 21760 Matalascañas (Almonte). Email: diego.garcia.diaz.ext@juntadeandalucia.es

(3) Asistente Técnico. Tragsatec (Espacio Natural de Doñana). Centro Administrativo El Acebuche, 21760 Matalascañas (Almonte). Email: abel.valero.ext@juntadeandalucia.es

(4) Jefe de Servicio de Información y Participación. Agencia Andaluza del Agua. Avda. Américo Vespucio, Isla de la Cartuja, 5 BL 2, 41071 Sevilla. Email: josem.fernandezpalacios@juntadeandalucia.es

RESUMEN

En el Espacio Natural de Doñana, dentro del marco del Plan de Aguas, se vienen realizando desde el año 1994 el seguimiento de la inundación de la marisma, de la meteorología, del control de la calidad de las aguas superficiales y los cauces vertientes a la marisma y el seguimiento de las actuaciones del Proyecto de Regeneración Hídrica Doñana 2005, del que aún quedan por realizar algunas actuaciones.

Las condiciones meteorológicas del invierno de 2009/2010, marcadas por unas precipitaciones muy por encima de la media, han permitido observar por primera vez los efectos de algunas de las actuaciones del Proyecto Doñana 2005, especialmente la influencia de un dique conocido como la Montaña del Río, que aísla la marisma del estuario del Guadalquivir y que ha generado una sobre-inundación de las zonas más elevadas de la marisma, provocando la muerte de muchas especies que no están adaptadas a condiciones de inundación tan intensas como las que se han dado este año. La eliminación de este dique es una de las actuaciones que faltan por ejecutar del Proyecto Doñana 2005.

El seguimiento de la inundación en la marisma está basado en una red de escalas limnimétricas, un Modelo Digital del Terreno, imágenes satélite y un Modelo Matemático.

Palabras Clave: Inundación, Marisma, Doñana, GIS, Teledetección.

ABSTRACT

Since 1994 a significant part of wetland management at DNS is the monitoring programme, that mainly concerns water levels, water quality and meteorology, as it was established in the framework of the Water Management Plan.

The 2009-2010 winter weather conditions marked by well above average rainfall, have allowed to observe for the first time some effects of the Doñana 2005 Project, especially the influence of a dam known as the River Mountain which isolates the marshes of the Guadalquivir estuary and has generated an over flooding of the higher areas of the marsh, killing many species that are not adapted to intense flooding conditions as those that have happened this year. The removal of this dam is one of the actions remaining to be done to complete the Doñana 2005 Project.

The flood monitoring in Doñana Natural Space Marshes is based in a water measuring poles network, in a Digital terrain Model generated by LIDAR, Satellite Images and a Mathematical Flooding Model.

Key Words: Flood, Marshes, Doñana, GIS, Remote-Sensing,

ZONA DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

El marco espacial de este estudio es la marisma del Espacio Natural de Doñana (END), esta zona marismosa está ubicada junto a la desembocadura del río Guadalquivir, en el suroeste de Andalucía, a barlovento de los vientos dominantes del WSW. Las precipitaciones medias están en torno a los 550 mm, presentando 2 picos a principios del invierno y de la primavera. La temperatura media es de 16,5 C, oscilando entre los 10° C de media del mes más frío (febrero) y los 24 ° C de media del mes más cálido (agosto), la amplitud térmica anual es destacable, llegando a tener varios días de heladas en el invierno, mientras que en los meses de julio y agosto es habitual alcanzar los 40° C de temperatura máxima.

Nos encontramos por tanto con un clima mediterráneo subhúmedo de influencia oceánica según la clasificación de Martonne y Csa según la clasificación de Köppen.

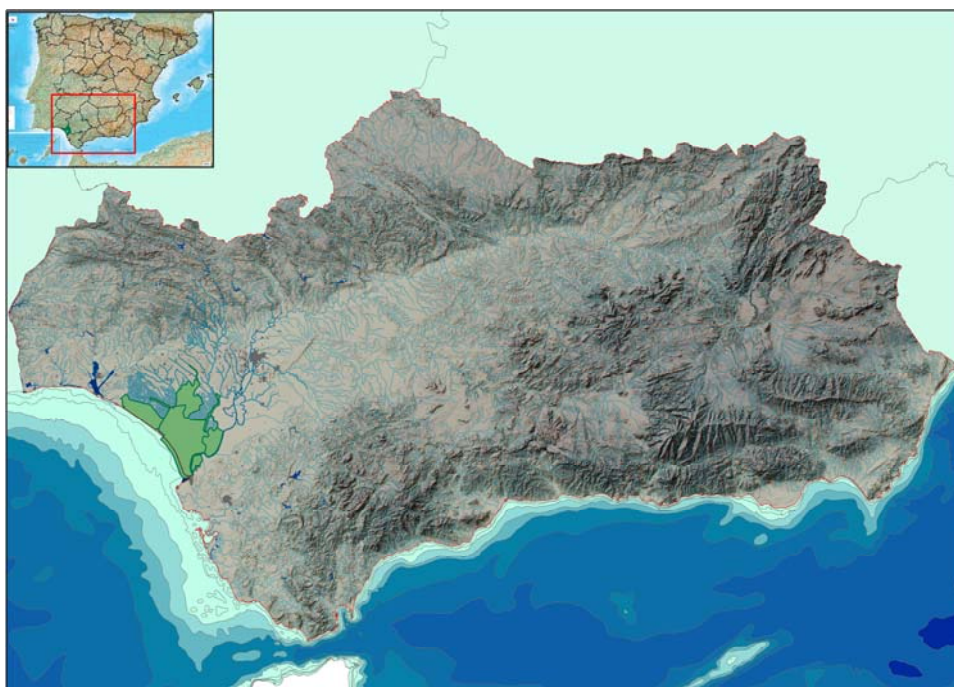


Figura 5. Marco espacial de la zona de estudio. En verde Espacio Natural de Doñana

Desde el punto de vista geológico el Parque Nacional de Doñana y su entorno se encuentran situados en la Cuenca o Depresión inferior del Guadalquivir, conformando un terreno de formaciones cuaternarias (continentales y marinas) que culminan con el relleno de la cuenca. La configuración actual de la cuenca tuvo lugar durante el Neógeno, rellenándose con sedimentos marinos, como consecuencia de la subsidencia isostática y flexión de la litosfera provocada por la formación de las Béticas y sobre todo por los cambios eustáticos globales (Rodríguez 1998).

La extensión original de las marismas del Guadalquivir era de más de 185.000 ha, desde finales del siglo XIX se viene produciendo un proceso de transformación que ha alterado gravemente el sistema hidrológico primitivo y el ecosistema marismeño, principalmente por una reducción de su superficie original en casi el 80%.

Esta pérdida de superficie se ha debido principalmente a las actuaciones humanas realizadas sobre el río Guadalquivir, comenzando con las “cortas” para facilitar la navegación del río, que han reducido su longitud entre la desembocadura y Sevilla en 50 km. La corta más relevante para la marisma de Doñana se produjo en el año 1815, la Corta Fernandina que desligó el río del Brazo de la Torre, evitando de ese modo los aportes del Guadalquivir a la marisma.

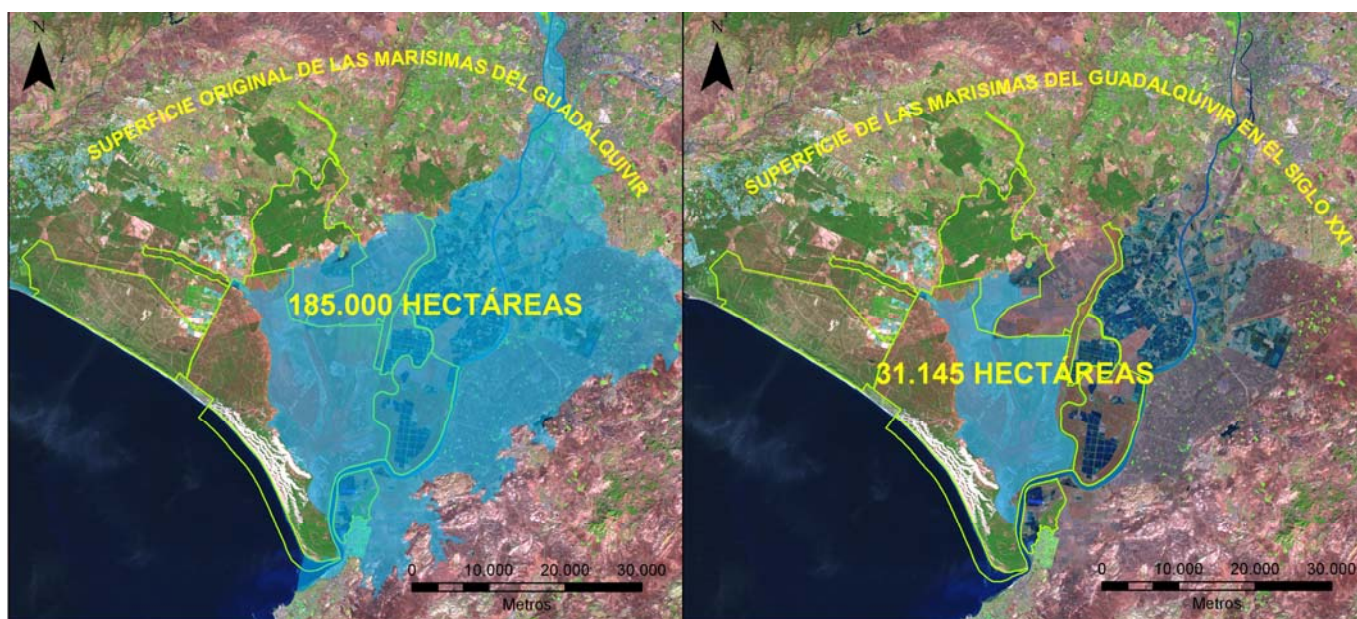


Figura 2. Evolución de la superficie natural de las marismas del Guadalquivir desde 1800 hasta el presente

Otra gran causa de pérdida de extensión de las marismas ha sido la colonización humana y adecuación agrícola de las tierras marismeñas, de manera que la mayor parte de lo que fueron las marismas de la margen este del Guadalquivir son hoy día arrozales, aunque también se destinaron parte de las tierras a otros cultivos tanto de regadío como de secano.

Aparte de la propia pérdida de superficie de marisma natural, el mayor impacto que estas transformaciones causaron en la marisma fue la alteración de la red hidrográfica, de modo que a lo largo de sucesivas actuaciones se fueron canalizando distintos cauces, construyendo diques y polderizando terrenos (Plan Almonte-Marismas).

En 1998 se produjo un vertido de lodos tóxicos al río Gadiamar que provocó la construcción de un dique sobre el levé natural del Guadalquivir y el Brazo de la Torre, con el objeto de impermeabilizar la marisma frente a los lodos contaminados. Este dique conocido como Dique de la Montaña del Río (nombre que se le daba tradicionalmente al levé del Guadalquivir) tiene un efecto crucial en la dinámica de inundación de las marismas de Doñana, tal y como se verá más adelante.

Tras la construcción de ese dique se alcanzó la máxima transformación en la red vertiente a la marisma de Doñana, que pasó de ser una cubeta que recogía las aguas de una cuenca de 360.000 ha a tener una cuenca de tan solo 205.000 ha. En este proceso de transformación, de los principales aportes a la marisma: Soto Chico, Soto Grande, la Rocina, el Partido, Caño Gadiamar, Caño Travieso, tan solo quedaron vertiendo sus aguas a la marisma los arroyos de la Rocina y el Partido, este último además encauzado, lo que provocó graves problemas de sedimentación en el paraje de La Madre.

El vertido de las minas de Aznalcollar tuvo sin embargo un lado positivo, ya que fue el germen que propició la creación de un proyecto de regeneración hídrica sin precedentes hasta entonces por lo ambicioso

del mismo. Se trataba de recuperar en la medida de lo posible la dinámica original de las marismas de Doñana, el proyecto se denominó Doñana 2005 en previsión de la fecha en la que debía estar terminado y en él se definieron un serie de actuaciones, 8 en total, encaminadas a recuperar la cantidad y calidad de los aportes de agua a la marisma. A día de hoy se encuentra parcialmente cumplido, a la espera de la revisión científica de algunas de las actuaciones más importantes.

En la figura 3 se muestran de modo esquemático los cambios que ha ido sufriendo la red vertiente a la marisma, desde finales del siglo XIX hasta el momento de máxima transformación, y la situación deseable en el momento en que el proyecto Doñana 2005 concluya todas sus actuaciones.



Figura 3. Alteraciones de la red hidrográfica vertiente a la marisma. Izq. situación original (1900), centro momento de máxima alteración (2000) y derecha situación previsible cuando concluya el proyecto Doñana 2005.

Todas las transformaciones citadas han tenido obviamente su lado positivo, en la actualidad la comarca de Doñana, formada por 14 municipios de Huelva, Sevilla y Cádiz, es una de las zonas de mayor prosperidad económica de Andalucía, con una producción agrícola y unos niveles de tecnología punteros en Europa. Todas estas transformaciones han supuesto un revulsivo económico para la zona (Chans et al 2008), sin embargo el crecimiento desordenado de estas explotaciones, las captaciones (legales e ilegales) del acuífero 27 (que es una de las fuentes de alimentación de la marisma), la ocupación de zonas forestales y otra serie de cuestiones deben de ser reguladas con el fin de llegar a una coexistencia armónica entre conservación y desarrollo socio-económico. En esa línea y tratando de involucrar a todos los agentes locales, se ha aprobado recientemente el II Plan de Desarrollo Sostenible de Doñana.

Respecto al marco jurídico el END se creó por la Ley 8/1999 de 27 de octubre, que entró en vigor por el RD 712/2006 de 9 de junio. El END incluye y se superpone como figura de protección, al Parque Nacional de Doñana (1969), cuyo corazón es la marisma y que cuenta con 54.252 ha y al Parque Natural de Doñana (1989) definido como una zona de protección perimetral del Parque Nacional, con un total de 53.835 ha; a ellos se unen la Zona de Protección del Arroyo de la Rocina y la Zona de Protección del Mar Litoral, para un total de 113.644 ha protegidas.

Entre otras distinciones todo el conjunto está declarado como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), Reserva de la Biosfera por la UNESCO (todo el Parque Nacional más algunas zonas de Parque Natural), Patrimonio de la Humanidad, y forma parte de la lista de zonas húmedas de importancia internacional en virtud del Convenio Ramsar. Además cuenta con 3 monumentos naturales en su interior (Acantilado del Asperillo, Acebuches del Rocío y Pino Centenario del Parador de Mazagón).

METODOLOGÍA

El seguimiento de inundación se realiza gracias a una serie de escalas limnimétricas repartidas por toda la superficie de la marisma, se cuenta con un total de 45 escalas manuales y 10 escalas automáticas. Las escalas están acotadas con precisión centimétrica en x,y,z, (Mintegui 2001) y son representativas de distintos sectores o recintos de la marisma, de tal modo que a partir de la lectura del nivel del agua en las escalas es posible interpolar la superficie inundada. Las 10 escalas automáticas forman parte de 2 redes distintas de estaciones hidro-meteorológicas, una del propio END, y otra de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), ambas redes sirven datos en continuo vía GSM (promediados cada 10 minutos). Para hacer la interpolación del nivel del agua en las escalas a la superficie de la marisma, es necesario un MDT de alta precisión en la z, ya que los distintos sectores de la marisma están definidos por una micro-topografía muy compleja (en las más de 30.000 ha de marisma apenas hay 2,5 metros de desnivel), de modo que unos centímetros de diferencia en la z pueden suponer varias miles de ha inundadas.

Dada la importancia de la micro-topografía marismeña, en septiembre de 2002, dentro del Proyecto Doñana 2005, se realizó un vuelo con tecnología LIDAR sobre la marisma, en el que se tomaron más de 140 millones de puntos, apoyados en más de 20.000 puntos tomados sobre el terreno con topografía clásica de precisión (Bayán 2004). Este vuelo sirvió para generar un MDT de 2 m de paso de malla y 10 cm. de precisión en la z. Una vez conocida la columna de agua y la superficie inundada en cada recinto de la marisma es posible generar un raster con la profundidad de la inundación, información muy importante para cruzarla con otros datos de carácter biológico. Todas estas operaciones se realizan con el software ArcGIS 9.3 (extensiones Spatial Analyst y 3D Analyst) y/o GvSIG 1.9 con el modulo Sextante.

A partir del presente ciclo hidrológico se han empezado a adquirir imágenes Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM+, estas imágenes son tratadas con los programas Amatel y ENVI para obtener las máscaras de inundación, que se comparan con las obtenidas mediante la interpolación del nivel del agua en las escalas, con el objetivo de validar y afinar ambos métodos.

Para apoyar la labor de los gestores y científicos, se cuenta además con un modelo matemático de inundación de la marisma, este modelo empezó a elaborarse en Holanda con el software SOBEK, actualmente en el marco de un convenio de colaboración entre la Agencia Andaluza del Agua, el END y la Universidad Politécnica de Cataluña, se está desarrollando un nuevo modelo llamado IBER. El modelo matemático es una herramienta excepcional para la gestión de la marisma que permite obtener los resultados ante una serie de hipotéticos escenarios como pueden ser: proceso de llenado y vaciado de la marisma, restauración de cauces y llanuras de inundación, manejo de compuertas, etc.

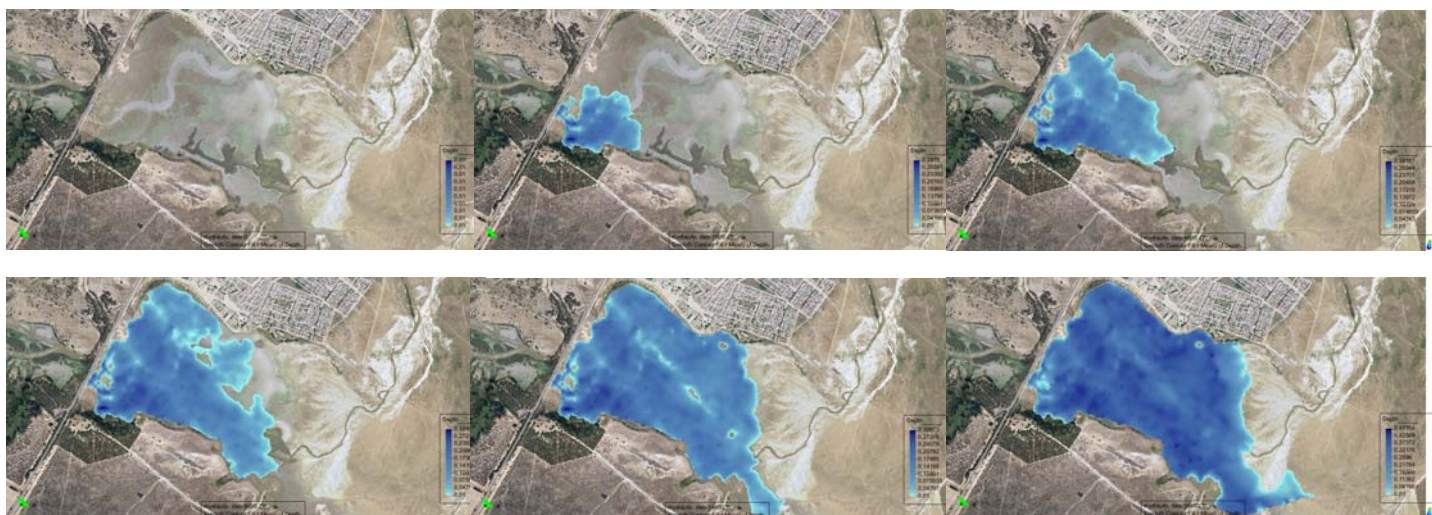


Figura 4. Ejemplo de una avenida de 30 m³/s entrando desde el arroyo de la Rocina.

Como complemento y apoyo al seguimiento de la inundación, se realiza también un seguimiento meteorológico. Este seguimiento está basado en los datos recogidos en varias redes de estaciones meteorológicas ubicadas en el END o en su área de influencia, en total se cuenta con 28 estaciones. Las

redes disponibles son: la red de Estaciones Automáticas (EA) y manuales del END; la red de la Infraestructura Científica Técnica Singular de la Estación Biológica de Doñana (ICTS); la red de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC); y la red del Instituto de Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA).

Las estaciones de las redes de END y de la ICTS pueden ser consultados y descargados en tiempo real desde la página web: <http://www.icts.ebd.csic.es>.

RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO DE LA INUNDACIÓN. CICLO 2009/2010

La peculiaridad del presente ciclo hidrológico es el nivel de inundación extremo que se ha registrado en la marisma de Doñana. Igualmente todos los humedales estacionales del manto eólico se han inundado y el sistema hidrográfico que lo atraviesa ha estado plenamente activo.

El período de lluvias comenzó el 16 de diciembre. Hasta entonces apenas habían caído 70,5 mm. A partir de ese día se recogieron 600 mm en 83 días de los que tan solo hubo 17 días sin lluvia (la mayoría de ellos con nubosidad media-alta), esto supone que un 80% de días de lluvia en ese periodo.

A pesar de estos datos, este ciclo hidrológico está lejos del record de la serie histórica de precipitación en el END (serie de 40 años hidrológicos, desde 1970/71 hasta el actual 2009/10), siendo el sexto ciclo más lluvioso a fecha de 1 de julio (751 mm), muy lejos de los 960 mm que habían caído en el ciclo 1995/96 en la misma fecha.

Sin embargo, los niveles de inundación han sido similares a los del ciclo 1995/96, y aunque no se ha superado la cota máxima alcanzada en aquel ciclo (2,34 m s.n.m. el 26/01/96), si se ha estado muy cerca de esos valores (2,25 m s.n.m. el 11/03/10) y sobre todo como hecho fundamental, la inundación por encima de la cota 2 m s.n.m. ha sido bastante más prolongada que en el ciclo 1995/96.

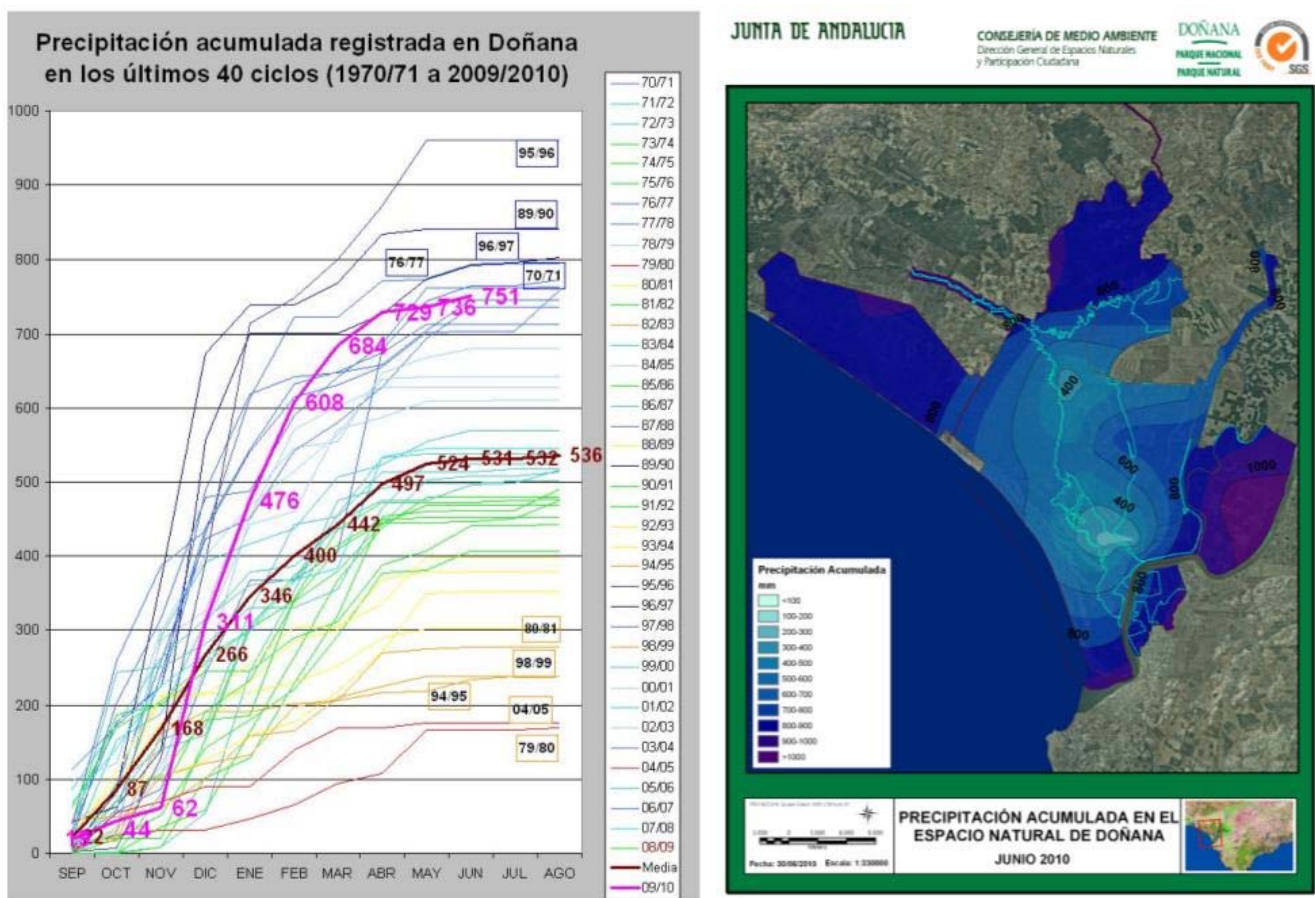


Figura 5. Serie histórica de precipitación y raster de precipitación acumulada a 30/06/10.

La inundación natural estaba definida por la cota 2, ya que puede considerarse la cota media a la cual se producía el contacto entre la marisma y el Brazo de la Torre-Guadalquivir, a través del levé ya mencionado de la Montaña del Río. Este levé fue artificialmente elevado en un primer momento en el tramo del Guadalquivir (1984) y posteriormente, tras el vertido de 1998, en el tramo del Brazo de la Torre, con lo que se terminó así de aislar completamente la marisma del estuario.

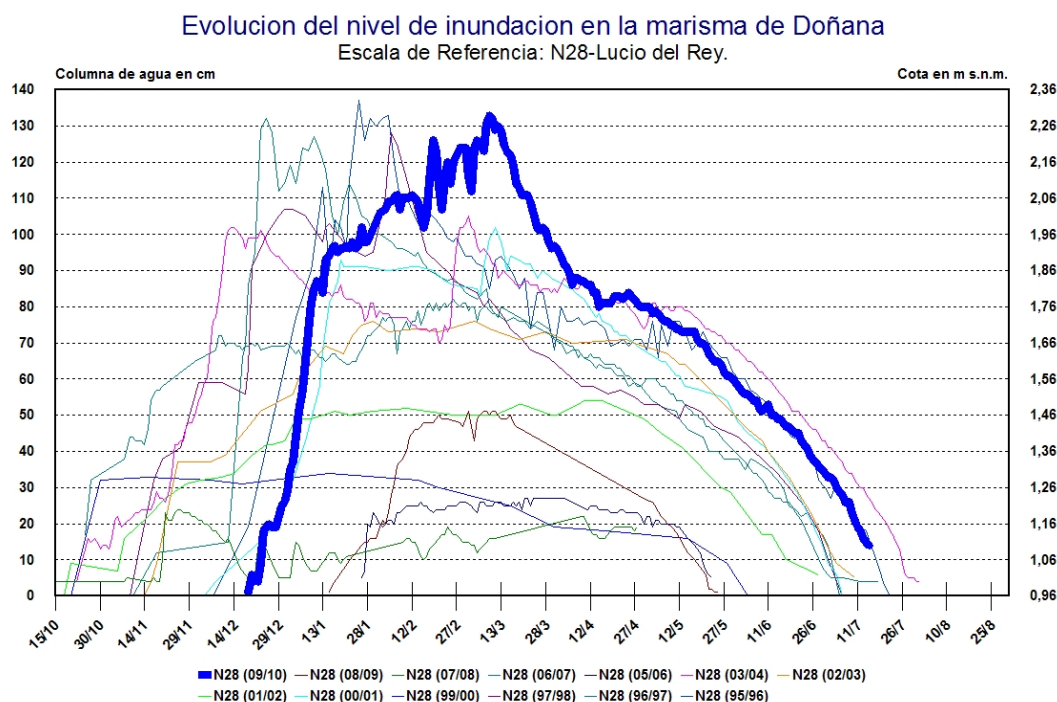


Figura 6. Nivel de inundación en la escala de referencia N28 durante los últimos 15 años hidrológicos.

El dique cumplió muy bien su función de evitar la entrada de las aguas contaminadas, pero debía ser retirado cuando las aguas del Guadiamar recuperaran una calidad aceptable, como parte de una de las actuaciones del Proyecto Doñana 2005 (Actuación 6). Actualmente la ejecución de esta actuación está aplazada sin fecha prevista para los trabajos.

El problema que causa el dique, es que ha elevado hasta en 2,5 metros la altura a la que el agua de la marisma, en caso de una gran avenida, saldría hacia el estuario. Esto es particularmente grave porque rompe el equilibrio entre zonas emergidas y zonas sumergidas de la marisma. La micro-topografía marismeña delimita las zonas bajas, de inundación prolongada (caños, quebradas y lucios) y las zonas altas, de inundación somera y por un tiempo muy breve (vetas y paciles). Esto es así porque las cotas a las que se encuentran esas zonas altas estaban por encima de la altura natural de desagüe hacia el estuario, actualmente al haber sobre-elevado artificialmente esa cota, las zonas altas quedan muy por debajo del nivel de desagüe. Esto puede producir en años de fuertes precipitaciones como el presente, un situación indeseable en la que tanto las zonas altas como las bajas de la marisma, queden por debajo del nivel de inundación, afectando con ello a las comunidades animales y vegetales que habitan, de manera permanente o estacional, en la marisma de Doñana y que están adaptadas a las condiciones naturales de inundación.

Al hacer el dique, para tratar de preservar la conexión con el estuario e intentar gestionar la inundación de la marisma, se instalaron una serie de compuertas sobre algunos de los antiguos caños mareales. Se pensaba que estas compuertas serían suficientes para el manejo de la marisma y compensar el equilibrio roto tras la construcción del dique. Las compuertas presentan un frente de vertido de 26,7 m, y una sección máxima de desagüe de 48m², superficie que se ha demostrado impotente para gestionar inundaciones tan

rigurosas como las de este ciclo (Casas 2008). En condiciones normales, cuando la inundación superaba la cota 2, el frente de vertido era de unos 15 km.

Este ha sido el primer invierno desde 1998, en el que se han dado las condiciones meteorológicas necesarias para comprobar el efecto represa que el dique ha tenido en la inundación. Las intensas precipitaciones han provocado una sobre-inundación prolongada de la marisma, tal y como puede verse en la figura 6, en la que se ve como el periodo en el que la marisma ha estado por encima de los 2 m.s.n.m. ha sido casi el doble que en los ciclos 1995/96 y 1996/97, en los que la precipitación fue igual o mayor que en el ciclo actual y la cota máxima de inundación muy similar.

El 11 de marzo de 2010 el agua alcanzó la cota máxima de 2.25 m.s.n.m., eso supone un 98,7% de la superficie de marisma inundada y un volumen de agua de 241 hm³. En la figura 7 se muestra un perfil y una fotografía de la zona del perfil del 13 de marzo, en el perfil se muestran la altura que tendría el agua de no existir el Dique de la Montaña del Río, la cota que alcanzó efectivamente el agua y la cota que el modelo matemático predijo que se alcanzaría en el caso de repetirse las precipitaciones del ciclo 1995/96.

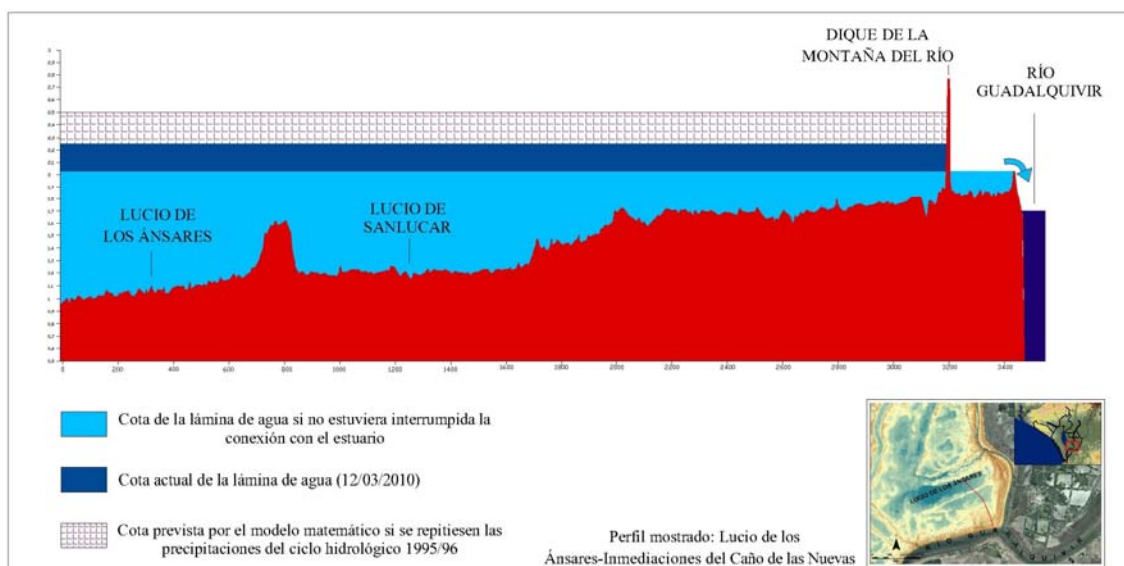


Figura 7. Perfil que muestra el efecto represa del Dique de la Montaña del Río, en las fotografía del 13/03/10 se observa la situación real de sobre-inundación y el efecto de presa que el dique ejerce sobre la marisma.

Uno de los efectos nocivos más evidentes de la sobre-inundación que ha sufrido la marisma es la mortandad que ha sufrido el almajo salado (*Arthrocnemum macrostachyum*) en los paciles de la marisma. Llegando en algunas zonas a morir más del 90% de los individuos. Esta especie está adaptada a vivir en las zonas en las que la inundación, de producirse, es muy somera y breve. De modo que este invierno tras pasar más de 2 meses debajo del agua, han muerto la mayor parte de estos ejemplares tras superar su límite de tolerancia a la inundación. En la figura 8 se muestra la comparativa del índice de vegetación NDVI, aplicado a la marisma en 2 fechas con situaciones de inundación similares (18/05/09 y 22/06/10), en ella se aprecia como la superficie en tono naranja, que es indicativa de vegetación en mal estado, ha crecido ampliamente, correspondiéndose esas zonas con las zonas más elevadas de la marisma, cubiertas principalmente por el almajo salado.

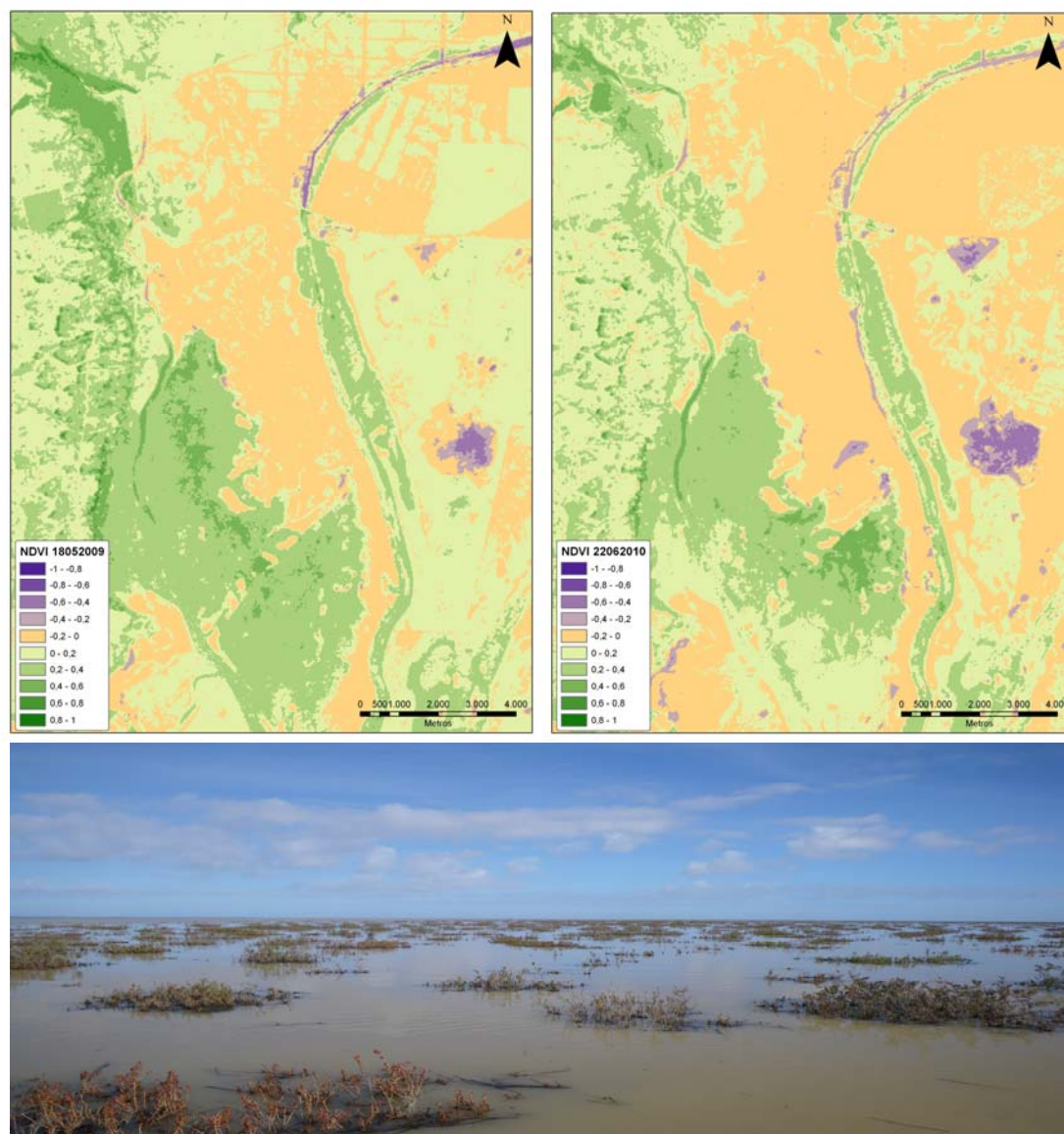


Figura 8. NDVI de la marisma en 2 fechas de inundación similar 18/05/09 izq. y 22/06/10 der.

Obviamente la sobre-inundación también ha provocado la muerte por ahogamiento de numerosas especies animales, ciervos, gamos, jabalíes y otros pequeños vertebrados terrestres, incluidas también aquellas que están dentro de los aprovechamientos tradicionales de la marisma (ganado bovino, equino y ovino del cual se estima que ha muerto entre un 25 y un 30%), igualmente la profundidad de la inundación y la falta de terreno seco sobre el que situarse, ha alterado la nidificación de numerosas especies de aves.

Dentro de los aspectos negativos hay que incluir también la aparición a finales del ciclo hidrológico de mortandades de aves por efecto de cianobacterias. Estos microorganismos experimentan un fuerte crecimiento en las últimas semanas de inundación, especialmente cuando el agua se mantiene en la marisma hasta finales del ciclo, dada la elevada temperatura que alcanza el agua en esas fechas y la gran cantidad de nutrientes (N y P principalmente) presentes en el medio. De modo que cualquier infraestructura que contribuya a una mayor duración del hidroperiodo en su fase final, está directamente relacionada con estas mortandades.

Otro aspecto negativo a destacar, es la erosión que se ha producido sobre los muros de contención que confinan hoy día a la marisma por el norte (muro de la FAO) y por el este (Montaña del Río), llegando a

producirse la rotura de algunos tramos de estos muros, inundando algunas zonas de cultivo del Plan Almonte Marismas. Estos problemas que ya han sido solucionados, se debieron al efecto combinado del nivel del agua en la marisma y a unos vientos que estuvieron soplando muy por encima de la media durante todo el invierno, debido a la incesante entrada de frentes borrascosos desde mediados de diciembre de 2009 hasta finales de marzo de 2010.

Uno de los aspectos positivos de las lluvias de este año hidrológico, ha sido la constatación del buen funcionamiento de la actuación 3 del proyecto Doñana 2005, gracias a la cual se ha recuperado la plana de inundación del arroyo del Partido, recuperando con ella una de las entradas tradicionales de agua a la marisma (desviando un 60% de las aguas del Partido hacia el arroyo de Cañada Mayor) y evitando que se produzca una deposición intensa de sedimentos en la entrada a la marisma por el Puente del Ajolí y eliminando el riesgo de inundación de la aldea del Rocío.

CONCLUSIONES

El presente ciclo hidrológico ha registrado máximos históricos en la inundación de la marisma, especialmente en lo prolongado del pico de inundación, esto no ha hecho más que constatar lo que ya se demostró con el anterior modelo matemático de inundación del END (SOBEK), que predijo que el agua llegaría a cota de 2,5 m s.n.m. de producirse unas precipitaciones como las del ciclo 1995/96. A la vista de lo que ha ocurrido este invierno (con unas precipitaciones todavía por debajo de las de 1995/96), podemos concluir que eso sería catastrófico tanto para la marisma como para las zonas circundantes.

Como hemos visto la sobre-inundación se debe al efecto del Dique de la Montaña del Río. La eliminación de ese dique para facilitar la permeabilización entre la marisma y el Brazo de la Torre y el Guadalquivir, es una de las actuaciones pendientes del proyecto Doñana 2005, que actualmente está en fase de revisión por la Comisión Científica del Proyecto.

En la situación actual existe pues una situación paradójica en la que la marisma, a pesar de contar con menos aportes de agua, tiene un grave riesgo de sobre-inundación en años lluviosos. Sin embargo en años secos el hidroperiodo seguirá viéndose muy reducido por la falta de aportes, especialmente del río Guadiamar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bayán Jardín B. (2006): Plan de regulación hídrica de las cuencas y cauces vertientes a la marisma del P.N. Doñana. En *3ª Reunión internacional sobre restauración de humedales. Ponencias y consideraciones generales*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, pp. 145-169.
- Casas J. (2008): Proyecto Doñana 2005: objetivos y metodología. En *Doñana 2005. La restauración ecológica de las marismas. Manual de gestión*. Alonso E.M. y Suárez A. MMA, Madrid, pp. 35-64.
- Chans J.J., Quiros F., Rubio J.C. y Urdiales C. (2008): Situación actual tras el proyecto de restauración Doñana 2005. En *Doñana 2005. La restauración ecológica de las marismas. Manual de gestión*. Alonso E.M. y Suárez A. MMA, Madrid, pp. 127-139.
- Mintegui, J A. y Robredo, J C. (2001): *Bases para la elaboración de un modelo digital del terreno del parque nacional de Doñana*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Serie técnica, Madrid.
- Rodríguez Ramírez, A. (1998): *Geomorfología del Parque Nacional de Doñana*, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Serie técnica, Madrid.