

**INFORME SOBRE LA DOCUMENTACION PRESENTADA
POR FERTIBERIA, S.A. EN RELACION CON EL
"PROYECTO DE REVEGETACION DE LAS ZONAS DE
FOSFOYESOS"**



ÍNDICE

ALCANCE DEL INFORME	3
ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL	4
Restauración vegetal de las zonas 1 y 4	6
Apilamientos actuales en la zona 2 y balsas de seguridad en la zona 3	7
ACTUACIONES RELACIONADAS CON LA RESTAURACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE FOSFOYESOS	11
La recuperación de las Marismas del Pinar (zona 1)	11
Reordenación de vertidos de yeso en las Marismas de Rincón (zona 2)	14
Programa de vigilancia estructural de las balsas de fosfoyesos	17
Programa de restauración vegetal de las balsas y taludes (zona 2)	19
Balsas de seguridad de la zona 3	20
Recuperación de las balsas de fosfoyesos en las Marismas de Mendaña (zona 4)	20
CONCLUSIONES ALCANZADAS EN ESTUDIOS PREVIOS SOBRE LOS APILAMIENTOS DE FOSFOYESOS	23
Análisis de las emisiones atmosféricas procedentes de las balsas de fosfoyesos	23
Análisis de las afecciones a las aguas superficiales y subterráneas	24
Prospectiva del impacto en la Ría de Huelva de la rotura de la balsa de fosfoyesos	24
Evaluación de la restauración vegetal de la zona de apilamiento de fosfoyesos de las Marismas del Pinar, Huelva	25
Estudio geológico-geotécnico sobre el terreno en el que se producen los vertidos de fosfoyesos	26
Evaluación radiológica de las balsas de fosfoyesos de Huelva	28
EVALUACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN APORTADA POR FERTIBERIA, S.A.	32
Consideraciones de seguridad estructural en la zona 3	35
Balsa de seguridad, control de aguas y lixiviados superficiales	36
Estudios de alternativas	37
Revegetación de la zona 3	38
Seguimiento radiológico	40
Otras consideraciones	41
RECOMENDACIONES	42

ALCANCE DEL INFORME

Este informe recoge las deliberaciones de los miembros de la Comisión de Expertos nombrados, por la Consejería de Medio Ambiente y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, para la evaluación del Plan de Restauración de las Balsas de Fosfoyesos. Esta Comisión se constituyó el día 1 de junio de 2009 bajo la presidencia de la Consejera de Medio Ambiente, Doña Cinta del Castillo. El alcance del informe es recoger la información referente a los antecedentes de la producción de fosfoyesos en el Polígono Industrial de la Punta del Sebo, evaluar y resumir los trabajos anteriores dentro del Plan de Calidad de la Ría de Huelva coordinado por el CSIC, valorar la propuesta de restauración de las balsas de fosfoyesos presentada por FERTIBERIA, S.A. en los documentos titulados "Plan de revegetación de la zona 2 del sistema de apilamiento de yeso en las concesiones de la Ría del Tinto" y "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos", y emitir una serie de recomendaciones dirigidas a implementar el Plan de Restauración propuesto y el de mantenimiento y control ambiental posterior de la zona restaurada, independientemente de sus usos para su consideración en el marco de la Autorización Ambiental Integrada en relación con las actividades de FERTIBERIA, S.A. en el Polo Químico de la Punta del Sebo.

ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

Las empresas FERTIBERIA, S.A. y FMC FORET S.A. tienen en el Polígono Industrial de la Punta del Sebo en Huelva, en la margen izquierda de la Ría del Odiel, cinco plantas para la obtención de ácido fosfórico. Éste se obtiene mediante ataque con ácido sulfúrico de la roca fosfórica que genera ácido fosfórico y yeso apagado. De forma simplificada este proceso puede ser representado mediante la reacción química: Fosfato Roca + Ácido Sulfúrico (diluido al 70%) → Ácido Fosfórico (27% P_2O_5) + sulfato cálcico dihidratado (Fosfoyeso). El fosfoyeso se genera en una cantidad aproximada de 4 a 5 toneladas por cada tonelada de P_2O_5 (pentóxido de fósforo) producido. Las características del fosfoyeso son las de presentar un pH ácido con un valor en el intervalo de 1,5 a 4, dependiendo su valor de múltiples variables del proceso químico. Su contenido en fósforo (expresado como P_2O_5) es del $0,7 \pm 0,26\%$ en peso y su contenido en calcio presenta un valor del orden del 30% del peso seco. Los siguientes elementos se han detectado como elementos trazas (mg/kg), siendo sus concentraciones medias y desviaciones estándar: arsénico, $2,5 \pm 3,9$; cadmio, $1,9 \pm 0,6$; cromo, 37 ± 22 ; cobre, $4,9 \pm 3,3$; hierro, 239 ± 71 ; níquel, $1,5 \pm 0,7$, plomo $4,5 \pm 3,2$; uranio, $7,5 \pm 3,7$ y zinc, $5,6 \pm 4,7$.

Al inicio de la actividad de estas plantas, a finales de los años 60 del siglo pasado, los fosfoyesos se vertían bien a la propia Ría, caso de FMC FORET S.A., con un caudal de $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$ con dilución al 8% de fosfoyesos, bien en el caso de FERTIBERIA, S.A., transportándolos mediante agua de mar (80% de agua y 20% de fosfoyesos) y almacenándolos en un conjunto de balsas de decantación de gran superficie y con una altura de fosfoyeso de 4 ó 5 metros como máximo. Desde estas balsas, el agua de transporte, una vez decantado el fosfoyeso se vertía a la Ría del Tinto a razón de unos $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Esta situación se mantuvo hasta 1997, año en el que ambas empresas pusieron en marcha el circuito cerrado para el agua de los fosfoyesos, siendo el año 1998 cuando se eliminó el último vertido a la Ría procedente de los fosfoyesos, el cual procedía del canal perimetral que recogía las escorrentías. La cuantificación realizada indica que la producción media anual de fosfoyesos es de unos 2,5 millones de toneladas. La superficie ocupada por los

apilamientos actuales de fosfoyesos y las balsas de decantación previas es de unas 1.000 hectáreas.

La zona afectada de actuación se extiende por la Marisma del Tinto hacia Palos de la Frontera y la Rivera de la Nicoba a lo largo de las llamadas Marismas del Pinar (ZONA 1), Marismas del Rincón (ZONA 2) y Marismas de Mendaña (ZONAS 3 y 4) (Figura 1). La superficie ocupada está considerada como dominio público marítimo-terrestre y dominio público portuario cuya concesión de ocupación a FERTIBERIA, S.A. se produjo en 1968 por el antiguo Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

La cantidad depositada en toda la superficie de las concesiones entre 1967, año de arranque de la producción de ácido fosfórico, y septiembre de 1997, es decir en el momento del comienzo del funcionamiento del proyecto de reordenación de los vertidos de yesos, fue de unos 50,3 millones de toneladas, valor estimado por las producciones de pentóxido de fósforo. Las fechas en las que las distintas zonas dejaron de utilizarse para el depósito de fosfoyesos por el anterior sistema fueron:

- Zona 1: en 1989
- Zona 2: en 1990
- Zona 4: en 1993/1994
- Zona 3: en 1997

Después de 1998 esta zona tuvo como condicionado ambiental el que estaba incluido en la autorización de vertido desde tierra al mar (Ley de Costas) que era una autorización de "vertido cero" en cuanto a los fosfoyesos, ya que el sistema de circuito cerrado impedía el vertido a la Ría tanto de fosfoyeso como de agua ácida. Esta autorización fue sustituida por la Autorización Ambiental Integrada (AAI) de la Directiva IPPC en el año 2008.

Desde 1998 las actuaciones para su recuperación ambiental se han dirigido a la revegetación de las zonas 1 y 4, y el mantenimiento de actividad industrial en las zonas 2 y 3.

Restauración vegetal de las zonas 1 y 4

En el año 1988, y como medida incluida en el Plan Corrector de Vertidos, la entonces Agencia de Medio Ambiente inició un proyecto de restauración de 400 ha de las Marismas del Pinar (zona 1), que consistió en la restauración topográfica de la zona, perfilado y replanteo de la red de drenaje para el control de la escorrentía y el recubrimiento con tierra y revegetación de la zona en la que además de fosfoyesos, se habían vertido cenizas de pirita y otros residuos procedentes de la producción de ácido sulfúrico. Esta restauración se terminó en el año 1992.

En el año 1997 la Junta de Andalucía y el Ministerio de Medioambiente solicitaron a FERTIBERIA, S.A., como concesionaria de los terrenos de dominio público marítimo-terrestre, un proyecto de restauración vegetal de las balsas situadas en las Marismas de Mendaña (zona 4). En esta zona se han realizado diversas labores de recuperación (por parte de FERTIBERIA, S.A., el Ayuntamiento de Huelva, EGMASA y la Junta de Andalucía) que suponen el cubrimiento con diversas capas y con materiales inertizados y posteriormente con tierra vegetal. El proyecto está en ejecución desde el año 1998 y se encuentra prácticamente acabado en la actualidad.

Figura 1. Localización de las balsas defosfoyesos en las Marismas del Río Tinto



Apilamientos actuales en la zona 2 y balsas de seguridad en zona 3

Las aguas procedentes de la decantación de los fosfoyesos se caracterizan por su acidez, por su aporte de materia sedimentable y por su contenido en metales y radionucleidos naturales disueltos, características que hicieron de ellas uno de los principales focos contaminantes de las aguas de la Ría de Huelva. Por esta razón en 1986 la entonces Agencia de Medio Ambiente impulsó el Plan Corrector de Vertidos en la Ría de Huelva, sometiendo a todas las empresas del Polo Químico de Huelva a un proceso de adaptación ambiental que finalizó alrededor de 1996 con las autorizaciones de vertidos líquidos (desde tierra al mar) en aplicación de las normas establecidas en la Ley de Protección Ambiental de 1994, Decreto de Calidad de Aguas Litorales de 1996. Con estas medidas se redujo drásticamente la contaminación global de la Ría. También se acometió la reordenación de los vertidos del fosfoyesos (vertidos directos de FORET y aguas de rebose de las balsas de FERTIBERIA, S.A.) que sin duda eran los vertidos más importantes de la zona.

En febrero de 1995, FERTIBERIA, S.A. y FMC FORET, S.A. presentaron conjuntamente, por exigencia de la Agencia de Medio Ambiente, el "Proyecto de reordenación de vertidos

de yeso en la Marisma de Rincón (Huelva)". Este proyecto consistía en concentrar los vertidos de fosfoyeso de ambas empresas sobre una de las parcelas de dominio público marítimo-terrestre utilizada con anterioridad para la deposición de fosfoyesos (zona 2) y el establecimiento de un circuito cerrado para las aguas de transporte. La zona empleada tiene una superficie de 300 hectáreas y está situada entre la ría del Tinto y el Estero del Rincón. Esta zona 2 constituye la zona de apilamiento actual de fosfoyesos, la cual está en operación desde 1997. El fosfoyeso se deposita progresivamente formando una colina de aspecto de pirámide truncada con una elevación de diseño de 25 metros. El agua utilizada para el transporte se recoge en un embalse, estableciéndose un circuito cerrado, para ser posteriormente utilizada en el proceso de fabricación, y recolectándose igualmente todos los lixiviados producidos a través de un canal perimetral practicado en la cota más baja.

A finales de 1997 la Consejería de Medio Ambiente solicitó a ambas empresas la presentación de un proyecto de restauración vegetal de las balsas y taludes utilizados en ejecución del proyecto de reordenación. En abril y mayo de 1998 se presentaron los Proyectos "Programa de Revegetación del Apilamiento de Yesos" y el "Plan de Control de la Ejecución y Auscultación Informe de Instalación" en cumplimiento de la exigencia anterior. Ambos proyectos se ejecutan en la actualidad.

La zona 3 es una zona de depósitos de fosfoyesos antiguos que sirve de zona de depósito de fosfoyesos en casos de emergencia, en la que existe una balsa de seguridad, o emergencia, para evitar el rebosamiento de las aguas durante la explotación de la zona 2 mediante su trasvase a esta balsa de seguridad. Esta balsa de emergencia la exigió la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico, que ostenta las competencias en materia de seguridad industrial, en cumplimiento del Decreto 281/2002, por el que se regula el régimen de autorización y control de los depósitos de efluentes líquidos o de lodos procedentes de actividades industriales, mineras y agrarias. Hasta la fecha no se ha llevado a cabo labor alguna de cubrimiento de los fosfoyesos en la zona 3. La zona 3, debido a que no se han realizado en ella labores de recuperación, es la más expuesta a los agentes meteorológicos y la que mayores emisiones puede generar hacia su medio ambiente circundante. El potencial contaminador de la zona 3 es elevado en cuanto a su proximidad al medio receptor (río

Tinto), y a que no existe ningún tipo de barrera geográfica o sistema de seguridad anticontaminación entre ambos.

La puesta en marcha del proyecto de reordenación de los fosfoyesos representó una serie de mejoras medioambientales que se pueden resumir en los siguientes cuatro puntos:

1. Cerró el vertido directo de fosfoyesos que FORET producía al Odiel.
2. Cesó el vertido líquido que se producía al estuario del Tinto procedente de las aguas que vehiculaban los fosfoyesos de FERTIBERIA, S.A., y cuyo rebose de las balsas suponía el vertido de grandes cantidades de aguas ácidas ($1000 \text{ m}^3/\text{h}$) al río Tinto.
3. La reordenación de vertidos de fosfoyesos se ha traducido en un sistema de apilamiento que ha dado lugar a la formación de una pirámide truncada, en la que se impuso un sistema de revegetación de los nuevos depósitos.
4. Se inició la recuperación ambiental de aquellas zonas que estaban fuera del proyecto de reordenación y que afectó a las zonas 1 y 4.

Respecto a la situación actual, se ha de reseñar el procedimiento administrativo de la caducidad de la concesión de los terrenos que ocupan las balsas, por lo que la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar ha requerido a FERTIBERIA, S.A. la presentación de un Plan de actuación que contemple: 1) La reducción progresiva de los vertidos hasta su anulación; 2) que no se abran nuevas balsas de vertidos; y 3) el inicio inmediato por FERTIBERIA, S.A. de la regeneración ambiental del resto de terrenos que componen la concesión, con la presentación de un proyecto de recuperación ambiental; y 4) la constitución de un aval a disposición de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar que garantice la ejecución de las citadas obras de regeneración ambiental así como las que sean necesarias para regenerar los terrenos donde se ubican las balsas de vertidos.

Tras este requerimiento, y en el marco del Plan de finalización de actuaciones, FERTIBERIA, S.A. ha propuesto el siguiente calendario para el cese definitivo de la actividad:

- Disminución del 50% del vertido de FERTIBERIA, S.A. a las balsas de fosfoyesos antes del día 1 de abril de 2009, mediante clausura de 2 de las 4 plantas de producción de ácido fosfórico.
- Cese total del vertido a las balsas de fosfoyeso antes de 31 de diciembre de 2012

La disminución de los vertidos al 50% se ha hecho efectiva con el cierre en 31 de marzo de 2009 de las plantas AF1 Y AF2.

En cuanto a la obligación de la presentación de un Plan de regeneración ambiental de los terrenos, FERTIBERIA, S.A. ha presentado los documentos "Plan de revegetación de la zona 2 del sistema de apilamiento de yeso en las concesiones de la Ría del Tinto" y "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos", correspondiendo este último a la a la zona 3 descrita anteriormente. La Consejería de Medio Ambiente en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, ha creado una Comisión de Expertos del ámbito científico y técnico para evaluar la idoneidad de la propuesta y el seguimiento de las actuaciones.

ACTUACIONES RELACIONADAS CON LA RESTAURACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE FOSFOYESOS

Este capítulo del informe tiene por objeto resumir, en la medida de lo posible, las actuaciones que se han llevado a cabo para revegetar las zonas 1 y 4, cuyo objetivo ha sido el de "recuperar" la zona desde el punto de vista paisajístico.

La recuperación de las Marismas del Pinar (zona 1)

Las Marismas del Pinar están situadas en zona de dominio público portuario adscrito a la Autoridad Portuaria de Huelva, de la que FERTIBERIA, S.A. es titular de una concesión de ocupación desde 1975 a 1995. Las Marismas del Pinar constituyen un sector de las marismas del Río Tinto, y está situada junto al casco urbano de Huelva y limitada por el estero de las Metas, el estero del Rincón, el Río Tinto y la carretera de Huelva a Matalascañas. Dada su cercanía a las factorías, toda esta área sufrió un grave proceso de deterioro por el vertido de residuos urbanos y el vertido de cenizas de piritas, lodos de pirita y fosfoyesos, utilizando un permiso concedido por el Puerto de Huelva, titular de estos terrenos. La recuperación de dichas Marismas se inscribió dentro de las medidas complementarias o externas a las instalaciones industriales incluidas en el Plan Corrector de Vertidos puesto en marcha en 1986 y la recuperación fue acometida por la Agencia de Medio Ambiente en una superficie de 400 ha, teniendo ésta un coste aproximado de 1.700 millones de pesetas (unos 10 millones de euros). La ejecución del proyecto se realizó entre los años 1990 y 1993.

Los objetivos de la revegetación eran corregir el fuerte impacto visual negativo provocado por los residuos allí acumulados, que habían convertido la zona en un paisaje artificial carente de todo vestigio de vida, así como el de evitar una progresiva y continua contaminación del agua de la Ría, en las proximidades.

Vista aérea de las Marismas del Pinar tras ordenación de vertidos de fosfoyesos



Figura 2. Zona 1 de apilamiento de fosfoyesos revegetadas entre los años 1990 y 1993

Los depósitos de fosfoyesos en la zona 1 constituían una planicie de superficie dura y fuertemente agrietada que permitían el paso de camiones y de maquinaria, se recubrieron directamente con una capa de tierra vegetal de 30 cm de grosor, para establecer en ella una pradera formada por gramíneas (*Lolium rigidum*, *Phalaris tuberosa*, *Festuca arundinacea*) y leguminosas (diversas variedades de *Triflorium subterraneum*). Así mismo, se decidió implantar especies vegetales arbustivas y arbóreas para romper la monotonía del paisaje y, no siendo suficiente la capa de tierra de 30 cm aportada, se construyeron sobre ella, también con tierra aportada, numerosas colinas de diversa forma y longitud, de 1,50 m de altura. En la cima se plantaron árboles y en las laderas arbustos.

Para recuperar los depósitos de cenizas se comenzó a realizar una remodelación topográfica, suavizando las pendientes y uniformizando las mismas. Para ello, se recubrieron con arcilla impermeable a fin de que el agua de lluvia no produjese lixiviados. Finalmente, se cubrió la arcilla con otra capa de tierra vegetal.

Con el fin de controlar la erosión que inevitablemente se produce en una superficie inclinada se procedió a construir, también con tierra aportada, un sistema de terrazas a nivel con los extremos libres que canalizan el agua hacia los diversos desagües construidos en las líneas de máxima pendiente. Los desagües se protegieron con geomalla y, para frenar la velocidad del agua, se construyó a la salida de cada terraza un balate de mampostería en seco con escotadura central.

Toda esta zona se sembró con semillas pratenses y en la cima de las terrazas, de sección triangular, se plantaron diversas especies arbustivas que al florecer ofrecen un interesante contraste de colores.

Por último, para atraer la avifauna silvestre se construyeron tres lagunas artificiales vegetando sus bordes con árboles de ribera y habida cuenta de la abundante presencia de cigüeñas en la zona, se construyeron 22 nidos que han venido siendo utilizados por estas aves. Las especies vegetales arbustivas y arbóreas utilizadas se seleccionaron atendiendo a su resistencia a los factores adversos que en este medio concurren, principalmente, la cercanía de los vientos marinos que además de la acción desecadora propia de cualquier viento produce una necrosis en las plantas por las sales que transporta, la naturaleza del sustrato, situado a escasa profundidad, y, por último, la contaminación atmosférica provocada por la presencia de numerosas industrias en las cercanías.

En resumen, los datos numéricos de la actuación ejecutada por la Agencia de Medio Ambiente fueron:

Datos de la actuación

Superficie restaurada	400 ha
Superficie actuación directa	367 ha
Tierra aportada	1.758.000 m ³
Escombros	844.000 m ³
Siembra pratenses	276 ha
Árboles	19.500 unidades
Arbustos	78.000 unidades
Caminos	35 km

Tuberías riego	29 km
Inversión	1.776 millones de ptas
Tiempo de ejecución	Nov. 90 - Dic. 93

Por otro lado, también es cierto que muchas de las insuficiencias detectadas en cuanto a cantidad de suelo de la zona restaurada se debieron a fenómenos de erosión, como lo demuestra que la mejor zona de todas es la "zona de terrazas" donde la restauración alteró la morfología original de fuerte pendiente creando terrazas.

Reordenación de vertidos de yeso en las Marismas de Rincón (zona 2)

En 1987, la Agencia de Medio Ambiente obligó a FERTIBERIA, S.A. Y FMC FORET S.A. a acometer una serie de actuaciones en las plantas de ácido sulfúrico y de fosfórico en aplicación del Plan Corrector de Vertidos. El objetivo principal era que los vertidos a la Ría del Odiel procedentes de ambas empresas estuvieran constituidos exclusivamente por agua de refrigeración. Sin embargo, quedó pendiente la reordenación de los vertidos de fosfoyesos. Esta reordenación fue exigida a FERTIBERIA, S.A. Y FMC FORET S.A. dentro del marco de las autorizaciones de vertido que se concedieron a ambas empresas una vez que la Administración andaluza, competente para ello, se dotó de los instrumentos jurídicos necesarios para la aplicación, en Andalucía, de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, como fue la Ley 7/1994 de Protección Ambiental y sus Reglamentos de desarrollo.

La reordenación de los vertidos de fosfoyesos implicaría que se dejaran de verter los fosfoyesos a la ría del Odiel, que no se ocuparan nuevas superficies de marisma virgen para la deposición, sino que se vertiera sobre los antiguos depósitos de fosfoyesos, continuando los mismos en altura, pero obligando a las empresas a su revegetación y el establecimiento de pantallas vegetales. Por otra parte, el agua necesaria para el transporte del fosfoyeso no debía retornar a la ría sino que se establecería un circuito cerrado, para realizar en continuo esta operación, con lo que se cumpliría el objetivo del Plan Corrector de Vertidos de que a la Ría de Huelva sólo llegara agua de refrigeración.

Las repercusiones medioambientales de este proyecto se consideran muy positivas con la eliminación de los efluentes directos e indirectos a la Ría de Huelva por parte de las dos

industrias. Se estima que la reducción de los aportes industriales de todo el Polo Químico a la Ría de Huelva, tras la puesta en funcionamiento del sistema de recirculación de las aguas, fue superior al 95% en contaminantes como fluoruros, arsénico, radionucleidos naturales fosfatos y metales pesados. Esta evaluación se ratifica, al menos en parte, al encontrar que en estos diez años se ha reducido entre cinco y diez veces los contenidos en radionucleidos naturales de los sedimentos superficiales de las rías el Tinto y del Odiel, dependiendo esta reducción del tipo de radioelemento.

En diciembre de 1993, FORET FMC y FERTIBERIA, S.A. solicitaron, a instancia de la Agencia de Medio Ambiente, la autorización de los vertidos generados en ambas empresas. Durante la tramitación de la misma FERTIBERIA, S.A. presentó en marzo de 1995 a la Consejería de Medio Ambiente el "Proyecto de reordenación de vertidos de yeso en las Marismas del Rincón", que modificaba el sistema de deposición de los fosfoyesos utilizado hasta ahora y que preveía la deposición conjunta de los fosfoyesos producidos por FERTIBERIA, S.A. y FMC FORET S.A. El proyecto elaborado por la empresa EPTISA fue diseñado con los siguientes datos básicos de partida:

- Producción anual de ácido fosfórico: 500.000 T/año
- El yeso se transporta al lugar de almacenamiento mezclado con agua, formando una pulpa cuyo porcentaje de sólidos en peso es del orden de 15-20%, y siendo el volumen de agua para un valor medio del 17%, de 13 millones de m³/año.
- Horizonte de vida para una capacidad de almacenamiento de la pila de yeso de aproximadamente 34 millones de m³ (para una altura de 25 m, sobre la cota de explanación): 14-15 años para la capacidad de producción actual.

La zona de apilamiento de los yesos comprende una parcela de aproximadamente 230 ha. En forma resumida las obras consistían en:

- Balsa de yeso que consta de un dique perimetral y como máximo cuatro balsas interiores en las que irá almacenándose el yeso en altura, hasta alcanzar los 25 m. Los taludes de las balsas se construirían con fosfoyesos ya depositados. Cada

balsa consta de un aliviadero de evacuación de las aguas pluviales y las lixiviadas del depósito de yeso.

- Embalse de 16 ha de agua decantada de las balsas construido igualmente con los fosfoyesos ya depositados, desde donde se reiniciaría el retorno del agua hacia la fábrica de FERTIBERIA, S.A.

- Zanja perimetral. Con objeto de asegurar la recogida de aguas procedentes de escorrentía y filtraciones a través de los diques de la balsa de yeso y el embalse

- Sistema de impulsión del agua (estación de bombeo y tuberías de impulsión) para realizar la recirculación del agua almacenada a la fábrica.

Igualmente, el proyecto contempla un amplio estudio geológico-geotécnico de la balsa de fosfoyeso donde se realiza el apilamiento de los fosfoyesos, del cual se realiza un seguimiento temporal para su control.

En octubre de 1995 la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente informó favorablemente dicho proyecto a los solos efectos ambientales y sin perjuicio de los permisos sectoriales que fueron de aplicación, siempre que se cumpliesen una serie de condiciones de revegetación y del establecimiento de un Plan de Vigilancia Ambiental que garantizara el cumplimiento de las medidas correctoras previstas, el correcto funcionamiento del sistema de evacuación y reciclado de lixiviados, el control de la erosión en los taludes, el mantenimiento de las siembras y plantaciones establecidas y la eficacia de la pantalla vegetal.

En diciembre de 1997 se dio por finalizado, prácticamente, el Proyecto y por comenzada la deposición de los fosfoyesos de FERTIBERIA, S.A. y FMC FORET tal como se había previsto en el mismo, desapareciendo los vertidos directos de los fosfoyesos de la segunda empresa a la Ría de Huelva y consiguiendo la recirculación del agua de transporte de los mismos a la primera. Únicamente quedó por incorporar a este circuito cerrado las aguas recogidas en la zanja perimetral, las cuales se incorporaron finalmente en junio de 1998, por lo que este vertido quedó eliminado, y el sistema de deposición de los fosfoyesos contemplado en el proyecto quedó totalmente operativo.

Programa de vigilancia estructural de las balsas de fosfoyeso

En noviembre de 1997, dentro del proceso de tramitación de la autorización de vertido, la Consejería de Medio Ambiente exigió la presentación, para su aprobación, de un "Programa de vigilancia estructural de las balsas de fosfoyesos", cuyo objetivo era hacer el seguimiento adecuado de la estabilidad de la pila de yeso que se fuera formando así como del embalse de regulación. En abril de 1998 se presentó el "Plan de control de la ejecución y auscultación Fase 1-instrumentación", elaborado por la empresa DENION CONTROL Y SISTEMAS, previa campaña de prospecciones y ensayos con el fin de determinar los equipos de medición necesarios para un correcto seguimiento de la estructura de la balsa de apilamiento. Los equipos instalados para realizar el seguimiento fueron inclinómetros, utilizados para detectar una zona de rotura o un plano de deslizamiento, extensómetros que permiten medir movimientos relativos entre la superficie y puntos situados a diferentes profundidades en su interior y piezómetros para medir las presiones intersticiales en el terreno.

En octubre de 2000, una vez que el proyecto de reordenación estuvo en funcionamiento y se había procedido al recrecido de los diques perimetrales a medida que se habían ido depositando los yesos, la empresa EPTISA, a petición de FERTIBERIA, S.A., realizó la revisión de las estimaciones realizadas en un principio, teniendo en cuenta los datos obtenidos hasta entonces, así como la nueva normativa recogida en el Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y Embalses aprobado según Orden de 12 de marzo de 1996, posterior a la redacción del proyecto original.

Para ello se procedió a realizar una segunda fase de auscultación con el fin de re-estimar las características resistentes de los diques y su cimiento mediante la realización de ensayos "in situ" utilizando las últimas tecnologías en la materia. Una vez realizada esta campaña se elaboró el informe "Revisión de la estabilidad de los taludes existentes" cuyo objeto era, por un lado, determinar las actuaciones que debían acometerse a corto plazo para garantizar la estabilidad de los taludes de las instalaciones, y, por otro, definir la geometría final de la balsa de acuerdo con los nuevos datos obtenidos en esta segunda fase de auscultación.

Tras el análisis de la información obtenida se procedió a dividir la balsa en zonas de comportamiento geotécnico homogéneo. En función del margen de seguridad que se obtuvo en cada zona, se propusieron una serie de medidas correctoras a corto y a medio plazo. Por último, se revisó el diseño del apilamiento definiendo una geometría final de la balsa que cumpla con los requerimientos de estabilidad tanto a largo plazo como en todas y cada una de las fases de recrecimiento mediante las cuales se iría evolucionando hasta llegar a la cota de coronación.

En marzo de 2003 se inició por parte de la Delegación Provincial de la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico el expediente de autorización de las instalaciones de vertidos de fosfoyesos de acuerdo con el Decreto 281/2002, de 12 de noviembre, por el que se regula el régimen de autorización y control de los depósitos de efluentes líquidos o de lodos procedentes de actividades industriales, mineras y agrarias.

En noviembre de 2003 el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) emitió el "Informe sobre las medidas que FERTIBERIA, S.A. lleva a cabo en el apilamiento de yesos de las Marismas del Rincón de Huelva en relación con la estabilidad de las balsas y el efecto de una sobreelevación del nivel del fluido en las mismas con motivo de unas lluvias intensas". Este informe fue solicitado por la Dirección General de Costas al amparo del Convenio de "Asistencia Técnica, Investigación y Desarrollo Tecnológico en materias de competencia de la Dirección General de Costas" que tiene suscrito con el CEDEX.

Las conclusiones del estudio, una vez examinada la documentación aportada por FERTIBERIA, S.A. sobre la vigilancia estructural que se estaba realizando y la visita girada a las instalaciones, establece que si se mantienen las normas de funcionamiento y control que figuran en los estudios y planes de vigilancia, los diques se encuentran con los márgenes de seguridad adecuados. Igualmente, se tienen establecidos los resguardos límites adecuados para los niveles de agua en el apilamiento y se está terminando de construir, en estas fechas, una balsa de seguridad o emergencia que permitirá evitar el rebosamiento de las aguas durante la explotación (balsa de la zona 3). Esta balsa de emergencia fue exigida

por la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico en cumplimiento del Decreto 281/2002, anteriormente citado.

Programa de restauración vegetal de las balsas y taludes (zona 2)

Al igual que el Programa de vigilancia estructural de las balsas de fosfoyesos, la Consejería de Medio Ambiente exigió, dentro del proceso de tramitación de la autorización de vertido, la presentación de un programa de restauración vegetal de las balsas y taludes que fue presentado en marzo de 1998, como ya se ha indicado, anteriormente.

Debido a la gran superficie a tratar y la necesidad de compatibilizar las operaciones de vertido y revegetación, los trabajos se realizan gradualmente a lo largo de la vida del apilamiento. El número de hectáreas anuales a revegetar cada año depende del tipo de cubierta vegetal. En las zonas en que se requiere cubierta de herbáceas puede abarcarse mayores superficies, especialmente si se siembra sobre suelos parcialmente preparados con aporte de materia orgánica. En las zonas donde se quiera plantar elementos arbóreos se recomienda proceder de forma más lenta, ya que hay que analizar el tipo de sistema radical de las plantas que mejor se adapte al volumen de suelo disponible.

Por otro lado, se considera conveniente dejar transcurrir un año desde la conclusión de un talud, para dar tiempo al yeso a secar y consolidar, período que se puede aprovechar para la realización de trabajos de campo e invernadero.

Los trabajos debían iniciarse por la superficie de apantallamiento y concretamente por la parte de la parcela orientada hacia el oeste, ya que es la zona más consolidada, seca y de mejor acceso para ejecutar los primeros ensayos de revegetación.

Para la ejecución de los trabajos de revegetación se han utilizado las experiencias de ensayos previamente realizados y las de la revegetación realizada por la Agencia de Medio Ambiente en las Marismas del Pinar.

El tratamiento previsto puede considerarse en los siguientes términos:

- a) Enmienda caliza y aplicación de fangos de depuradora en función de la disponibilidad, hasta un máximo de 100 t/ha.
- b) Sobre el yeso tratado con la enmienda caliza y la aplicación del fango, aporte de 0,4 m de suelo, excepto en los puntos donde se localizan los árboles en que se excavará a 1 m de profundidad y se rellenará con tierra vegetal enriquecida con nutrientes.
- c) Fertilización con abono químico NPK previa siembra o plantación.

La preparación del suelo para siembra y plantación en las superficies horizontales incluyen las siguientes operaciones: escarificado, encalado, adición de fango, aporte de suelo, fertilización, siembra y plantación.

Balsa de seguridad de la zona 3

En la zona 3 no se depositan fosfoyesos desde 1997, aunque existe en esta zona una balsa que almacena agua de recirculación como balsa de emergencia para regular los niveles de líquidos de la balsa de la zona 2. Esta balsa es una exigencia de la normativa de seguridad de balsas. La zona 3 forma parte de los apilamientos de fosfoyesos realizados con anterioridad a 1997 y serán sometidos a restauración como lo han sido las zonas 1 y 4. La balsa de seguridad tiene una superficie estimada de unas 60 ha y una profundidad media de 1,5 metros, por lo que su capacidad se estima en 1.100.000 m³.

Recuperación de las balsas de fosfoyesos en las Marismas de Mendaña (zona 4)

En octubre de 1993, FESA como titular de las concesiones administrativas situadas en la margen derecha de la Ría del Tinto otorgadas por la Dirección General de Costas acordó con la Empresa Pública de Gestión Medioambiental, EGMASA, (Acuerdo de 22/10/1093) la ejecución de una serie de trabajos orientados a la restauración de una balsa utilizada en su tiempo para el vertido de fosfoyesos y situada en las Marismas de Mendaña. El objetivo era realizar ensayos piloto que sirvieran de base para futuros trabajos de restauración de la zona. Tras las actuaciones de EGMASA, el Ayuntamiento de Huelva y FERTIBERIA, S.A. acometieron la revegetación de la zona en la que no actuó EGMASA. La restauración de la zona 4 se encuentra casi finalizada en la actualidad.



A diferencia de la zona 1, en parte de la zona 4 se ha utilizado un sistema de revegetación multicapa. La primera capa base utilizada se deposita sobre la superficie de fosfoyeso, es de espesor variable (40-60 cm) y está constituida por fangos y lodos de excavación procedente fundamentalmente de la construcción en Huelva ciudad. El objetivo de esta capa es la de crear un aislamiento o sellado superficial del fosfoyeso. Estos materiales tienen su origen en los sedimentos depositados por el antiguo cauce del río, no encontrándose, en principio, afectados por la presencia de contaminantes procedentes de la actividad minera. El objetivo de la impermeabilización es evitar tanto la percolación del agua de lluvia como la generación de lixiviados. Sobre esta capa base se deposita una segunda capa separadora

formada preferentemente por Residuos de Construcción y Demolición (RDC). El objetivo de esta capa separadora era evitar también las efluorescencias, que, según las experiencias obtenidas en las áreas regeneradas por la Agencia de Medio Ambiente en las Marismas del Pinar, se producían hacia las capas superiores, y la vez mejorar el drenaje de la capa fértil, que se coloca sobre este aislamiento.

Finalmente, se realiza la cobertura con capa de tierra de entre 0,40 y 1,0 m, que procede fundamentalmente de desmontes de cabezos y excavaciones. Este suelo es bastante heterogéneo en propiedades físico-químicas, siendo en general poco apto para el cultivo, debido a su bajo contenido en materia orgánica. En ésta última capa se han añadido biosólidos procedentes de la EDAR de Huelva, procediéndose a pases de grada que facilitasen su mezcla. Finalmente, se realizó la siembra para la creación de una pradera, formada por distintas especies de gramíneas y forrajeras. La dosis de aplicación de biosólidos ha sido de 300 kg/ha, incluyendo la mezcla aplicada a semillas de las especies: *Agropyrum desertorum*, *Lolium perenne*, *Poa compressa*, *Lolium rigidum*, *Cynodon dactylon*, *Festuca arundinacea*, *Trifolium subterraneum*, *Onobrychis sativa*, *Vicia villosa*, *Medicago lupulina*, *Medicago sativa*. La mezcla pretendía garantizar el éxito en la siembra al ser muy heterogéneo el suelo. Además, se perseguía dar complementariedad entre las distintas especies y épocas del ciclo agronómico. En definitiva esta cobertura perseguía reducir el impacto visual de la zona 4 y evitar procesos de erosión y arrastre.

Otra serie de actuaciones en la zona 4 están relacionadas con la introducción de vertebrados pequeños como conejos y pequeñas rapaces. También y se ha procedido a la instalación de cajas nido para aves; instalación de posaderos elevados para rapaces; instalación de majanos para conejos; y otras actuaciones tendentes a favorecer la introducción de fauna en la zona.

CONCLUSIONES ALCANZADAS EN ESTUDIOS PREVIOS SOBRE LOS APILAMIENTOS DE FOSFOYESOS

Se exponen en este apartado los objetivos y conclusiones de diversos estudios realizados sobre las balsas de fosfoyesos y el impacto ambiental que producen, resaltándose aquí los desarrollados en el marco del Plan de Calidad Ambiental de Huelva, los cuales fueron coordinados por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y en el que participaron la Universidad de Huelva, Universidad de Granada, Universidad Politécnica de Cataluña y el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo de Valencia.

Análisis de las emisiones atmosféricas procedentes de las balsas de fosfoyesos

Dentro del análisis de las emisiones atmosféricas industrializadas, se procedió a la caracterización e identificación de las emisiones de PM₁₀ (partículas menores de 10 micras) y de PM_{2,5} (partículas menores de 2,5 micras) procedentes de la posible resuspensión aérea que se produce en la balsa de fosfoyesos. Los muestreos se realizaron en la misma balsa, junto a las excavadoras que manipulaban el producto en labores de construcción de los taludes de la balsa donde se produce el apilamiento de los yesos en la Marisma de Mendaña. A pesar de la proximidad del muestreo al lugar donde se producía la resuspensión y de la influencia de aportes externos (predominantemente finos), los niveles de partículas en suspensión fueron bajos (PM₁₀ < 100 µg (microgramos) y PM_{2,5} < 50 µg, con base minatural). Los bajos niveles de resuspensión de la balsa se debieron a la granulometría gruesa de los depósitos, a su alto contenido en agua y a su compactación.

La composición química del material resuspendido en las balsas de fosfoyesos contenía sulfato (10 µg/m³), fosfato (0,8 µg/m³) y uranio (< 0,1 ng/m³) y la comparación de éstos perfiles químicos con los obtenidos en los otros focos de emisión no se observó la existencia de un trazador inequívoco de las emisiones correspondientes al material resuspendido de las balsas de fosfoyesos.

Teniendo en cuenta los bajos niveles de resuspensión, la granulometría gruesa de las partículas y, por tanto, su corto transporte y los relativamente bajos niveles de fosfato y

sulfato se descartó que la resuspensión de partículas de estas balsas pudiese resultar en un incremento importante de los niveles de partículas y, por tanto, de los elementos asociados con el fosfoyeso en la atmósfera de la ciudad de Huelva.

Análisis de las afecciones a las aguas superficiales y subterráneas

Se diseñó un muestreo de 8,5 km a lo largo de las cuatro zonas y se analizó si existían lixiviados profundos y lixiviados superficiales procedentes de los apilamientos de fosfoyesos. Los ensayos de la obtención de lixiviados profundos fueron negativos, lo que descartó esta vía de contaminación. Se han encontrado arrastres superficiales de poca importancia volumétrica en condiciones de régimen de mareas vivas que afectan a los taludes en condiciones de pleamar y en particular a la zona 3, correspondiente a apilamientos no restaurados.

Prospectiva del impacto en la Ría de Huelva de la rotura de la balsa de fosfoyesos

El objetivo del trabajo fue prever cuál sería el impacto en la ría de Huelva de la rotura de una balsa de fosfoyesos. La balsa de fosfoyesos contiene aguas ácidas con metales, flúor, fósforo, arsénico y uranio, así como algunos radionucleidos naturales (^{226}Ra , $^{238,234}\text{U}$, ^{210}Po , ^{210}Pb y ^{230}Th), además de sólidos en suspensión, especialmente yeso. La llegada de este agua y de este material particulado en suspensión a la Ría alteraría la química de sus aguas.

El estudio está basado en un modelo numérico. Se elaboró primero un modelo de funcionamiento hidrodinámico de la Ría y se validó mediante datos experimentales recogidos expresamente con este fin, especialmente velocidades de corriente, oscilaciones de la superficie libre, temperatura, salinidad y turbidez. A continuación se elaboró un modelo de dispersión de contaminantes basado en el anterior. Para ello se ha caracterizado la composición y propiedades físicas de los posibles aportes de carga contaminante: agua ácida, fosfoyesos, partículas en suspensión y sedimentos del fondo de la Ría.

En la zona de la Ría cercana a la balsa la salinidad del agua osciló entre 33,2‰ y 35,5‰ durante el periodo de registro de datos experimentales, las cuales son típicas de aguas marinas. Durante las mareas vivas, las máximas velocidades de las corrientes fueron más

del doble que durante las mareas muertas. Un hipotético vertido, quedaría más retenido si se produjera durante el ascenso de la marea y durante un periodo de mareas muertas, y se dispersaría más en el caso de producirse durante el descenso de la marea y en periodo de mareas vivas. Los resultados del modelo de dispersión muestran que un hipotético vertido de la balsa afectaría principalmente a la ría del Tinto, extendiéndose en menor medida aguas arriba del Odiel.

Esta contaminación vendría dada principalmente por elementos como el fósforo, arsénico, flúor, uranio, plomo, y otros metales. Las máximas concentraciones de contaminantes se encontrarían mayoritariamente en la zona del punto de vertido debido a las características del estuario de mezcla completa. Esa hipotética pluma oscilaría con el flujo y reflujo de las corrientes de mareas, pudiendo incluso remontar ligeramente aguas arriba debido a un transporte neto ascendente. La concentración de materia disuelta decrecería muy rápidamente en varios órdenes de magnitud hasta alcanzar valores cuasi-estacionarios (al cabo de dos-tres días). Sin embargo, estos valores de concentración estacionarios obtenidos en las simulaciones siguen siendo altos (un orden de magnitud por encima de la carga habitual del Tinto y del agua marina de la ría) y ello se debe al efecto de estancamiento y a la falta de términos de decaimiento o sumidero. Los resultados de los cálculos muestran también que la contaminación por material particulado (fosfoyesos) y por su disolución no sería significativa, comparada con la producida por el agua ácida de decantación.

Evaluación de la restauración vegetal de la zona de apilamiento de fosfoyesos de las Marismas del Pinar, Huelva

El objetivo del estudio fue la monitorización y evaluación, a lo largo de un año, de la calidad y salud del suelo tras los procesos de revegetación llevados a cabo en las zonas de la Marisma del Pinar, así como el establecer las pautas más adecuadas para futuras actuaciones de revegetación de zonas degradadas tendentes a conseguir la sostenibilidad de este sistema. Para ello, se realizó durante un año un seguimiento de diferentes parámetros indicadores de calidad y salud de suelos, haciendo particular énfasis, por su importancia, en los de tipo microbiológico y bioquímico.

Los datos respirométricos mostraron que la calidad de restauración no fue homogénea. La zona de fosfoyesos (zona 1) aparece como la más deficientemente restaurada; la baja calidad del suelo en esta zona y su escasez serían una de las principales causas.

Se observó que la revegetación con especies pratenses fue más efectiva que con especies arbustivas en cuanto a aportar al suelo unos niveles de materia orgánica y nutrientes que favorecieran la estimulación del desarrollo y actividad de las poblaciones microbianas existentes en el suelo.

La capa de suelo aportada sobre los depósitos de fosfoyesos reduce los riesgos de contaminación metálica derivada de la existencia de los residuos. La zona de terraza de la colina sobre los residuos de piritas es la que presentó un mejor grado de rehabilitación.

Los metales mayoritarios en la parte aérea de las plantas utilizadas en la restauración de esta zona son Cu y Zn. En algunas especies arbustivas y arbóreas analizadas, los niveles foliares de Zn, Cd y Pb están próximos pero por debajo del rango tóxico. Este hecho debe ser tenido en cuenta a la hora de decidir futuros usos de la zona restaurada, ya que debe evitarse que estos metales entren en la cadena trófica.

Por otra parte, se recomendaron distintas intervenciones para favorecer el crecimiento vegetal en las áreas ya restauradas. Las recomendaciones para incrementar la calidad de la restauración se referían a la utilidad de especies pratenses y a la necesaria mejora en cantidad y calidad de suelo (al menos la capa de suelo debería presentar un grosor de 40 cm y de manera ideal 100 cm), siguen siendo válidas tras el análisis de la nueva serie de datos.

Estudio geológico-geotécnico del sustrato geológico sobre el que se depositan los vertidos de fosfoyesos

Se trataba de llevar a cabo la caracterización geológica-geotécnica del terreno natural bajo la superficie de la marisma. Los objetivos específicos fueron:

- Revisión de informes sobre vertidos, balsas y estabilidad de terraplenes, dando recomendaciones, en su caso, en cuanto al plan de vigilancia de la estabilidad que debería tener implantado la empresa.
- Realizar un análisis detallado de la secuencia estratigráfica en una profundidad de 30-35 m, a fin de establecer litología, estructura, niveles freáticos, calidad química del agua y demás aspectos geológicos que puedan incidir, directa o indirectamente en el comportamiento geotécnico.

Se realizó un estudio enfocado a un nuevo análisis de la estabilidad de los terraplenes por una situación de rotura de los terrenos de apoyo (fangos) de las balsas de fosfoyesos. Para ello, se realizaron cálculos mediante un programa de elementos finitos con el fin de establecer modelos más cercanos a la realidad. Además, se realizó un estudio de la sismicidad histórica e instrumental para poder establecer, con mayor precisión, el coeficiente sísmico horizontal adoptado. Se realizaron 4 sondeos con profundidades entre 20 y 25 metros en la zona en la que se asientan los vertidos de fosfoyesos que han permitido, junto con el resto de información disponible, establecer la secuencia estratigráfica general, en la zona objeto de estudio, así mismo dos de ellos fueron utilizados para realizar un ensayo de bombeo y obtener datos de permeabilidad en el acuífero granular que existe en el techo del substrato generalizado del emplazamiento, el cual son margas azules. La formación de margas azules constituye el substrato generalizado del emplazamiento con un espesor estimado de 100 m.

El principal problema geotécnico en la zona radica en la existencia de la capa de fangos, de la que ya se tenía conocimiento. Su desarrollo hasta alcanzar materiales de mayor envergadura (arcillas limosas y arenas; arenas, gravas y cantos o el substrato generalizado terciario) aumenta con carácter general hacia el SSE oscilando el espesor entre 5 y 25 m y variando la profundidad del muro entre 8 y 34 m. Este suelo se puede catalogar como muy blando y deformable, si bien la cuantificación de los asientos deberá realizarse para diferentes modelizaciones del esquema estratigráfico y de posibles sobrecargas, siendo un factor muy importante a tener en cuenta la velocidad con que se producen los incrementos de éstas y la disipación de las presiones intersticiales correspondientes, pues la

deformabilidad supone además que la resistencia a esfuerzo cortante sin drenaje sea muy baja (del orden de 1,5-5,0 t/m²).

Los cálculos realizados para estudiar la estabilidad de los terraplenes frente a la rotura del terreno de apoyo (fangos), muestran coeficientes de seguridad aceptables, tanto sin sismo como con él, ya que los "F" (Factor de seguridad característico ante rotura) obtenidos están por encima de la unidad. Por tanto, los terraplenes se consideran estables frente a la rotura circular del terreno de apoyo.

El sistema de apilamiento proyectado, y que se está llevando a cabo, se consideró seguro en cuanto a la estabilidad de los terraplenes en sí mismos, es decir, sin la influencia inducida que puede derivarse de fallos o deformaciones excesivas en la capa de fangos infrayacente, o de otros agentes causantes como pudieran ser la erosión provocada por las olas y posibles tubificaciones.

Se estimó que el límite de carga en el apilamiento es de 6 t/m² (referido a condiciones sin drenaje). Por tanto, de mantenerse el ritmo de apilamiento que se viene llevando hasta la fecha (del orden de 0,20 t/m²/mes), se consideró que se encontraba del lado de la seguridad en relación con la estabilidad del talud frente a la rotura del terreno de apoyo (VI Informe del CSIC).

Evaluación radiológica de las balsas de fosfoyesos de Huelva

Los objetivos generales de este estudio fueron dos: en primer lugar, caracterizar desde el punto de vista radioquímico los materiales almacenados en estos depósitos de residuos y, en segundo lugar, evaluar su impacto radiológico sobre los trabajadores, el público y el medio ambiente de las cuatro zonas actuales de los depósitos de fosfoyesos. Estas son: zona 1, que es la parte regenerada y cubierta de suelo; zona 2, zona activa actual de vertidos; zona 3, zona inactiva sin recubrir, y zona 4, que se encuentra en proceso de recubrimiento. Para ello se procedió a la toma de una serie de muestras tanto de yeso como del suelo que lo cubre (cuando existe dicha cubierta). Asimismo, se determinaron las dosis externas por radiación ionizante procedente de estos depósitos de fosfoyesos. Para la evaluación radiológica se

realizó una monitorización "in situ" de la radiación externa presente en las cuatro zonas en que se ha dividido para su estudio, y se evaluaron las posibles emanaciones radiactivas (radón-222) emitidas por estos depósitos de fosfoyesos, así como la resuspensión al aire de material fino procedente de las balsas y que tenderá a quedar en suspensión en el aire.

En relación a las concentraciones de actividad de los radionúclidos naturales es de interés indicar que en los suelos utilizados en la cobertura de la zona 1 (restaurada en 1992) son del mismo orden, e incluso inferiores, a las de los suelos típicos de su entorno geográfico. Este hecho demuestra la casi nula migración de radionúclidos desde el fosfoyeso hacia la cobertura en el momento de realizar los muestreos. Para los suelos que se están utilizando en la zona 2 de apilamiento actual (activa) se obtuvieron resultados similares, siendo las concentraciones medias de ^{238}U y descendientes de 20 ± 5 Bq/kg, mientras que para el ^{232}Th y descendientes dichos valores medios fueron algo superiores, unos 28 ± 6 Bq/kg.

Respecto a las dosis por radiación externa recibidas por personas situadas sobre las balsas, se obtuvieron valores similares a los obtenidos en trabajos anteriores por otros centros de investigación. En la zona 1 (restaurada) se ha determinado una dosis efectiva media por radiación externa procedente del suelo (cubierta térrea más fosfoyeso) de $0,31 \pm 0,09$ mSv/año. Este valor es similar, e incluso algo inferior, al medido en zonas no perturbadas de su entorno, y que fue de unos 0,40 mSv/año. Por lo tanto, y como conclusión se puede afirmar que existe el esperable efecto de blindaje de la radiación externa (beta y gamma) emitida por el fosfoyeso por parte de la cubierta térrea vegetal, la cual (unos 40 cm) es suficiente para atenuar la radiación ionizante emitida por el fosfoyeso que se encuentra por debajo de ella. Este resultado también se obtuvo mediante un modelo teórico de cálculo de dosis externas acreditado por la literatura científica.

En la zona 2 (activa) de apilamiento actual se efectuaron 34 mediciones de tasas de dosis efectiva por radiación externa en las localizaciones no cubiertas por aguas de transporte del fosfoyeso (muros separadores, taludes, etc.) y se obtuvo un valor medio para la dosis efectiva externa de $1,63 \pm 0,42$ mSv/año. En la zona 3, área "desnuda" sin cubrir, se obtuvo una exposición por irradiación externa de $2,3 \pm 0,5$ mSv/año, resultado similar al obtenido

en estudios anteriores realizados por otros organismos (en torno a los 2,4 mSv/a). En la zona 2 se ha obtenido una tasa de dosis externa inferior a la zona 3 debido a que la capa de agua existente en la zona 2 (activa) atenúa (blinda) la radiación gamma y beta emitida por el fosfoyeso que está debajo de la misma de forma similar al efecto que produce la capa de suelo de la superficie restaurada: o sea, la fracción de superficie sin cubrir "efectiva" de fosfoyesos es muy inferior en la zona 2 a la existente en la zona 3, la cual está totalmente "desnuda" y pendiente de restaurar.

Con respecto al gas radón-222, gas radiactivo generado por la desintegración del Ra-226 contenido en los suelos y fosfoyesos, se concluyó que las concentraciones medias anuales medidas en aire exterior sobre la zona 2 (punto central de la zona de apilamiento) fue de $13,1 \pm 1,6 \text{ Bq/m}^3$, valor que, desde el punto de vista estadístico y de las incertidumbres experimentales, no es diferente del obtenido en exteriores de Huelva ciudad ($12,6 \pm 2,0 \text{ Bq/m}^3$) y en la zona de Mazagón (El Arenosillo), que fue seleccionada como estación de referencia para establecer el fondo de radiación natural ($11,0 \pm 2,0 \text{ Bq/m}^3$). Los niveles de radón-222 medidos fueron comparables al promedio mundial de 15 Bq/m^3 . La razón de los valores ligeramente más bajos observados en Huelva se debe a que, la brisa marina existente en zonas costeras produce un efecto de dilución del nivel de radón debido a que las masas de aire marítimas contienen menor concentración de radón que las de origen continental.

Como conclusión radiológica, en relación a la exhalación del radón por parte de las balsas de fosfoyeso es, que la influencia directa de la emanación de las balsas de fosfoyesos sobre las zonas cercanas a éstas es muy pequeña y no distinguible del fondo natural de la zona.

El nivel de referencia por debajo del cual no es necesario el control radiológico de los trabajadores frente a la exposición al Rn-222 es 400 Bq/m^3 . Este valor se considera un nivel de intervención, tanto para iniciar acciones de remedio como para aplicar las correspondientes medidas de protección radiológica, en el caso de que una vez realizadas las acciones de remedio no se consiguiera bajar de este nivel.

El tipo de acciones de remedio a aplicar y la urgencia en su implantación dependerán de en qué medida las concentraciones de radón excedan el nivel de referencia propuesto, y tendrán la finalidad de reducir dichas concentraciones a niveles tan bajos como sea razonablemente posible y siempre inferiores al de referencia.

EVALUACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN APORTADA POR FERTIBERIA, S.A.

Como consecuencia del proceso industrial de fabricación de ácido fosfórico para la producción de abonos fosfatados realizado por las empresas FERTIBERIA, S.A. y FORET, se han acumulado en las marismas del río Tinto fosfoyesos generados en el curso de dicho proceso. Diversos estudios indican que los fosfoyesos arrastran metales (Cu, Pb, As, Cr, Zn, U) y radionucleidos naturales de semivida larga (^{238}U , ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{230}Th) procedentes de la roca fosfórica utilizada en la producción de fertilizantes.

La propuesta de actuación presentada por FERTIBERIA, S.A. distingue dos zonas en su proyecto de revegetación que corresponden a las definidas como zonas 2 y 3, en la sección Antecedentes y Situación Actual de este informe. La zona 2 es en la que actualmente se ejecuta el "Proyecto de Reordenación de los Vertidos de Fosfoyesos" y es la zona en la que se produce actualmente el apilamiento de los fosfoyesos, y por ello denominada "zona activa". En la zona 3 se encuentra la balsa de seguridad y antiguas balsas de decantación.

Desde una perspectiva global, la Comisión contempla la problemática de la revegetación de las balsas de fosfoyesos, punto central del proyecto presentado por FERTIBERIA, S.A., no como un conjunto de actuaciones aisladas sino como una "parte" de restauración de un "entorno general" alterado por el depósito de los fosfoyesos. Es decir, la Comisión considera que este proyecto debe estar enmarcado en un modelo general para la zona, elaborado mediante un Plan Estratégico de Recuperación Ecológica y Ambiental, Uso y Gestión. La Comisión ha considerado en la evaluación del proyecto las actuaciones propuestas, así como la salvaguarda de la seguridad de la zona donde se instalan actualmente las balsas de fosfoyesos, tanto desde un punto de vista ecológico como ambiental. Así mismo, la Comisión ha considerado en la evaluación de la documentación las actuaciones específicas propuestas, así como otras perspectivas que deberían tenerse en cuenta para el futuro.

Para llevar a cabo la elaboración del Informe solicitado, la Comisión ha considerado como puntos claves en su esquema de trabajo, los siguientes:

- 1) Asegurar como primera premisa de trabajo, mediante datos aportados en este sentido, la estabilidad y aislamiento de los apilamientos de fosfoyesos depositados en las zonas sometidas a examen; estabilidad estructural (estática y dinámica) del fosfoyeso, posibilidad de agrietamiento, sellado que garantice que no se producirán lixiviados superficiales o en profundidad mediante el paso de contaminantes desde el fosfoyeso a la marisma, emanaciones de radón. La Comisión considera que los problemas de estabilidad estructural no son los mismos en la zona 2, donde se levanta en pirámide truncada de al menos 25 m de altura, que en la zona 3, donde se trata exclusivamente de un "depósito" de fosfoyeso con unos 5 m de altura media. Pero a juicio de la Comisión, en ambos casos se debe asegurar la estabilidad de los fosfoyesos existentes y su reacción frente a posibles inundaciones por fuertes precipitaciones invernales junto con crecidas fluviales o mareales, movimientos sísmicos teniendo en cuenta que la zona es la segunda en nivel de riesgo en España, y la tectónica de la zona.
- 2) Garantizar que las actuaciones que se realicen eviten la contaminación del sustrato subyacente a los fosfoyesos o transferencia de contaminantes a la cadena trófica. La Comisión considera que se debe evaluar en la sección de alternativas la opción de realizar un sellado previo a la colocación del mencionado suelo, mediante la colocación sobre el fosfoyeso de una adecuada capa de arcilla, o cualquier otro aislante que evite el paso de contaminación hacia las capas superiores, sobre el aislante se colocaría una capa de material drenante natural (grava, por ejemplo) para terminar con una capa de suelo de suficiente espesor sobre el que se desarrolle la vegetación y siembra de pratenses. La aportación de pratenses representaría una primera solución al aporte de materia orgánica vegetal al suelo. Se debe estudiar la necesidad o no de impermeabilizar el material en su base para garantizar la estanqueidad de los materiales tóxicos en relación con el medio receptor.
- 3) Garantizar que la revegetación de la zona garantice la mayor riqueza ecológica y funcional posible. La base del proyecto presentado por FERTIBERIA, S.A., particularmente para la zona 3, es la colocación de una capa de suelo de 40 cm de espesor, con la adición posiblemente de una enmienda a base de lodos de depuradora. Dicha capa de suelo se propone que sirva como sostén de una

cubierta vegetal a base de pratenses. La Comisión considera que esta siembra contribuirá a aportar materia orgánica vegetal al suelo y, que ello es positivo para que el suelo gane en fertilidad y favorezca el inicio de los ciclos bioquímicos. No obstante, la Comisión considera que es necesario la introducción de especies de porte leñoso que estén de acuerdo con el entorno natural de la zona y que provea a la revegetación de un mayor valor ecológico.

- 4) Integrar la zona a restaurar en su entorno natural. La Comisión considera que el actual plan de revegetación presentado por FERTIBERIA S.A. debe ser considerado como una fase inicial de tratamiento de la zona, coincidente con un proceso de sellado, impermeabilización y aislamiento global de los fosfoyesos. El esfuerzo inicial es valorado por la Comisión como base a la mejora de la calidad paisajística, pero entiende que se deben realizar otros esfuerzos que garanticen la recuperación permanente de la zona a largo plazo y contribuir como pulmón de oxígeno y sumidero de carbono, con mayor calidad ecológica y ambiental.

Respecto a los documentos presentados por FERTIBERIA, S.A., el documento "Plan de revegetación de la zona 2 del sistema de apilamiento de yeso en las concesiones de la Ria del Tinto" carece de la suficiente información para su correcta valoración, lo cual deriva de que en el momento de la elaboración del mismo se desconocía la geometría final del apilamiento, por lo que no fue posible la definición de detalles. Esta Comisión considera que es necesario reformular dicho documento para su evaluación.

Por otro lado, la información presentada bajo el título "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos", corresponde a la restauración de la denominada zona 3. Este documento ha sido analizado en detalle y se han encontrado una serie de actuaciones que no quedan bien definidas en el espacio o el tiempo, por lo que la Comisión considera que son necesarias distintas mejoras del proyecto. Asimismo, la Comisión considera que es necesario aportar documentación adicional para una mejor evaluación de algunos aspectos del proyecto en relación con la estabilidad de los apilamientos en la zona 3 y la balsa de seguridad situada en dicha zona, ante escenarios de

riesgo ambiental. A continuación se recoge los comentarios pertinentes y al final se emiten una serie de recomendaciones.

Consideraciones de seguridad estructural en la zona 3

El documento presentado por FERTIBERIA, S.A. "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos" no realiza un estudio estructural propiamente dicho del comportamiento de las balsas y se fundamenta en información geotécnica muy escasa, seguramente por considerar la reducida altura de las balsas en esta zona y por disponer de información y estudios anteriores, así como de las experiencias de las zonas 1 y 4.

La Comisión, entiende que el documento debería aclarar los condicionantes de esta zona 3 en relación a las disposiciones del Decreto 281/2002, de 12 de noviembre, por el que se regula el régimen de autorización y control de los depósitos de efluentes líquidos o de lodos procedentes de actividades industriales, mineras y agrarias. El texto debería incluir de forma explícita referencia a la documentación que se estime oportuna para aclarar los aspectos estructurales, con los comentarios y matizaciones que se consideren necesarios. FERTIBERIA, S.A. debe realizar la labor de búsqueda y de filtro del conjunto de la documentación existente, que permita obtener una información concreta para su incorporación en el proyecto. En este sentido, la Comisión entiende que debe quedar perfectamente definido el origen de toda la información que se utilice. La Comisión considera que no se realiza una evaluación de riesgos ambientales que garantice la seguridad futura de la actuación propuesta.

Los aspectos que podrían incluirse y/o complementarse en el documento son los siguientes:

1. Perfil representativo del subsuelo de esta zona.
2. Valores y justificación de los parámetros resistentes a corto y largo plazo de las "Arcillas margosas de Marisma".
3. Valores y justificación de los parámetros deformacionales de las "Arcillas margosas de Marisma".
4. Valores y justificación de los parámetros resistentes y deformacionales de los fosfoyesos.

5. Análisis del efecto del agua en el comportamiento geotécnico de los fosfoyesos como consecuencia de elevadas precipitaciones, descargas del Río Tinto o subida del mar.
6. Estudio de estabilidad sin sismo de las secciones representativas del depósito.
7. Estudio de estabilidad con el sismo de diseño de las secciones representativas del depósito.
8. Análisis del comportamiento del depósito frente a la subida del nivel del mar debido al cambio climático en el marco de los escenarios previstos por la Consejería de Medio Ambiente y los diferentes informes de Panel Intergubernamental de Cambio Climático, en caso de resultar ésta factible.
9. Estudio de la consolidación de las arcillas margosas de marisma por la acción del peso de los fosfoyesos. Estimación de los asientos de consolidación primaria y secundaria y tiempos en los que se producen. Efecto de dichos asientos en los fosfoyesos desde el punto de vista de su integridad (fisuración, roturas, etc.).
10. Análisis del comportamiento de la solución proyectada frente a los asientos esperables y justificación de las soluciones "Monocapa" o "Multicapa" en función de lo que se indica como "problemas geotécnicos" en el proyecto presentado.
11. Aclarar las contradicciones existentes en cuanto a capacidad portante y al tipo de tratamientos del terreno a adoptar entre lo recogido en el Anejo N° 4 Estudio Geotécnico del proyecto presentado.
12. Análisis de la compatibilidad, en cuanto a deformabilidad, de los viales proyectados con el comportamiento de la marisma.

Balsa de seguridad, control de aguas y lixiviados superficiales

El documento presentado "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos" no contiene suficiente detalle con respecto al sellado, impermeabilización y gestión post-clausura de la balsa de seguridad de la zona 3. La Comisión entiende que los citados procedimientos de clausura y mantenimiento del sitio se deben recoger adecuadamente en el plan de restauración. Es necesario definir el tratamiento de las aguas, cómo y cuándo se va a realizar el mismo y cómo se procederá al sellado de la balsa. Dado el volumen de la balsa de seguridad, la definición de estas actuaciones con detalle es de la mayor importancia.

El programa presentado no contiene medidas que indiquen la existencia de control de aguas y lixiviados en la totalidad de las zonas 2 y 3. La Comisión considera que en las zonas 2 y 3, el programa de restauración debe considerar la recogida de escorrentías derivadas de aguas pluviales; con objeto de evitar el riesgo de contaminación del medio ambiente receptor, en particular, en la zona 3, en la que no existen barreras ni dispositivos adecuados para evitar lixiviados y escorrentías a la Ría. Así mismo se considera que se deben realizar estudios que determinen el posible paso de material de los depósitos de fosfoyesos a los fangos subyacentes.

La Comisión considera que no se justifica en detalle la red de canales, su trazado, volúmenes, alcance de los arrastres de fosfoyesos ni el posible tratamiento de esas aguas si fuese necesario, una vez se haya realizado el control de los posibles contaminantes que pudieran contener.

Estudios de alternativas

Aunque en el "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos" se hace un estudio de alternativas, éstas básicamente se concretan en alternativas en cuanto a la altura de la capa de cobertura de tierra y algunas actuaciones puntuales con material de relleno sobre el fosfoyeso antes de la cobertura de tierra. El estudio de alternativas, con sus presupuestos correspondientes y plazos posibles de ejecución, debería contemplar la impermeabilización del fosfoyeso mediante recubrimiento con material sintético o natural. Asimismo la Comisión considera que es necesario conocer las posibles filtraciones laterales y al subsuelo de los apilamientos de fosfoyeso en la zona que linda con la Ría del Tinto, así como conocer si existe transferencia de metales, radionucleidos naturales y otros materiales desde el apilamiento de fosfoyesos hacia los sedimentos subyacentes. El objetivo de incidir en estas actuaciones es garantizar a medio/largo plazo que no habrá impactos del fosfoyeso sobre su entorno. Se debe valorar en términos de plazos de ejecución y coste el uso de un sistema de multicapa, en particular y conforme a la Recomendación 5, un estudio de sellado e impermeabilización de los fosfoyesos.

Revegetación de la zona 3

Aunque la Comisión es consciente de los grandes volúmenes de tierra necesarios para la cobertura de una zona de 211,70 Ha, no deja de considerar que los suelos deben tener una calidad adecuada, y un espesor suficiente que debe garantizar el papel de soporte de la vegetación que se implante. Se considera que para ello, es necesario añadir materia orgánica de calidad, en condiciones adecuadas (no meras adiciones masivas de lodos sin realizar previamente una caracterización al detalle de los mismos). Un buen contenido en materia orgánica favorecerá la fertilidad y productividad del suelo. Lo adecuado sería aportar como suelo un material que mantuviese un contenido en materia orgánica entre 1,5 y 2%. En base a esta premisa, el suelo aportado debería ser analizado previamente y enmendado de forma adecuada. La mezcla de ese suelo con la materia orgánica previo a su depósito daría mayor homogeneidad al suelo tratado.

La colocación de una capa de suelo de 40 cm, como propone FERTIBERIA, S.A., sobre la gran parte de los fosfoyesos situados en la zona 3, no constituye en sí mismo un sellado, ni garantiza la suficiente calidad y espesor de suelo. En este sentido, es por lo que se debe considerar en el plan de alternativas la posibilidad de establecer un mejor aislamiento, con objeto de asegurar condiciones óptimas para las plantas de la cobertura. En caso de que la alternativa de sellado fuese inviable técnica o económicamente, sería necesario establecer un sistema de monitorización del posible paso de metales y radionucleidos naturales, y en general de cualquier contaminante, hacia las plantas con el objeto de impedir su transferencia a la propia cadena trófica.

Un parámetro que se debe controlar obligatoriamente en los suelos que se adicionen es el pH. Dicho valor debe ser mantenido en la parte neutro-básica, entre 7 y 8. Un valor por debajo de 7 puede provocar el paso de elementos tóxicos, procedentes por ejemplo de la propia enmienda orgánica, o procedentes de manera anómala, del propio fosfoyeso. Si los suelos no cuentan con un valor apropiado de pH, deberían ser enmendados con caliza a fin de mantener este parámetro en el espectro señalado con anterioridad. A este respecto se puede utilizar enmiendas orgánicas, que ayuden a mantener el pH o bien, tener prevista una

caliza sobre el suelo soporte. Así mismo es necesario definir las enmiendas de materia orgánica que se prevean utilizar tanto durante el proceso de restauración como en el futuro. Además, el proyecto debe contemplar actuaciones encaminadas a asegurar la fijación del suelo en base a sistemas estimuladores del entramado radicular de las plantas.

Dado que una capa de suelo no tiene carácter sellador es necesario asegurar que no habrá deslizamientos laterales en los taludes que se revegeten.

Cuando se utilice material de relleno en las zonas de restauración en multicapa será necesario definir el tipo de material. La Comisión considera que se debe asegurar que sólo los materiales autorizados accedan a las zonas de revegetación para garantizar un control que evite posibles riesgos medio ambientales y poder garantizar su adecuada gestión, tanto desde el punto de vista del sellado como del posterior mantenimiento del mismo. La Comisión considera que en el "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos" el material de relleno debe quedar bien descrito, y hace hincapié en que deben ser exclusivamente materiales autorizados con el fin de minimizar al máximo cualquier riesgo de tipo medioambiental. Este criterio es válido, por supuesto, si se adicinasen materiales de relleno con la finalidad del sellado argumentado en otros puntos de este Informe.

Con relación a la calidad de la enmienda orgánica que se aporte, la Comisión acepta como posibilidad, la adición de los lodos de depuradora que se producen en Huelva, pues la proximidad a la zona es un aspecto significativo a tener en cuenta. Sin embargo, las adiciones de lodo y su mezcla con el suelo aportado deben realizarse no de forma indiscriminada, sino en función de las necesidades de materia orgánica del suelo soporte, así como de la "calidad" del propio lodo EDAR. Hay que tener presente el cumplimiento del Real Decreto 1310/1990, sobre Aplicación Agrícola de lodos de depuradora (el cual debería tenerse presente, aunque no sea una aplicación agrícola como tal, ya que es poco restrictivo el mencionado Real Decreto), así como el decreto de nitratos en el suelo (170 kg por hectárea y año en zonas vulnerables). El control por tanto en metales pesados, nitratos o radionucleidos naturales, así como en la salinidad que aportan los lodos (controlada

mediante su conductividad eléctrica) debe realizarse para que las enmiendas realicen la labor que se le presume de la mejor forma posible, y evitar riesgos innecesarios.

No debería descartarse la aplicación a los suelos soporte que se vayan a emplear de una enmienda de mayor calidad que los propios lodos. La adición de materiales orgánicos compostados (por ejemplo, los mismos lodos después de ser procesados mediante un proceso de compostaje, proceso aerobio considerado como de "bajo coste", previa mezcla de dichos lodos con un agente estructurante como restos de poda de arbolado de la propia ciudad de Huelva), o bien de otro tipo de compost de alta calidad existente en el mercado, mejoraría la calidad de los suelos soporte con relación a la enmienda simple del lodo de depuradora. Además, la introducción en el suelo de un carbono, más estable como el existente en los lodos, conlleva una menor pérdida de mineralización a la atmósfera de ese C (como CO₂), mitigando así el efecto invernadero, y colaborando a fijar C en el suelo.

La Comisión considera, al margen de las actuaciones específicas de revegetación, que el proyecto debe incluir un plan de vigilancia y mantenimiento de la zona revegetada a medio/largo plazo.

La Comisión considera que las actuaciones relacionadas con la balsa de seguridad en zona 3 se deben considerar, en la sección de alternativas, la posibilidad del establecimiento de un mayor sumidero de carbono. Para ello, una vez vacía la balsa de seguridad, ésta se debe impermeabilizar, rellenar con derivados RCDs o material inertizado, y añadir 1 ó 2 metros de tierra y utilizar la zona para plantar árboles.

Seguimiento radiológico

Una vez realizada la restauración deberá realizarse un estudio para diagnosticar la calidad radiológica final del lugar. El estudio debe incluir información sobre las dosis recibidas por los trabajadores durante las labores de restauración que excluya todo riesgo de exposición significativa. El nivel para la protección de los trabajadores frente a la exposición al Rn-222 en sus puestos de trabajo debe ser inferior o igual a 400 Bq/m³ de concentración media

anual de Rn-222. Este se considera un nivel de intervención, tanto para iniciar acciones de remedio como para aplicar las correspondientes medidas de protección radiológica.

El proyecto "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos" no contempla aspectos de seguimiento radiológico en el tiempo tras la restauración de las zonas 2 y 3, ni posibles impactos radiológicos sobre las actividades futuras que se pudieran desarrollar en la zona. Por tanto será necesario realizar medidas de tasas de exhalación de radón en las zonas que se restauren para garantizar que el flujo de radón hacia la atmósfera no conlleve a incrementos en la concentración de radón en el aire superficial circundante a las balsas. Asimismo, debería realizar durante varios años (al menos cinco) un seguimiento de la presencia de contaminantes procedentes del fosfoyeso en los suelos de la cobertura vegetal (radionucleidos naturales, metales, pH, etc.) como consecuencia de la migración de estos, o por la mezcla directa del fosfoyeso con el suelo como consecuencia de las labores forestales de mantenimiento que se realicen.

El estudio debería incluir una estimación de las dosis efectivas por radiación ionizante recibidas por el público tras la restauración, tomando como base la zona 1, independientemente de los usos de la zona en el futuro.

Otras consideraciones

Los cronogramas de actuación se deben definir con mayor precisión. Es necesario identificar las posibles subparcelas y establecer las actuaciones en el tiempo. Este cronograma de espacio y tiempo permitirá en el futuro hacer un seguimiento correcto de las actuaciones encaminadas a la revegetación de la zona.

En el proyecto "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos" la red de caminos está poco definida y no recoge su longitud o posibles trazados alternativos.

RECOMENDACIONES

A) General

1. La Comisión considera que es necesario completar un plan de recuperación ambiental para las zonas 2 y 3 de las balsas de fosfoyesos de Huelva, definidas en las marismas del río Tinto, para reconducir, en la medida de lo posible, el deterioro ambiental a una situación sostenible con plenas garantías de estabilidad permanente. Dicha actuación se ha de realizar para dotar a la zona de alta calidad ecológica y ambiental acorde con el entorno natural del estuario.

B) Reelaboración del Plan de Restauración de la Zona 2.

2. Elaborar y redactar de nuevo el proyecto "Plan de revegetación de la zona 2 del apilamiento de fosfoyesos" teniendo en cuenta la geometría final prevista de las balsas y las actuaciones de clausura y abandono que se confeccione para estas instalaciones industriales, que debe incluir la acción de impermeabilización y sellado acordes con las características del material depositado y con referencia a la minimización de escenarios de riesgos (subida del nivel del mar debida al cambio climático, tectónica local, riesgos sísmicos, escenarios de precipitaciones invernales elevadas. Así mismo, es de interés que el proyecto en cuanto a los aspectos de revegetación tenga carácter global e integrador con las actuaciones propuestas en la zona 3 y las ya ejecutadas en las denominadas zonas 1 y 4, como modelo de partida en el sentido de generar una zona de gran cobertura vegetal, si bien consideramos que se debe plantear otra composición de especies y distribución de las mismas, diferente a la planteada inicialmente en las zonas 1 y 4, acorde con un modelo de mayor funcionalidad ecológica. La Comisión recomienda que dicho proyecto tenga en cuenta el plan de clausura y abandono de las balsas de las zonas 2 con una evaluación geotécnica que garantice su estabilidad estructural, así como su sellado e impermeabilización. Desde el punto de vista estructural debe quedar bien establecida la estabilidad estática y dinámica de las balsas actuales, y el comportamiento frente a los asientos esperables, es necesario que el proyecto considere las actuaciones que se realizarán en relación con el tratamiento del agua almacenada, el plan de cierre progresivo de la zona norte de la balsa y un cronograma detallado de las actuaciones. El proyecto debe considerar

una actuación realista de alternativas posibles para la restauración ambiental, con una valoración económica y técnica de las diferentes actuaciones propuestas. Por tanto, esta Comisión recomienda la re-elaboración del documento en cuanto a la zona 2 y propone que el nuevo documento se redacte teniendo en cuenta entre otros, los aspectos referentes a las consideraciones de seguridad estructural ya referidas a la zona 3. Así mismo, la Comisión destaca de nuevo que se debe considerar un análisis de riesgos ambientales previsible.

C) Consideraciones Específicas para la Restauración de la Zona 3.

3. La Comisión considera que probablemente la zona 3 no presente problemas con relación a la estabilidad estructural, teniendo en cuenta su situación actual, sin embargo, ello no está detallado de forma concreta en el documento que ha presentado FERTIBERIA, S.A. bajo el título "Proyecto de revegetación de una parcela de 211,70 hectáreas de las balsas de fosfoyesos". La Comisión recomienda que se aporte como Anexo la documentación detallada de la estabilidad estructural y dinámica, conforme a las premisas enumeradas en la subsección "Consideraciones de seguridad estructural en la zona 3" de esta subsección del informe.

4. La Comisión considera que se debe aportar en este proyecto el plan de clausura y abandono de la balsa de emergencia de la zona 3, con un plan de impermeabilización y sellado. Este debe detallar el tratamiento de las aguas. Se debe incluir un cronograma de actuaciones, conforme al Decreto 281/2002.

5. La Comisión considera que es necesario realizar un estudio amplio y detallado de alternativas en la restauración de la zona 3. Se deben realizar los estudios de alternativas pertinentes de sellado e impermeabilización de los fosfoyesos mediante arcillas o elementos sintéticos. Asimismo, se debe considerar en el plan de alternativas utilizar una capa de drenaje antes de depositar el suelo de la calidad y el espesor suficiente para garantizar el crecimiento de la vegetación. Se deben elaborar los correspondientes presupuestos.

6. La Comisión recomienda que las actuaciones de recuperación ambiental de la zona 3 contemple un plan de recogida de aguas de escorrentías superficiales, o sub-superficiales,

que eviten que posibles lixiviados alcancen el medio receptor estuarino, con un plan de control de los contaminantes presentes en ellas de forma que cualquier vertido al medio receptor cumpla la normativa actual.

7. La Comisión considera que el proyecto de recuperación ambiental debe recoger de forma explícita y detallada el cronograma de actuaciones generales, incluyendo detalles de las canalizaciones y caminos en la zona 3.

8. La Comisión considera que uso el pratenses sólo se puede considerar como una acción inicial de revegetación de la zona, que, finalmente debe presentar un paisaje funcionalmente múltiple, donde podrían existir zonas con diferentes tipos de vegetación, desde pastos a arboledas, pasando por matorrales sucesionales, constituyendo un paisaje heterogéneo de grano diferente. Por ello, la Comisión recomienda que además se introduzcan especies de porte leñoso (árboles y arbustos), además de los pastos iniciales, que doten a la zona de mejor calidad ecológica y ambiental, para lo cual sería necesario utilizar un suelo de un espesor mínimo de 1 m y de adecuada calidad. Para zonas que inicialmente se decidan como forestales existen recomendaciones más adelante en este informe (Conclusión 10).

9. La Comisión considera que es necesario un análisis de calidad de los suelos que se aporten y que éstos se corrijan conforme a necesidades de materia orgánica exógena, así como el uso de estimuladores naturales del enraizamiento de las plantas que incremente la estabilidad del suelo frente a precipitaciones intensas.

10. La Comisión considera que en el estudio de alternativas se tengan en cuenta que, la balsa de seguridad en la zona 3, una vez vaciada, sellada e impermeabilizada, se pueda diseñar como una zona de "mayor sumidero" de carbono mediante implantación de árboles y matorrales, con un espesor de suelo adecuado que debe ser de al menos 2 metros. En este caso se recomienda el uso de agentes de sellado, relleno controlado a base de materiales apropiados, y suelo enriquecido con enmienda orgánica exógena "de calidad" que permitirá enriquecer el suelo en carbono no lábil y poco dispuesto a ser mineralizado por los

microorganismos que favorezcan el proceso de enraizamiento y estimulación del crecimiento de las plantas.

11. Se recomienda plantear un modelo general de recuperación ambiental de la zona en su conjunto que permita establecer un plan estratégico futuro de uso y gestión que genere beneficios económicos, ecológicos, medioambientales y sociales en la zona, en un escenario de seguridad tras el adecuado aislamiento de los fosfoyesos con garantía ante cualquier riesgo ambiental. Dicho plan estratégico debe contemplar un plan de control y seguimiento de riesgos ambientales presumibles, tanto para el conjunto del estuario, como para las personas que utilicen los espacios si se decide su uso público.

12. La Comisión considera que, mientras se realizan las labores de clausura, impermeabilización y sellados pertinentes, así como la revegetación de los fosfoyesos, se den los pasos oportunos para que en la medida de lo posible la avifauna del estuario, Reserva de la Biosfera de las Marismas del Odiel, no permanezca sobre los fosfoyesos. Además la Comisión considera que, como norma general, no se incluyan elementos facilitadores de entrada de fauna hasta comprobar de forma efectiva que no existen riesgos para la misma o para la transmisión de elementos tóxicos.

13. La Comisión recomienda establecer medidas para asegurar el cercado de la zona durante la recuperación ambiental del espacio, e impedir el vertido de materiales no autorizados.

14. La Comisión recomienda que el proyecto contemple un plan de mantenimiento y control ambiental en el tiempo de las zonas revegetadas. Este plan complementario tendría por objeto dotar a la zona de un pulmón generador de oxígeno y captación de carbono en un escenario de alta calidad ambiental y ecológica, sin riesgos para la salud humana o de los ecosistemas del entorno. Como parte de dicho plan de mantenimiento se debe incluir la monitorización de los niveles de metales pesados y radionucleidos que podrían alcanzar a las plantas utilizadas en la revegetación y la fauna, en general, de la zona.

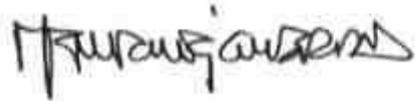
15. Aunque los estudios previos realizados demuestran que los incrementos de los niveles medios de radón en las balsas y su entorno medioambiental no son distinguibles de los propios de fondo en la zona, esta Comisión recomienda establecer un plan de vigilancia en colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear, que asegure que los niveles de radón se mantienen por debajo de los niveles de referencia.

16. La Comisión recomienda realizar una reevaluación de las emisiones de radón siempre que se introduzcan cambios en la actividad que puedan alterar significativamente la exposición y siempre que se obtengan evidencias de que las emisiones se han modificado por cualquier otra circunstancia.

Firmado:



Juan Pedro Bolívar Raya
Universidad de Huelva



Enrique Figueroa Clemente
Universidad de Sevilla



Carlos García Izquierdo
CSIC-CEBAS



José Manuel Martínez Santamaría
CEDEX-Ministerio de Fomento



Juan Luis Ramos Martín
CSIC-EEZ