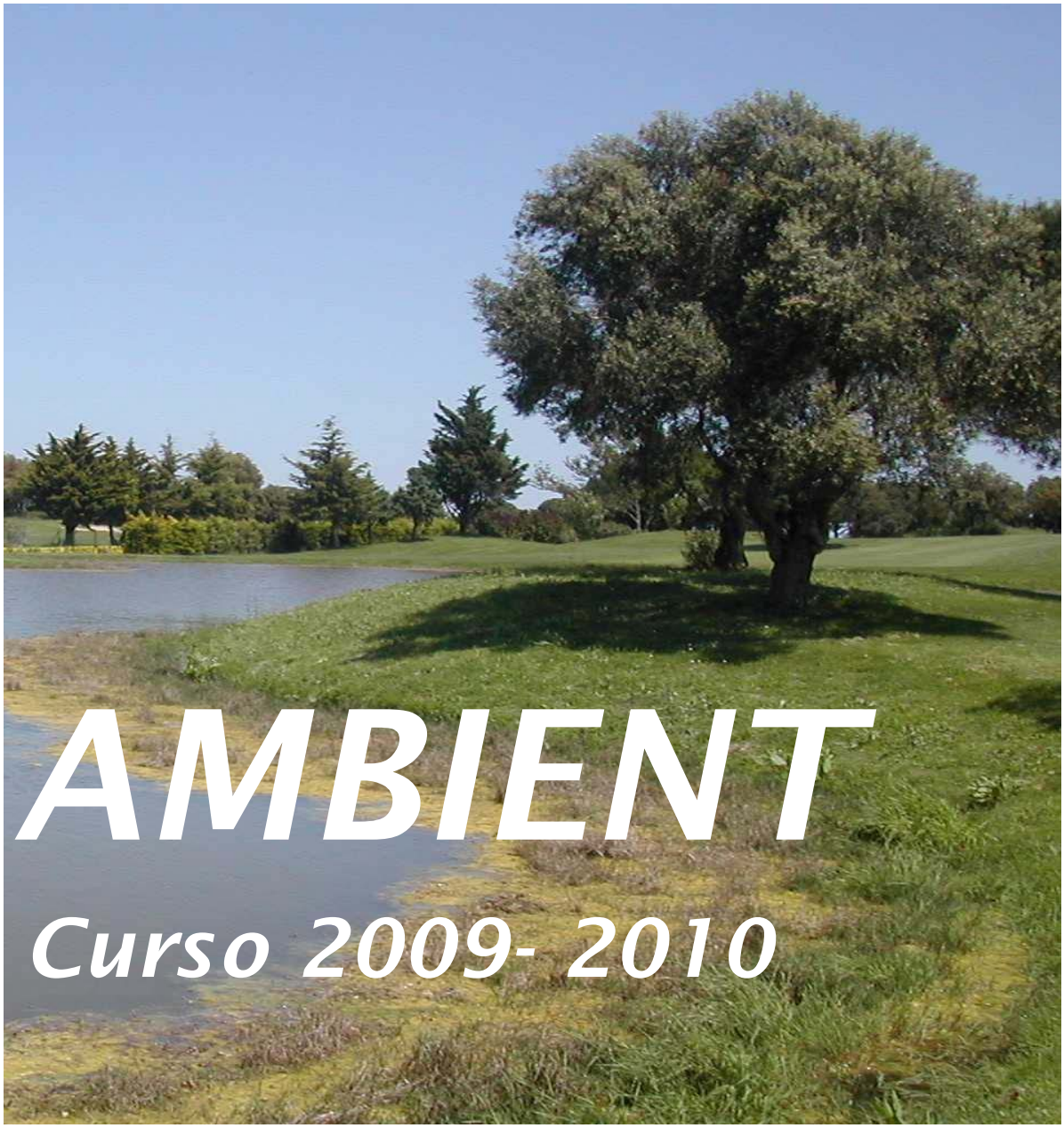
30ª Edición



AMBIENT

Curso 2009- 2010

Sección de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Cataluña

Barcelona, julio de 2010

PRÓLOGO

Con la publicación de este volumen celebramos la 30ª Edición de AMBIENT, una nueva meta en la cita anual de nuestros alumnos con la práctica de la comunicación científica y técnica. Por trigésimo año consecutivo, los alumnos de Ingeniería Ambiental han participado activamente en este ejercicio práctico de la comunicación escrita.

Produce una gran satisfacción comprobar el número creciente de nuestros alumnos que consideran y que aprecian la importancia que la comunicación escrita y oral tendrá en su actividad profesional. La diversidad de trabajos elaborados para esta edición de AMBIENT ilustra el interés y el esfuerzo con que nuestros alumnos han respondido a la convocatoria, adaptando sus escritos al formato digital cada vez más detallado que se les propone.

Este volumen recoge las 16 mejores comunicaciones de las elaboradas por los alumnos de Ingeniería Ambiental durante el curso académico 2009-2010. Las comunicaciones incluidas en este volumen han conseguido una puntuación mínima de 8,0 puntos sobre 10. La revisión y selección de las comunicaciones ha sido realizada por un Comité Técnico formado por los alumnos Ana Plana Casado, Eduard Bargués. Marc Esquius, Mariona Conill, Ulric Celada. El Comité Técnico contó también con una colaboración inicial de las alumnas Raquel Guindulain y Daniela Tudor. Nuestra felicitación a los miembros del Comité Técnico, a los alumnos que han elaborado las comunicaciones y muy especialmente a aquellos cuyos trabajos han sido seleccionados.

Esta 30ª Edición de AMBIENT ilustra la diversidad creciente de los temas que atraen la atención de nuestros alumnos. Esta edición alcance sin duda la mayor diversidad de todas las realizadas, al incluir trabajos dedicados al efecto de los conflictos bélicos en el medio, las alteraciones de la línea de costa, los incendios forestales, las diversas formas de energía renovable, los automóviles híbridos, la contaminación atmosférica en las grandes urbes, las formas de regadío eficientes y los efectos de los subproductos de depuración y de los propios residuos ganaderos.

Esta nueva edición de AMBIENT ha sido publicada en formato digital, tras el lanzamiento de este formato en la edición de AMBIENT 2004. De este modo puede ser obtenida, consultada y distribuida sin utilizar papel. Nuestro agradecimiento a los alumnos por preparar sus trabajos en formato digital.

Gracias de nuevo a todos los alumnos de Ingeniería Ambiental y en especial a los miembros del Comité Técnico por el esfuerzo y el entusiasmo que han puesto para culminar con éxito esta nueva edición de AMBIENT.

Barcelona, julio de 2010.

Rafael Mujeriego
Catedrático de Ingeniería Ambiental.

ÍNDICE

REPERCUSIÓN DE LOS CONFLICTOS ARMADOS EN EL MEDIO AMBIENTE 1

Eloísa Balaguer Berga 1
Jaume Roca Guitart 1

EL RETROCÉS DEL DELTA DE L'EBRE 5

Lluís Garriga Seguranyes 5
Oriol Blanco Roca 5

CONTROL BIOLÒGIC DE PLAGUES, ALTERNATIVA ALS PRODUCTES QUÍMICS 9

Josep Bonet Marcé 9
Aleix Pons Rigat 9

CONTAMINACIÓ DE LES AIGÜES PER PURINS 13

Maria Conill de Azpiazu 13
Laia Ragués Pujol 13

IMPACTO AMBIENTAL DE LA REGENERACIÓN DE PLAYAS 17

Jonás Cuadrado Montaño 17
Miguel Masó Sotomayor 17

EL PAPEL DE LOS CAMINOS EN LOS INCENDIOS FORESTALES 21

Martí Garriga Font
Vicente García Marín

DESERTEC: LA ENERGÍA SOLAR LLEVADA AL LÍMITE 25

Miquel Huguet Aguilera 25
Francisco Rodríguez Prat 25

PELAMIS: LA SERPIENTE DE ACERO 29

Joan Llansó Caldentey 29
Ramon Masachs González 29

CENTRALES SOLARES CON ALMACENAMIENTO CON SALES 33

David Maestro Sáez 33
Manuel Villarroya Marquina 33

LA TRANSFORMACIÓ DEL DELTA DEL LLOBREGAT 37

Juan Pablo Martínez Molina 37

COCHES HÍBRIDOS: COCHES RESPETUOSOS CON EL MEDIO AMBIENTE 41
Marta Ojeda Prim 41
VERTIDOS AL MAR A TRAVÉS DE EMISARIOS SUBMARINOS 45
Daniel Quilez Cierco 45
Laura Torres Asensio 45
EL PROBLEMA DEL SMOG EN MÉXICO DF 49
Juan Pérez Fernández 49
COMPARACIÓ DELS SISTEMES DE REGADIU D'INUNDACIÓ I GOTEIG 53
Josep Maria Tarragó Clivillé 53
Marc Prades Villanova 53
AGRICULTURA ECOLÒGICA: CONTROL DE PLAGUES MITJANÇANT MEDIS NATURALS 57
Joan Antoni Perelló Noceras 57
MINIMIZACIÓN DE FANGOS DE DEPURACIÓN 61
David Pàmies Catalán 61
Daniel Carriquí Porras 61

REPERCUSIÓN DE LOS CONFLICTOS ARMADOS EN EL MEDIO AMBIENTE

Eloísa Balaguer Berga
Jaume Roca Guitart

RESUMEN

Actualmente acostumbramos a relacionar las guerras con daños en la sociedad a nivel de muertes. Pero poco se oye acerca de las consecuencias ambientales que éstas tienen. Bien sean repercusiones a nivel hidrográfico, atmosférico o de contaminación subterránea y superficial, todas ellas son muy dañinas para el medio ambiente.
Actualment acostumem a relacionar les guerres amb danys en la societat a nivell de mortaldat. Però ben poc sentim a parlar de les conseqüències ambientals que aquestes ténen. Ja siguin repercussions a nivell hidrogràfic, atmosfèric o de contaminació subterrània o superficial, totes elles són molt perjudicials pel medi ambient.

INTRODUCCIÓN

Por desgracia, la historia de la humanidad se ha caracterizado por un número elevado de conflictos, pero no ha sido hasta el siglo XX que estos conflictos han adquirido una dimensión desproporcionada. El aumento de riqueza de algunos países ha permitido la investigación y el desarrollo de nuevo armamento hasta llegar a límites que los seres humanos desconocíamos, como por ejemplo llegar a almacenar suficiente material nuclear como para destruir la Tierra 64 veces.

El aumento de ésta capacidad armamentística va asociada al incremento del nivel de destrucción, ya que ésta tiene repercusiones a corto y largo plazo. A corto plazo, obviamente tenemos las muertes de los civiles y militares. A largo plazo, y mucho menos considerado, habrían las consecuencias medioambientales. Éstas pueden ser tan nefastas como las pérdidas humanas dado que pueden llegar a destruir el sustento de un pueblo.

Durante la Guerra Fría, los efectos ambientales de una confrontación nuclear generalizada se convirtieron en materia de pronósticos y especulaciones, ilustrados por el concepto del "invierno nuclear". No sólo las armas nucleares dieron origen a estos temores. El uso del Agente Amarillo y el Agente Naranja como defoliantes durante la Guerra de Vietnam generó un apasionado debate (y algunas investigaciones) acerca de tales efectos toxicológicos y ecológicos. Antes de la primera Guerra del Golfo en 1991, se discutieron los posibles efectos sobre el clima mundial si Irak incendiaba los pozos petroleros kuwaitíes, lo que se convirtió posteriormente en la principal imagen del efecto ambiental de dicha guerra. Desde entonces se han hecho intentos por estudiar y documentar sistemáticamente las consecuencias ambientales de las guerras.

OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo es dar a conocer el abasto de las repercusiones ambientales que tienen los conflictos armados modernos:

1. Dar a conocer las sustancias químicas mas relevantes y sus efectos (agente naranja y uranio empobrecido).
2. Estudiar los efectos de la destrucción de infraestructuras, como por ejmplo pozos de petróleo o derrames químicos.
3. Analizar el impacto físico-químico de la capa superficial del suelo.
4. Describir los efectos de las armas mismas.

DESARROLLO

En primer lugar explicaremos los compuestos químicos de mayor relevancia. El agente naranja es una mezcla de dos herbicidas hormonales. Fue usado como defoliante por el ejército estadounidense en la Guerra de Vietnam. Entre 1961-1971, EEUU roció Vietnam con este compuesto que contiene enormes cantidades de dioxina para defoliar los árboles con objetivos militares. La intención era deforestar el bosque para facilitar el acceso y la visibilidad. La dioxina es uno de los elemntos químicos más peligrosos conocidos por el ser humano según la OMS.

Por cuestiones de negligencia y prisa por su utilización, fue producido con una purificación inadecuada, presentando contenidos elevados de tetraclorodibenzodioxina. Los vietnamitas que fueron expuestos a ese producto químico han padecido cánceres, daños hepáticos, enfermedades pulmonares y cardíacas, defectos en la capacidad reproductiva y enfermedades en la piel y neviosas. Los hijos y nietos de las personas que estuvieron expuestas han padecido graves deformaciones físicas (ver Figura 1), desórdenes físicos y mentales, enfermedades y se

ha acortado la esperanza de vida. Los bosques y selvas en partes enormes del sur de Vietnam fueron devastados y arrasados, puede que nunca vuelvan a crecer y si lo hacen tardarán entre 50 y 200 años en regenerarse. Asimismo, los animales que habitaban estos bosques se extinguieron perjudicando las comunidades que vivían de ellos. En algunas zonas también han sido contaminados los ríos y aguas subterráneas. La erosión y desertización cambiarán el medio ambiente, lo que contribuirá al calentamiento del planeta y al desplazamiento de los cultivos y de la vida animal.

Figura 1. Imagen de niños con deformaciones físicas debido al agente naranja.

Otro residuo contaminante muy extendido es el uranio empobrecido. Éste se obtiene a partir del proceso de enriquecimiento del uranio natural para su uso en aplicaciones militares y en la mayor parte de las aplicaciones civiles. Su gran utilización ha sido debida a la facilidad de penetración en el blindaje y a consecuente inflamación al llegar al interior del vehículo, incinerando a la tripulación o desatando la explosión del combustible o de la munición.

Existe una controversia sobre si las armas a base de uranio empobrecido deberían ser prohibidas por las convenciones internacionales, ya que el uranio se pulveriza en la explosión formando nubes de partículas ligeramente radiactivas que contaminan amplios territorios (ver Figura 2).

Figura 2. Efecto de una explosión de uranio empobrecido.

En 2001 la ONU averiguó que la munición de uranio empobrecido estadounidense contiene plutonio y proviene de plantas de reprocesamiento, no de enriquecimiento, lo que conlleva a una radiactividad más elevada. El ejército estadounidense lo admitió y lanzó medidas para corregirlo.

El uranio posee riesgos químicos debido a su comportamiento como metal pesado en el organismo. Debido a eso puede causar trastornos renales y en la sangre del mismo modo que el plomo o el mercurio e incluso ciertas enfermedades a largo plazo (puede provocar cancer si es ingerido como parte de la dieta o inhalado. Si el uranio empobrecido se encuentra en forma de gas o de polvo y penetra en los pulmones su radiactividad puede ser nociva por actuar en el interior mismo del cuerpo, pudiendo generar cáncer de pulmón.

En cuanto a la destrucción de infraestructura los actuales bombardeos como los de 1991 en Irak estan destruyendo fabricas de químicos, plantas de potabilización de agua como la de Basora y sistemas de drenaje. También es dramático a largo plazo, por ejemplo: la demolición de los drenajes resulta en la acumulación del agua y el consecuente aumento de la salinidad del suelo que afecta a la agricultura. La devastación de plantas químicas, además de las sustancias tóxicas que quedarán esparcidas en el aire dejará al país varios años sin fertilizantes ni pesticidas necesarios para los cultivos. La ONU reporta que, tras la primera guerra en el Golfo, la cosecha de trigo fue atacada por una plaga y se perdió almenos un 40% y el ganado fue devastado por serias epidemias.

Hemos asistido a bombardeos de ciudades, complejos industriales, plantas térmicas y múltiples incendios que incluyen una gran cantidad de pozos petroleros. Está latente la experiencia de conflictos recientes como el de Vietnam donde el uso de potentes herbicidas para destruir las zonas boscosas tuvo y continua teniendo impacto sobre los ecosistemas. Cuando cada bomba explota genera temperaturas sobre 1000ºC lo que junto a la fuerza explosiva no sólo aniquila infraestructura, flora, fauna y personas sino destruye la estructura y composición de los suelos, los que demoran cientos y miles de años en regenerarse. En la reciente guerra de los Balcanes el bombardeo de una fábrica de plásticos y otra de amoníaco lanzó a la atmósfera dioxinas y tóxicos como cloro, bicloroetileno, cloruro de vinilo y otros de impactos directos sobre la vida humana, pero además con impactos residuales en el medio ambiente de la zona afectada.

En el caso de Irak hay que considerar los impactos del derramamiento y la quema

intencional de petróleo (ver Figura 3). El incendio de los pozos petroleros está generando grave contaminación atmosférica, terrestre, de aguas superficiales y subterráneas. Los incendios en 500 pozos de petróleo durante la anterior guerra en el Golfo lanzaron a la atmósfera 3 millones de toneladas de humo contaminante. La nube cubrió 100 millones de kilómetros cuadrados, afectando el territorio de cuatro países, lo cual provocó enfermedades respiratorias a millones de personas. Los derrames mataron a más de 30 mil aves marinas, contaminaron el 20% de los manglares y la actividad pesquera se arruinó. Según el World Resources Institute, los residuos tóxicos en la guerra del Golfo afectarán a la industria pesquera local por más de 100 años a lo que debemos sumar los impactos de la guerra actual y a los ecosistemas agrícolas y la cuencas de los ríos Tigris y Eufrates entre otros, de los que dependen las actividades económicas del país.

Figura 3. Quema de pozos de petróleo en Irak.

Uno de los efectos notados durante y después de la primera Guerra del Golfo fue un aumento de las dunas de arena. Esto se debe a que el desierto en la región normalmente tiene una capa exterior dura o costra, lo que los árabes llaman "la piel del desierto", compuesta de arena y arcilla que han sido cocidas, o sinterizadas, por el calor y el sol. Algunas veces, esta capa es suficientemente fuerte como para soportar a una persona y a veces no, de modo muy semejante a la capa de hielo duro que aparece sobre la nieve en climas más fríos. Bajo la capa, las partículas de arena están sueltas. Aplastada por las orugas y ruedas de los vehículos militares, las explosiones de las bombas y las minas y la excavación de trincheras y murallas, la costra del desierto se rompe y las finas partículas de arena bajo ella quedan expuestas al viento (ver Figura 4).

En la primera Guerra del Golfo, esto causó dunas de arena "rodantes", algunas veces de diez metros de alto y varios kilómetros de largo, que cubrieron caminos y edificios. Las partículas más finas pasaron al aire y causaron problemas ambientales y de salud en el noreste de Arabia Saudí, Kuwait y el sudoeste de Irak. Fueron necesarios entre cinco y diez años para que este efecto amainara.

Figura 4. Paso de vehículos militares por el desierto.

El cinco de noviembre de 2001, la Asamblea General de Naciones Unidas declaró el Día Internacional para la prevención de la explotación del medio ambiente en la guerra y en los conflictos armados, que se celebra el 6 de noviembre de cada año. La Asamblea adoptó esta medida considerando que los daños causados al medio ambiente en tiempos de conflicto armado siguen afectando los ecosistemas y los recursos naturales mucho después de terminada la lucha. Además, los efectos, a menudo, se extienden más allá de los límites de los territorios nacionales y de las generaciones. La Asamblea recordó asimismo la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas, en la que se destacó la necesidad de proteger nuestro entorno común.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) pretende recordar, con esta jornada, la importante destrucción ecológica que causan las guerras: contaminación del agua y de la tierra, daño a los ecosistemas, etc. Según Nick Nutall, portavoz del PNUMA, las zonas que han sufrido una guerra deben preocuparse de la restauración del medio ambiente. De lo contrario, sus habitantes sufrirán las consecuencias durante años después del conflicto.«Para que no se resienta la salud de la población y podamos llevar a cabo un desarrollo sostenible, creemos que es importante insistir en la necesidad no sólo de hacer frente a las cuestiones humanitarias sino a las del medio ambiente a corto y largo plazo», señaló Nutall.

Por último, haremos referencia al ataque más destructivo que se ha producido nunca: la bomba atómica. La bomba lanzada en Hiroshima tenía una potencia equivalente a 20 kilotones, es decir, a veinte veces la explosión de mil toneladas de TNT. Los efectos mortales de esta bomba podían proceder de tres causas distintas: la acción mecánica de la onda expansiva, la temperatura desencadenada y la radiactividad.

El calor generado por la energía liberada se elevó a temperaturas capaces de fundir la arcilla, alcanzando decenas de miles de grados. Este colosal desprendimiento provocó una columna de aire huracanado y a continuación, para llenar el descomunal vacío, se produjo otra onda en sentido contrario cuya velocidad superó los 1.500 kilómetros por hora. El terrible soplo produjo presiones de hasta 10 toneladas por metro cuadrado.

Toda una zona de 2 km de radio se transformó en un crisol, que la dejó arrasada como si un fuego infernal y un viento cósmico se hubieran asociado apocalípticamente. Y en kilómetros a la redonda, incendios y más incendios atizados dramáticamente por un vendaval de muerte. Por los restos de lo que fueron calles, empezaron a verse supervivientes desollados, con la piel a tiras, unos desnudos, otros con la ropa hecha jirones. Los que murieron en el acto, sorprendidos en el punto de la explosión, se volatilizaron sin dejar rastro. Tan sólo alguno, situado junto a un muro que resistió la onda expansiva, dejó una huella en la pared, una silueta difuminada de apariencia humana, como una sombra fantasmagórica, que fue en lo que vino a quedar el inmolado. Otros se vieron lanzados, arrastrados por un rebufo arrollador, y se encontraron volando por el aire, como peleles de una fuerte sacudida por un vendaval. Alguno fue a parar milagrosamente a la copa de un árbol, a muchos metros de distancia de su lugar de arranque.

CONCLUSIONES

Tras haber estudiado algunas de las repercusiones ambientales más importantes de los conflictos armados podemos llegar a las conclusiones que siguen:

1. Una guerra puede llegar a destruir por completo un ecosistema sin posibilidad de regeneración.
2. Una de las afecciones más graves a largo plazo es la contaminación de las aguas de la zona, ya que ésta puede perdurar durante años.
3. Nos hemos dado cuenta de que se han intentado encubrir las afectaciones más graves y a su vez, las que se han aceptado nunca se han indemnizado.
4. Las guerras son nefastas tanto por las pérdidas humanas, como por las consecuencias que acarrean en el medio ambiente.

REFERENCIAS TÉCNICAS

http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/06/02/119362
http://www.project-syndicate.org/commentary/jernelov2/Spanish
http://es.wikipedia.org/wiki/Municio%C3%B3n_de_uranio_empobrecido
http://www.project-syndicate.org/commentary/jernelov1/Spanish

EL RETROCÉS DEL DELTA DE L'EBRE

Lluís Garriga Seguranyes
Oriol Blanco Roca

RESUM

El delta de l'Ebre és un espai protegit de gran interès natural des de fa molt de temps. El seu retrocés és un tema d'actualitat que pot comportar greus perjudicis per a l'activitat econòmica de la zona, així com per a la població de la zona i per a l'ecosistema deltaic actual.
El delta del Ebro es un espacio protegido de gran interés natural desde hace mucho tiempo. Su retroceso es un tema de actualidad que puede conllevar graves perjuicios para la actividad económica de la zona así como para su población y para el ecosistema deltaico actual.

INTRODUCCIÓ

El delta de l'Ebre es troba situat al sud de la província de Tarragona, i va ser declarat parc natural al 1983. És la tercera zona humida més important de tota Europa Occidental i la primera de Catalunya, amb una superfície de més de 320 km2. Les seves especials condicions paisatgístiques i climàtiques afavoreixen la presència de gran varietat d'espècies vegetals i animals. Entre aquestes últimes hi trobem un gran nombre d'aus migratòries hivernants que paren en aquest indret per descansar, i moltes espècies aquàtiques que troben en les aigües del delta un lloc ideal per viure.

Figura 1. Vista aèria del delta de l'Ebre.

En els últims 50 anys s'ha observat un retrocés de la superfície del delta, sobretot en la zona on conflueixen el riu i el mar. La retenció de sediments als pantans és la principal causa del retrocés del delta, ja que l'erosió marina és major que l'aportació de sediments. Altres problemes que afecten al delta són l'enfonsament de la plataforma deltaica per subsidència, l'augment del nivell del mar degut a l'escalfament global de la Terra i la disminució del cabal aportat pel riu.

Els efectes que aquest retrocés provoca són de tipus mediambiental i socioeconòmic. Entre les primeres hi trobem la disminució dels ecosistemes, la pèrdua de biodiversitat, el major risc d'inundacions i la introducció d'una falca salina. Íntimament lligats als efectes de tipus ambiental trobem els efectes socioeconòmics, com ara la disminució de la superfície conreable, el perill per als habitants de la zona i la realització d'actuacions de protecció, amb el cost que aquestes comporten.

OBJECTIUS

El principal objectiu d'aquest treball és donar una visió global del retrocés del delta de l'Ebre. Per a fer-ho analitzarem:

1. Les causes i les conseqüències d'aquest fenomen.
2. Les possibles actuacions que impedeixin el seu retrocés.

RETENCIÓ DE SEDIMENTS ALS PANTANS

Una de les principals causes de la regressió del delta de l'Ebre és la construcció d'embassaments en els rius de la seva conca. Els més antics daten de la segona dècada del segle XX, com els pantans de Talarn o de Camarasa, a la Noguera Pallaresa. Els pantans estan pensats per a l'aprofitament hidroelèctric, la prevenció d'inundacions, els usos agrícoles i el consum domèstic. Malgrat això, la construcció de les preses comporta també la retenció dels sediments que el riu transporta al fons dels embassaments, impedint així que aquests arribin al curs baix del riu i es dipositin a la plataforma deltaica. De totes maneres, no va ser fins l'any 1946 que es va començar a notar un retrocés en el delta; fins aquell moment, segons Terán i Solé, la punta del delta avançava uns 10 metres anuals, però des d'aquella data ha retrocedit ja 2km. Una altra causa d'aquest retrocés va ser que el 1937 es va obrir una nova boca a la desembocadura cap al nord i es va tancar la de més a l'est com a conseqüència d'una gran avinguda. El 1946 coincideix amb l'inici de la construcció dels primers grans pantans a la conca de l'Ebre. Tot i que aquest efecte negatiu és conegut, encara

s'estan projectant més embassaments. Aquest últim fet ens sorprèn: si bé abans la concepció dels embassaments es realitzava únicament atenent a criteris tècnics i econòmics sense tenir en compte els efectes mediambientals contraproduents, ara aquests últims sí que es coneixen i, per tant, s'haurien de considerar en la construcció dels nous pantans.

És un fet que els sediments que actualment baixen pel tram final de l'Ebre constitueixen només al voltant del 1% dels que baixaven fa uns 100 anys. Com a dada, i segons un estudi del Centre d'Estudis Hidrogràfics, entre els embassaments de Mequinensa i de Riba-Roja es retenen el 96% del total de sediments que baixen pel riu, un percentatge elevadíssim. Sense gairebé sediments, el delta és molt més vulnerable, ja que l'erosió marina supera l'aportació de partícules per part del riu i per tant el delta retrocedeix. Aquest fenomen s'intensifica molt més durant els temporals de llevant, on el mar assoleix forces molt superiors que les habituals i ja ha provocat algun any retrocessos de la línia de la costa de més de 100 metres.

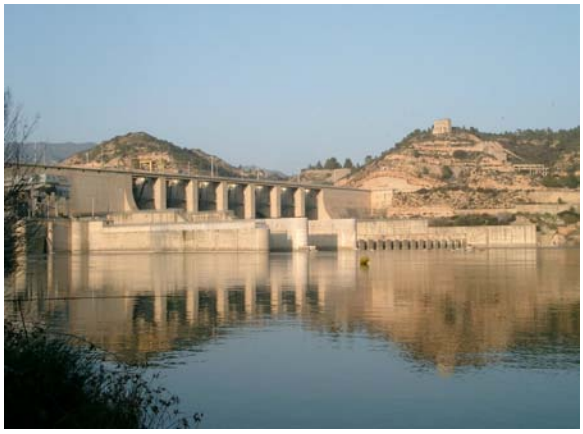


Figura 2. Presa de Riba-Roja.

Un dels motius pels quals es construeixen els pantans és que produeixen una laminació del cabal del riu, fet positiu en èpoques de crescuda. Tanmateix, aquest fet és negatiu en altres èpoques, ja que redueix el cabal natural del riu degut a les pèrdues per evaporació, evapotranspiració i a la pròpia aigua que se n'extreu per al consum humà. Aquesta reducció del cabal comporta també una reducció dels sediments transportats. Per al període del 1960 al 1993 es calcula que el riu ha deixat de tributar al mar gairebé 6.000 hm^3 d'aigua anuals respecte als de períodes anteriors.

ENFONSAMENT PER SUBSIDÈNCIA

Una altra causa del retrocés que ha experimentat el delta de l'Ebre és el fenomen de la subsidència. No és un procés únic del delta de l'Ebre sinó que l'experimenten tots els deltes, és un fenomen normal en la geologia deltaica. Consisteix en l'enfonsament de la plataforma, que es produeix per la compactació, consolidació i dessecació natural dels sediments, efectes potenciats sovint per les activitats humanes com les detraccions d'aigua del subsòl i les activitats agrícoles. Així doncs, per sobreviure a la crescuda del nivell del mar i l'enfonsament, la plana del delta ha de créixer cap amunt a la mateixa velocitat que la suma de la velocitat d'enfonsament més la velocitat d'augment del nivell del mar. Aquesta suma s'anomena pujada relativa del nivell del mar (d'ara endavant, PRNM). Si la superfície del delta no creix verticalment en proporció igual al PRNM, llavors el mar guanyarà terreny al delta.

La subsidència en si no hauria de ser un problema ja que l'aportació de sediments l'hauria de compensar, però el fet que no arribin sediments, juntament amb l'augment progressiu del nivell del mar, impedeix compensar aquest enfonsament. És a dir, que el PRNM és positiu; de fet, s'ha estimat que la pujada del nivell del mar actualment es troba entre 1-2 mm/any, i l'índex de subsidència és de 2-5 mm/any depenent de la zona, així que podem estimar el PRNM com segueix:

$$\text{PRNM}=\text{Subsidència}+\Delta\,\text{Niv.Mar}=7\text{mm/any.} \quad [\text{Eq.1}]$$

L'índex de sedimentació (IS, aportació de sediments per part del riu) al delta de l'Ebre varia des de 0.1 mm a 4 mm depenent de la zona, per tant, el balanç de sediments serà:

$$\Delta\,\text{Sediments}=\text{IS-PRNM}\in(-6.9,1)\ \text{mm/any.} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Com podem observar, el balanç de sediments és majoritàriament negatiu. Cal destacar que abans de la construcció dels grans pantans els índexs del sedimentació eren més alts que el PRNM, variant de 3 a 15 mm/any, és a dir, el balanç de sediments era positiu i es produïa un creixement del delta, mentre que ara hi ha retrocés, sobretot a la zona de la desembocadura del riu, precisament on s'hauria de produir el màxim creixement del delta en condicions naturals. En aquesta situació, les forces marines prevalen sobre els impulsos constructius fluvials i la forma del contorn deltaic pren una altra forma.

S'ha predit que si es manté el dèficit actual de sedimentació, estimat en 1 hm^3/any de materials sedimentaris, en 100 anys podria desaparèixer el 75% de la superfície del delta. El que sí està clar és que si no es canvia aquesta tendència el retrocés continuarà.

AUGMENT DEL NIVELL DEL MAR

L'augment del nivell del mar és l'altra gran causa que està provocant el retrocés del delta de l'Ebre. Aquest augment és degut al desgel del gel de l'Àrtic i l'Antàrtic, que al seu torn està provocat per l'augment de la temperatura de la Terra, fenomen conegut com a escalfament global.

L'activitat humana en els últims 250 anys ha comportat una generació de gasos que s'expulsen a l'atmosfera i que generen el conegut com a efecte hivernacle (sobretot el CO_2). La concentració d'aquest gas s'ha doblat en aquest període respecte el nivell dels últims 650.000 anys. Això intensifica aquest efecte i fa augmentar la temperatura del planeta i per tant el nivell dels mars.

Els deltes, com el de l'Ebre, són zones costaneres, però a més són molt planes, això fa que siguin més vulnerables a l'augment del nivell del mar que altres zones del litoral perquè de seguida queden inundades.

Segons un estudi de la universitat Rutgers de Nova Jersey, el nivell del mar els últims 200 anys ha augmentat a raó de 2-2.5 mm/any. Aquest fet, combinat amb la nul·la aportació de sediments i la subsidència, plantegen un escenari molt difícil per a la supervivència del delta, ja que la seva elevació mitjana és de pocs metres respecte el nivell del mar.

CONSEQÜÈNCIES DEL RETROCÉS

El retrocés del delta de l'Ebre comporta diverses conseqüències, degudes a les causes explicades anteriorment. La principal i més greu és la penetració de la falca salina com a efecte directe de la disminució del cabal del riu. La poca força amb què l'aigua arriba al mar permet a l'aigua salada d'aquest que vagi entrant dins al riu fins a Amposta. La ciutat es troba situada a uns vint-i-cinc quilòmetres de la desembocadura i en èpoques en que el riu porta poca aigua la falca salina pot arribar fins i tot més amunt. La reducció de l'aigua que arriba a la desembocadura s'ha produït per l'emmagatzematge d'aigua als embassaments i per l'increment dels aprofitaments donats en les últimes dècades en les activitats agrícoles, urbanes, industrials i energètiques.

Entre els efectes socioeconòmics, el més important és la disminució de la superfície conreable. El conreu d'arrossars necessita grans quantitats d'aigua dolça pel seu correcte cultiu. Aquest efecte pot provocar grans pèrdues econòmiques a la seva població ja que són els únics cultius possibles en la zona. Això és degut a un alt nivell freàtic provocat pel baix nivell dels terrenys respecte el mar, amb una gran concentració de sals que necessita aigua dolça per combatre aquest excés. Per tant cap més tipus de cultiu que no sigui l'arròs es pot desenvolupar en aquestes condicions de plena inundació, característica que necessita l'entrada d'un cabal continu en la parcel·la de cultiu tal que es filtri al subsòl per contrarestar la pujada de la salinitat. A més d'abocar l'aigua de forma horitzontal cap al desguàs per tal d'evitar l'acumulació d'aigua estancada i garantir una correcta renovació i sanitat agrícola. Així doncs, segons la llarga experiència de cultiu del delta, es té molt clar que en cap cas es pot reduir la dotació d'aigua perquè provocaria una disminució de la producció d'aquest cereal essencial.

Un altre efecte que el retrocés del delta provoca és la pèrdua de biodiversitat. El delta és una zona humida que ha estat parcialment substituïda per arrossars, i el paisatge mixt que formen els dos hàbitats ha permès l'establiment d'una important comunitat d'organismes, sobretot d'espècies aquàtiques i aus. Malgrat això, la disminució de la superfície del delta, combinada amb altres factors com la degradació de l'hàbitat o l'ús massiu de contaminants, està posant en perill aquest hàbitat tan ric.

Les conseqüències de la pèrdua de la biodiversitat no són fàcils de quantificar, però el que sí és segur és que aquestes són negatives, ja que l'existència de biodiversitat és important: tots els organismes vius necessiten dels altres per a sobreviure, però també el sòl, l'aigua i l'aire depenen de la vida del planeta. També suposa una pèrdua de recursos per al futur que, si haguessin estat ben gestionats, no es perdrien. Finalment, el més perillós és que moltes de les conseqüències de la desaparició de la biodiversitat encara no se saben perquè es noten a llarg termini.

Figura 3. Típics arrossars del delta.

POSSIBLES ACTUACIONS

Per tal de combatre el retrocés del delta, hi ha tres grans possibles vies d'actuació: una lluita

frontal contra els agents agressors (actuacions enginyerils "dures"), deixar evolucionar el delta en la situació actual fins a una nova configuració en equilibri amb el mar - ja que la costa tendeix a adoptar una forma que dissipa el màxim d'energia i disminueix l'erosió -, i un model que intenta controlar i suavitzar els agents agressors per tal que el delta continuï sent un sistema viu i dinàmic (actuacions de caire ecològic i enginyerils "suaus").

Actuacions enginyerils dures:

1. En primer lloc trobem la polderització, que consisteix en la construcció de dics al llarg de tota la costa, incloent-hi les llacunes interiors. Així impedim la inundació de la plana deltaica, però el sistema de bombeig constitueix un cost considerable i creixent amb el temps si el nivell del mar continua augmentant.
2. Construcció d'esculleres de protecció de zones erosives, murs de protecció, espigons perpendiculars i dics per minimitzar l'erosió marina
3. Aportacions extraordinàries de sediments per compensar el dèficit de sedimentació. Una opció seria extreure'ls dels pantans de Mequinensa i Riba-Roja i transportar-los per barca, per canonada o per carretera.
4. Desviació de la desembocadura actual del riu per a reforçar zones amb dèficit de sedimentació
5. Barreres anti-sal, fixes o mòbils, per combatre la falca salina.

Actuacions de caràcter ecològic:

1. Per incrementar l'aportació de sediments es pot aplicar el *flushing*. Aquest consisteix en l'arrossegament controlat dels sediments d'un embassament mitjançant el buidat del pantà i posterior erosió per part de l'aigua que arriba d'aigües amunt. Aquesta opció requereix un desguàs de fons del pantà però no necessita la construcció de més infrastructura. Un inconvenient és que buidar el pantà té efectes negatius en els regadius i la producció d'electricitat.
2. Com a sistema d'amortiment en front de l'atac dels temporals i la pujada del nivell del mar, ja s'han generat camps de dunes prop de la costa, i es preveu generar-ne més en un futur proper.

Actuacions de caràcter ecològic:

1. Per combatre la subsidència, s'ha proposat la creació de noves maresmes, ja que aquestes creen sediments orgànics (com la torba) i, a més, serveixen com a hàbitat per les espècies animals.
2. Per lluitar contra la falca salina, es pot fixar un cabal mínim d'estiatge, així com programar episodis periòdics en que el riu porti un cabal superior.

CONCLUSIONS

Després de les exposicions realitzades a la comunicació hem arribat a les següents conclusions:

1. El delta de l'Ebre és un ecosistema a preservar pel seu gran valor mediambiental.
2. L'home és la principal causa del retrocés del delta.
3. El gran nombre de pantans construïts en la segona meitat del s.XX. és la causa principal d'aquest fenomen.
4. El canvi climàtic és la major amenaça que el delta ha d'afrontar en les pròximes dècades.
5. No es pot abusar dels recursos hídrics que el riu ens ofereix ja que aquests són molt necessaris per a la conservació de l'ecosistema deltaic i les activitats econòmiques de la zona.
6. Utilitzar actuacions enginyerils suaus i ecològiques per combatre el retrocés del delta i recuperar el medi ambient que l'envolta.

REFERÈNCIES

http://www.atpyc.es
http://www.rivernet.org/
http://upcommons.upc.edu/
http://www.laflecha.net/
http://www.eumed.net/
http://iagua.es/
http://www.portalciencia.net/
http://www.consumer.es/medio-ambiente/
http://www.ija.csic.es/
John W. Day, Jr. i Edward Maltby (Setembre de 2002). *El Delta del Ebro y el Plan Hidrológico Nacional Español. Un Análisis*
Jordi Galofré (19 de Febrer de 2009). *Mesuras contra el cambio climático en el delta del Ebro*

CONTROL BIOLÒGIC DE PLAGUES, ALTERNATIVA ALS PRODUCTES QUÍMICS

Josep Bonet Marcé
Aleix Pons Rigat

RESUM

El control de les plagues és un dels problemes més importants de l'agricultura. El mètode de control més estès és el control químic. En els últims anys, el greu impacte ambiental i sobre la salut de les persones que provoca aquest mètode i la forta oposició social l'està duent a un segon terme prioritzant la implantació de controls menys nocius, el control biològic.
El control de plagas es uno de los problemas más importantes de la agricultura. El método de control más extendido es el control químico. En los últimos años, el grave impacto ambiental y sobre las personas que provoca este método y la fuerte oposición social lo esta dejando en segundo término priorizando la implementación de controles menos nocivos, el control biológico.

INTRODUCCIÓ

Al finalitzar la Segona Guerra Mundial amb el desenvolupament d'una potent indústria química va proliferar l'ús de productes fitosanitaris. Aquests han provocat un important augment de la productivitat agrícola als països tecnificats. A partir dels anys seixanta i setanta del segle passat es comença a alertar dels problemes que podien causar els pesticides al medi ambient i a la salut de les persones. Com a conseqüència d'això surgeix una consciència ambiental que condueix a un canvi de mentalitat. El 1967 la FAO inclou el control biològic en una manera alternativa d'entendre l'agricultura que defineix com a Producció Integrada. Des d'aquest moment el control biològic s'ha anat introduint en la lluita contra les plagues a la vegada que s'han anat estudiant i obtenint tècniques cada vegada millors.

A l'actualitat els dos mètodes, químic i biològic, s'alternen, però cada vegada els consumidors són més exigents a l'hora de demanar productes als que no s'han aplicat pesticides.. El control biològic juntament amb la no utilització d'abobs químics de síntesi conformen l'anomenada agricultura ecològica. A la Unió Europea està regulada a partir de l'1 de gener del 2009 pel Reglament (CE) 834/2007, que regula les tècniques utilitzades, la producció i l'etiquetatge de productes d'agricultura ecològica.

A la Figura 1 s'observa la diferència de percentatge d'agricultura ecològica a la UE entre el 1994 i el 2002. El verd més intens indica un percentatge més elevat.

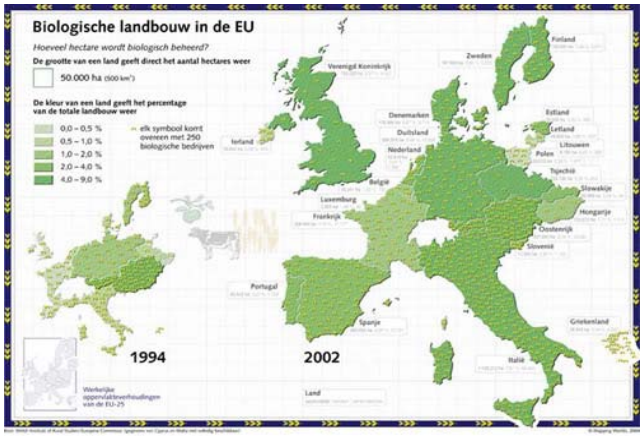


Figura 1. Evolució de la implantació de l'agricultura ecològica a la UE

OBJECTIUS

L'objectiu de l'article és contrastar el control de plagues mitjançant productes químics i el control biològic, que a començat a agafar enbranzida en els últims anys. Per aconseguir-ho fem una breu explicació del funcionament de cadascun dels dos mètodes tot destacant-ne els avantatges i els inconvenients; per acabar fent una valoració genearal conjunta.

CONTROL QUÍMIC

El control químic de plagues consisteix en la repressió de les poblacions o la prevenció del seu desenvolupament mitjançant la utilització de productes químics.

Els compostos químics utilitzats per aquest fi són anomenats en general pesticides o plaguicides. En aquests compostos també s'inclouen els herbicides i fungicides que s'utilitzen per combatre les malalties creades per l'aparició de fongs.

Actualment els insecticides constitueixen un recurs de primera necessitat contra les plagues, ja que, els seus efectes són molt més ràpids que qualsevol altre forma de repressió i, a més a més,

són fàcilment manejables. A la Figura 2 s'observa una forma d'aplicació d'insecticida mitjançant una màquina de motor.

La utilització d'aquests pesticides i insecticides ha jugat un paper clau en l'important increment de la productivitat en els països tecnificats de les últimes decades.

Figura 2. Aplicació d'insecticida.

En els esperançadors inicis dels incecticides moderns fa aproximadament mig segle, es va arribar a pensar en la possibilitat d'erradicar per complet les principals plagues que afectaven els cultius. Desafortunadament després de dècades d'aplicació descontrolada i amb escreix, és clar i notori que les plagues no han desaparegut, ans el contrari, en nombrosos casos s'han empitjorat els problemes.

Per una banda; la utilització dels compostos químics va comportar l'aparició de fenòmens imprevistos. Els exemples més clar són: el desenvolupament de resistències als insecticides i l'aparició de noves plagues.

Desenvolupament de resistències als insecticides. És un fenomen que ens mostra la gran capacitat d'adaptació que tenen algunes espècies. Quan és fumiga amb un producte químic, sempre tindrem algun individu que degut a alguna característica especial sobreviurà a l'aplicació d'aquest. Així doncs, haurem fet una selecció dels individus resistents al producte. L'aplicació successiva del mateix compost acaba generant una espècie resistent a l'insecticida. L'aplicació sense control, és a dir: dosis massa altes – el típic si poc funciona, molt serà millor – i l'aplicació continuada del mateix compost, ja que si en les successives aplicacions d'insecticida es van alternant diferents productes químics és molt més complicat que un individu que sobreviu a un compost també sobrevisqui a la resta.

L'aparició de noves palgues. L'aplicació de compostos químics no només erradica la població de les espècies malaficioses, sinó que elimina gran varietat d'espècies, entre d'altres algunes que actuaven com a controladors biològics d'altres insectes, que en conseqüència, un cop aplicat el producte químic, aquestes espècies es troben sense depredadors i, per tant, les seves poblacions que abans no tenien cap mena d'importància acaben obtenint el caràcter de plaga. També es pot donar el que el propi insecte que teniem com a plaga ressorgeixi amb molta més força degut a l'eliminació d'un depredador natural.

Per altre banda; l'aplicació d'insecticides contribueix de manera molt greu a la contaminació química del medi ambient, ja que, es tracta de productes de gran activitat biològica. Els productes químics tenen un cert temps de permanència sobre el medi en que s'aplica, aquest temps depen de múltiples factors, la composició química, la metereologia, la dosis, entre molts altres. Per aquests motiu cada producte disposa d'unes taules estipulades on s'especifica el periode entre les diferents aplicacions, la dosis òptima i l'interval de temps que ha de recorrer entre l'última aplicació i la collita. L'aplicació descontrolada i els petits intervals entre l'aplicació i la collita poden provocar l'existencia de residus tòxics a la collita. Incrementant els riscos d'intoxicació dels consumidors.

Actualment es disposa d'una gran quantitat i varietat d'insecticides i pesticides amb carcterístiques molt diverses. Milers de nous productes estan essent investigats anualment per aconseguir unes propietats determinades, alguns d'ells després d'anys d'experimentació acaben incorporant-se al mercat.

CONTROL BIOLÒGIC

A partir dels anys 70 ja hi ha una clara consciència, avalada per varies estimacions, que les pèrdues de collita per acció de plagues, malalties i males herbes havia augmentat a la segona meitat del segle XX tot i haver augmentat considerablement l'ús de productes fitosanitaris. A més, en aquest període es comença a saber que l'ús de pesticides perjudica la salut de les persones i el medi ambient. És per tot això que es desenvolupa una creixent activitat d'investigació científica, basada fonamentalment en l'ecologia, orientada a conèixer millor els nostres agrosistemes i a millorar l'eficàcia de mètodes de control de plagues alternatius als pesticides. Entre aquests el control biològic ha ocupat un lloc preferent.

La definició més recent de control biològic diu: "el control biològic és l'ús de parasitoides, depredadors, patògens, antagonistes i poblacions competidores per suprimir una població de plagues, fent aquesta menys abundant i, per tant,

menys perjudicial que en absència d'aquests" (Van Driesche i Bellows 1996). En el control biològic de plagues, la població d'enemics naturals depèn de la població de plagues de manera que si la població de plagues augmenta, la d'enemics naturals també ho fa, totes dues poblacions estan, per tant, en equilibri.

Cal tenir en compte que la majoria d'insectes i àcars herbívors perjudicials pels cultius agrícoles no arriben a tenir densitats que els malmetin gràcies a l'acció dels seus depredadors, els anomenats enemics naturals. A la Figura 3 podem observar com una larba (enemic natural) s'esta alimentant de pugo (plaga). El control biològic, per tant, s'utilitza quan l'equilibri de l'ecosistema autòcton es trenca per intrusió d'una espècie exòtica o per una acció que interfereixi l'activitat dels enemics naturals.

Hi ha tres estratègies bàsiques de control biològic, importació (o control biològic clàssic), increment i conservació. La importació consisteix en la introducció d'una enemic natural pel control d'un agent exòtic perjudicial. Ha sigut la tècnica més utilitzada contra plagues introduïdes en noves àrees i establertes de forma permanent sense un enemic natural associat. El principal avantatge d'aquest mètode és la seva alta rendibilitat, la seva relació eficàcia/cost s'ha estimat en 30:1 (Cate, 1990), la més alta en qualsevol sistema de control de plagues. El principal desavantatge és que aquesta importació d'una espècie exòtica pot alterar l'ecosistema autòcton i podria provocar desplaçaments dels enemics naturals natius. Cal fer, doncs, un estudi ecològic previ per evitar aquest fet.

L'estratègia de l'increment s'utilitza quan hi ha absència de control natural o es troba a nivells massa baixos per a ser efectius. Consisteix en augmentar artificialment la població d'enemics naturals per a reduir la població de l'agent malfactor. Es pot dur a terme mitjançant dos mètodes: la inoculació, que consisteix en la alliberació inoculada d'una espècie perquè colonitzi la zona durant el temps de permanència del cultiu, té finalitat preventiva; la inundació, en canvi, té un objectiu curatiu i consisteix a alliberar un gran nombre d'enemics naturals per disminuir la densitat de patògens en un moment determinat.

L'ultima estratègia, la conservació, és la menys estudiada però és la que té un menor impacte sobre l'ecosistema autòcton. Consisteix a manipular les interaccions de l'agrosistema a fi d'afavorir l'eficàcia dels enemics naturals autòctons. Es fa reduint els factors que limiten l'activitat dels enemics naturals o proporcionar-los els recursos que necessiten al seu medi ambient. Per a dur-la a terme és necessària la presència d'un enemic natural natiu així com un coneixement avançat de l'ecosistema de la zona.

Figura3. Larba alimentant-se de pugo.

Els avantatges del control biològic (Tejada 1982, Summy and French 1988) són:

1. Poc o cap efecte nociu col·lateral dels enemics naturals a altres organismes, inclòs l'home.
2. La resistència de les plagues al control biològic és molt rara.
3. El control biològic és sovint a llarg termini però permanent.
4. El tractament amb insecticides és eliminat substancialment.
5. Relació cost/benefici és molt favorable.
6. Evita plagues secundàries
7. No hi ha problemes d'intoxicacions.

Entre les limitacions podem citar:

1. Ignorància sobre els principis del mètode.
2. Falta de suport econòmic.
3. Falta de personal especialitzat.
4. No està disponible en la majoria de casos.
5. Problemes amb llindars econòmics baixos.
6. Enemics naturals més susceptibles als plaguicides que les plagues, sovint incompatibilitat amb pesticides.
7. Els enemics naturals s'incrementen amb endarreriment en comparació amb les plagues que ataquen, motiu pel qual no donen una supressió immediata.

Els majors èxits en aplicació del control biològic es dónen amb plagues importants i en àrees extenses. En termes econòmics, els beneficis, quan n'hi ha, són tan escepctaculars com els ecològics, el rendiment en control biològic clàssic és de 30:1, mentre que amb control químic és de 5:1 (DeBach 1977, Hokkanen 1985).

Els fracassos s'han obtingut per manca de planificació i pobre evaluació dels enemics naturals abans de la introducció. En alguns casos s'ha provocat l'extinció d'altres espècies.

CONCLUSIONS

Tots dos mètodes de control tenen el seus avantatges i els seus inconvenients. El greu problema que ha tingut l'aplicació dels productes químics ha estat l'aplicació sense cap mena de control ni coneixement, que ha desenvolupat en multitut de desastres, en la majoria dels casos relacionats amb la contaminació. El control biològic en canvi, s'esta implementant en una època on la informació és molt més accessble i la legislació en controla molt més la utilització. No hi ha tant de descontrol en la seva aplicació i, per tant, hi ha més dificultats d'arribar a tenir un desatre mediamiental, tot i que, com la gent desconeix, també són possibles.

Des del punt de vista del consum de productes del camp, és molt més recomanable el control biològic, ja que no hi ha cap mena d'aplicació de productes tòxics sobre els aliments, evitant així intoxicacions accidentals pel consum de productes tòxics, i la collita és podrà realitzar en qualsevol moment, sense haver de tenir en compte els plaços que ens imposa el control químic.

L'aplicació del control biològic és molt més costós i requereix una atenció constant de la plantació. A diferència de l'ús de plaguicides, en que la seva aplicació té la missió d'eliminar la plaga que afecta la plantació, cal fer una lluita preventiva i, en consequència, si una plaga arriba al cultiu difícilment podrem salvar la collita.

En definitiva, es conclou que el control biològic és molt més adequat pels següents motius:

1. Inicialment és molt més costós, però a llarg termini és molt més rentable.
2. Cal formació i estudis de cada cas en concret per aplicar els tractaments pertinents.
3. No es necessiten aplicacions successives del producte perquè els insectes no agafen resistències.
4. S'autorregula la població entre l'insecte patògen i l'insecte introduït.

Malgrat tot, és inevitable la utilització de productes químics en casos que la plaga arriba per sorpresa a la plantació per a poder salvar-la.

RECOMANACIONS

Extretes les anteriors conclusions s'ha considerat oportú aportar les següents recomanacions a tenir en compte per millorar el control de les plagues:

1. Caldria fer un major esforç des de l'administració i els agents involucrats en l'agricultura per formar els agricultors per a la correcta i eficaç aplicació del control biològic de plagues.
2. S'hauria d'incrementar l'oferta de productes per al control biològic i fer-la accessible econòmicament als petits agricultors perquè se'n puguin beneficiar.
3. Caldria estudiar a fons la interacció dels pesticides amb el control biològic de plagues amb l'objectiu que, si cal, puguin ser complemantaris.

REFERÈNCIES

http://www.infoagro.com/abonos/control_biologico.htm

http://www.monografias.com/trabajos29/control-plagas/control-plagas.shtml

http://www.floresalud.es/wordpress/?p=29

http://es.wikipedia.org/wiki/Control_biol%C3%B3gico

http://www.recercat.net/bitstream/2072/4643/1/Biodiversidad_Funcional.pdf

Immaculada Rodrigo Coll (professora) i Ignacio Boix Madado (enginyer tècnic agrícola). *Control de plagas y enfermedades en jardinería.*

Oscar Alomar (Departament de Protecció Vegetal, IRTA-Centre de Cabrils) i Ramon Albajes (Centre UdL-IRTA, Universitat de Lleida). *Control Biológico de plagas: Biodiversidad funcional y gestión del agrosistema*.

CONTAMINACIÓ DE LES AIGÜES PER PURINS

Maria Conill de Azpiazu
Laia Ragués Pujol

RESUM

La polèmica que sorgeix de l'abocament de purins ens dóna peu a estudiar les causes i els problemes que generen, com és la contaminació d'aigües.
La polémica que surge del vertido de purines nos da pie a estudiar las causas y los problemas que se producen, como es la contaminación de las aguas.

INTRODUCCIÓ

La localització de les granges al territori català ha variat al llarg del temps. Antigament, estaven distribuïdes de manera força uniforme i la seva integració amb el medi ambient era gairebé absoluta. En aquells temps, els residus produïts en les granges eren preuats ja que s'utilitzaven com a adob pels camps. A partir dels anys seixanta es va produir un augment de la demanda dels productes derivats de la ramaderia intensiva, la qual patí un creixement extraordinari. Això va provocar una activació de l'economia agrària, però també un augment important dels residus generats pels animals de les granges.

El purí es defineix com el producte líquid constituït per una barreja de dejeccions sòlides i líquides, i per restes de jaç i de productes d'alimentació animal, en quantitats variables, generalment amb un contingut d'aigua superior al 85% en pes. El seu emmagatzematge és complicat degut al gran volum que ocupen. Pel mateix motiu, s'incrementen força els costos en l'aplicació al camp i en el transport.

OBJECTIUS

L'objectiu principal d'aquest article és posar sobre la taula el debat que genera la problemàtica existent amb la producció massiva de residus ramaders. Més concretament:

1. Analitzar la transformació que pateix el nitrogen que desprenen els purins en el sòl.
2. Analitzar les conseqüències sobre les aigües subterrànies i superficials.
3. Analitzar els efectes que causen els nitrats sobre els consumidors.
4. Estudiar les possibles solucions al problema d'excés de purins.

FONAMENT TEÒRIC

El purí actua com a adob només en el cas que la dosi aplicada aporti al sòl una quantitat d'elements fertilitzants inferior a les necessitats del cultiu més immediat. En cas contrari, el purí esdevé un residu ja que no pot ser completament aprofitat i satura la terra de fertilitzant. El procés que es segueix és el següent: els purins dipositats al sòl desprenen nitrogen que és absorbit per les plantes (ja que és un nutrient essencial per a elles). En principi, aquest nitrogen absorbit hauria de ser substituït per assegurar la fertilitat del sòl, però quan ens trobem amb excés d'adob, es filtra cap a les aigües subterrànies. El nitrogen es troba en forma de ió nitrat i de ió amoni. El caràcter catiònic del NH_4^+ facilita la seva retenció per part de les partícules argiloses del sòl, però els nitrats percolen ràpidament i/o són arrossegats per les aigües de la pluja cap a les aigües subterrànies i superficials.

RESULTATS I DISCUSIÓ

L'acumulació de grans quantitats de purins en les proximitats de les granges deixa de ser un mètode de fertilització beneficiós per a convertir-se en nociu provocant alteracions en l'orgànica del sòl, destrucció de la vegetació, molèsties pels veïns (males olors, proliferació de mosques i gasos perillosos que poden entrar en combustió) i la contaminació de les aigües. En aquest apartat farem èmfasi en aquesta última conseqüència.

L'aplicació inadequada de purins al sòl provoca la contaminació de les aigües per nitrats (contaminació difusa de les aigües). Els nitrats resulten tòxics per als peixos; una concentració de 0,2 - 0,4 mg/l mata el 70 % d'una població de truites.

La gran quantitat de fosfats i nitrats que contenen els purins constitueix la causa més important d'eutrofització dels llacs i embassaments o creixement massiu de les algues. Aquest fenomen es produeix quan l'aigua rep gran quantitat de nitrogen i fòsfor. Les algues, que fan servir aquestes substàncies com a nutrients, es proliferen desmesuradament i l'aigua esdevé tèrbola i verda. Per descompondre totes les restes de les nombroses algues que van morint, els bacteris descomponedors han de consumir molt d'oxigen, que aviat és insuficient.

La falta d'oxigen provoca la mort massiva dels peixos, de les algues i d'altres organismes que viuen a l'aigua. En aquestes noves condicions, es multipliquen els microorganismes anaerobis que descomponen la matèria orgànica sense necessitat d'oxigen però desprenen metà, àcid sulfúric i altres substàncies d'olor i gust desagradable, i de vegades tòxiques.

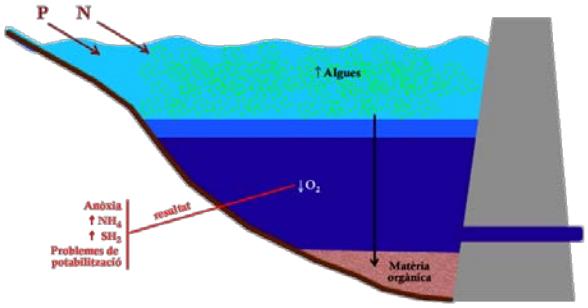


Figura 1. Esquema dels efectes de l'eutrofització en embassaments.

A més, l'excés d'adob a la terra pot comportar també una acumulació de coure i zinc al sòl per damunt dels valors desitjables. L'aigua amb continguts superiors a 1 mg/l pot embrutar amb coure les robes i objectes rentats amb ella i continguts per damunt de 5 mg/l l'acoloreixen i li donen un sabor desagradable. Per altra banda, l'excés de zinc a l'aigua en grans quantitats pot provocar atàxia, letargia i deficiència de coure.

Moltes de les substàncies tòxiques que arriben a l'aigua i determinats microorganismes poden comportar problemes de salut per a les persones que utilitzen aquestes aigües per banyar-se o per beure. La flora i la fauna de l'ecosistema aquàtic també es veu afectada per les substàncies contaminants. Algunes de les malalties provocades pel consum d'aigües contaminades més usuals són la micosis, afeccions gastrointestinals, otitis, infeccions urinàries, conjuntivitis, etc.

La gestió de les dejeccions ramaderes es fa mitjançant el sòl, usant els purins com a fertilitzant. Però cal procurar no utilitzar els purins en excés a l'hora adobar la terra per tal d'impedir infiltracions, donat que aquestes poden provocar la contaminació de les aigües subterrànies.

Els pagesos han d'evitar l'abocament de purins a l'aigua i gestionar-los correctament. L'excedent de purins es pot recollir i emmagatzemar en bases especials, o bé es pot portar a centres de reciclatge de purins on fan adobs i terres per a jardins i conreus a partir dels purins.

Una altra opció consisteix en variar l'alimentació del bestiar per tal de minimitzar l'excreció de fitonutrients i metalls pesants en els purins, fent-los així menys contaminants.

A continuació exposem un seguit de solucions per intentar reduir la contaminació general del medi ambient:

1. Una de les solucions consisteix en instal·lar una planta d'obtenció de biogàs, altrament dit biodigestor, a cada explotació porcina. Com podem veure en la Figura 2, es produeix biogàs per transformar-lo en energia elèctrica i en energia tèrmica. El biogàs és una barreja de gasos produïts gràcies al procés de digestió anaeròbica de purins o altres subproductes orgànics que consisteix en la introducció de la matèria orgànica dins de grans fermentadors.

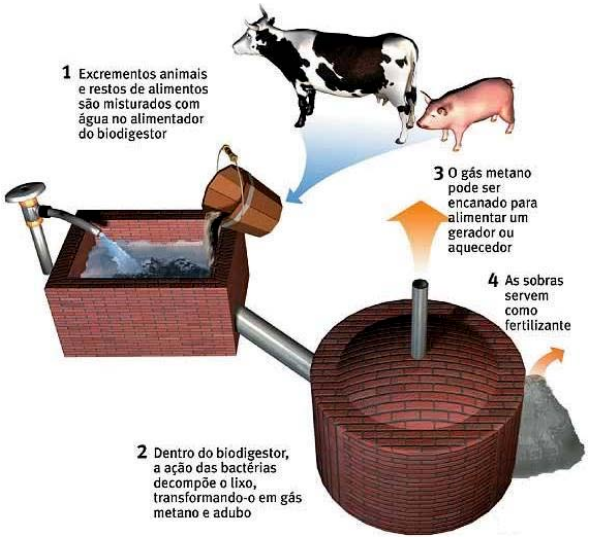


Figura 2. Esquema il·lustrat d'un biodigestor d'on s'obté el biogàs.

Dins d'aquests la matèria orgànica es descomposa biològicament de forma natural. Està format per metà (CH_4) i diòxid de carboni (CO_2), i petites proporcions d'altres gasos com àcid sulfhídric (H_2S), hidrogen (H_2), amoníac (NH_3), nitrogen (N_2), monòxid de carboni (CO), i oxigen (O_2). Com podem observar en la Figura 3, el fet que s'obtingui de la biomassa, li dóna caràcter d'energia renovable i neutre en quant a emissions de gasos d'efecte hibernacle. Es minimitzen considerablement les olors i es millora el valor final dels residus. A més, té un avantatge afegit: la reducció de les emissions de metà que expulsen els animals, un component 20 vegades més contaminant que el CO_2.

2. Una altra possible solució és la proposada per l'investigador Dimitri Muraviev i el seu equip, del Departament de Química de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Consisteix en un sistema de tractament integral dels residus porcins. El nou sistema es basa en un tractament tecnològic integrat i interconnectat de l'aire, el líquid i el sòlid que

expulsen els purins. Pel que fa al tractament de l'aire, aquesta etapa pretén reduir la quantitat d'aire contaminat a l'interior de les granges i les emissions que es desprenen de l'emmagatzematge de l'adob mitjançant un filtre de pols i un altre amb amoníac, que contribuirà a crear fertilitzant líquid. La part més important del procés, però, la constitueixen les fases relatives al tractament líquid de residus. En concret, inclouen un sistema de neteja a través d'aigua, un reactor anaeròbic, un separador d'aire, un cristal·litzador de fosfats i diferents biofiltres. A través de les diferents etapes, que es caracteritzen per l'elevada eficàcia de separar els residus de la part aprofitable dels purins, els excrements de porc separen les seves parts contaminants. La resta, que es pot reutilitzar, es transforma en fertilitzant.

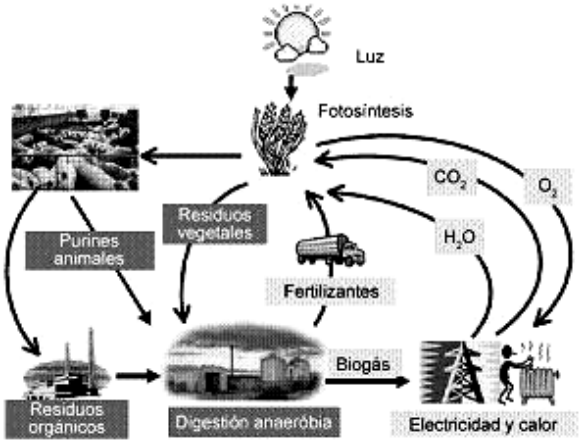


Figura 3. Representació esquemàtica del cicle sostenible de la digestió anaeròbica de purins i altres residus orgànics.

3. Podríem tenir en consideració la combinació del procés físico-químic anomenat stripping amb la digestió anaeròbica (procés biològic). L'objectiu és aconseguir un producte ric en nutrients (N) i lliure de matèria orgànica. El stripping d'amoni és una desorció per arrossegament amb aire, de manera que es transmet l'amoni des d'un corrent líquid a una fase gasosa. La transferència depèn de la relació entre els cabals d'aire i líquid, així com de la concentració d'amoni; l'equilibri entre les espècies d'amoni ($NH4^+$, no volàtil) i amoníac (NH3, volàtil) està controlat pel pH i la temperatura, tal com podem veure en la Figura 4. El stripping és una operació relativament senzilla i estable si el pH i la temperatura es mantenen constants.

Aquest procés no produeix materials residuals ni tòxics que puguin alterar un sistema biològic o el medi ambient.

CAS CONCRET

La comarca d'Osona és la més important de Catalunya en relació a la producció agroalimentària i ramadera. Té una concentració de bestiar porcí de les més grans d'Europa. La forta demanda càrnica ha potenciat el seu creixement. Actualment, la comarca està catalogada com a zona vulnerable per la seva alta producció de fems i purins (segons dades del Grup de Defensa del Ter). L'abocament descontrolat dels purins han contaminat gairebé el 90% de les fonts i els pous d'Osona, superant els 50mg/l de nitrats (límit superior fixat per la OMS).

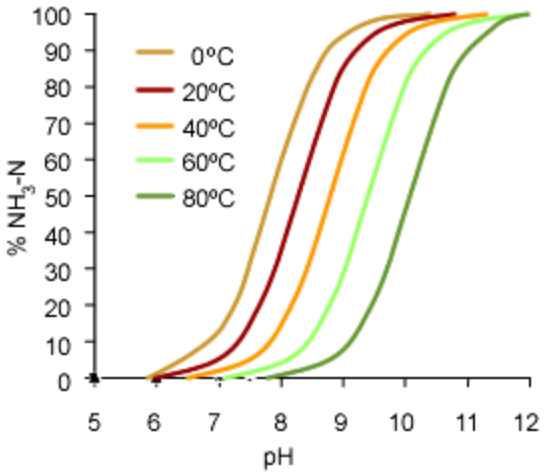


Figura 4. Dependència del percentatge de recuperació de nitrogen amoniacal en la columna de stripping amb el pH i la temperatura.

Per donar solució a aquest problema concret, s'ha pensat en la possibilitat de fer un tractament individualitzat (particular de cada granja) dels purins. D'aquesta manera, amb petites plantes d'obtenció de biogàs mitjançant el procés de digestió anaeròbia, es podria aprofitar l'energia obtinguda tèrmicament i l'efluent restant serviria d'adob.

A Catalunya, el Govern ha elaborat un pla amb l'objetiu que el 2012 el 10% dels purins porcins siguin reconvertits en gas. Per a això estudia l'obertura de 24 plantes en aquelles zones de més activitat ramadera i que requereixen un control perquè no contaminin terres de cultiu o l'aigua. Un avantatge del sistema és que els rebutjos (una vegada eliminat el gas) es poden utilitzar com a fertilitzants naturals. L'objectiu del Govern és que aquests adobs, que tenen nitrogen, es destinin a les àrees amb menys bestiar.

Per altra banda, també es proposen canvis en l'alimentació del bestiar per reduir la concentració de nitrogen i fòsfor excretat.

CONCLUSIONS

Fent aquest article hem pogut extreure les següents conclusions:

1. L'efecte dels purins sobre el medi ambient és perjudicial si aquests són utilitzats en excés com a adob de la terra.
2. De tots els components que formen els purins, tan els nitrats, com els fosfats i el zinc són capaços de contaminar les aigües.
3. Els purins constitueix la causa més important d'eutrofització dels llacs i embassaments.
4. Els pagesos han d'evitar l'abocament de purins a l'aigua i gestionar-los correctament.
5. No es preveu que el biogàs tingui el desenvolupament d'altres fonts renovables com l'eòlica, però es considera que la seva implantació és primordial per tal de reduir els nivells de metà. Com menys temps estiguin els excrements a terra, menys metà s'emet.
6. Existeixen molts estudis que proposen solucions al problema d'excés de purins a les granges, però necessiten el suport de l'Administració.

REFERÈNCIES

Noticia de El Periódico "El biogàs guanya pes com a via d'aprofitament del purins", del dia 21 d'octubre del 2009 (pàgina 30)

http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3928/3/34025-3.pdf

http://www.3cat24.cat

http://www.3tres3.com/medioambiente/ficha.php?id=2006&id2=0

http://www15.gencat.net/cads/AppPHP/images/stories/publicacions/informesespecials/2008/resum_executiu.pdf

http://www.groupmerma.com/problema-purins.asp?l=ct

http://www.linmiter.net/lexique/cat_purins.html

http://www.ruralcat.net/ruralcatApp/gecNews.Module.ruralcat?sectorid=5&contentId=681117

http://www.xtec.es/~mferna99/projecte/dol%E7a2.htm

IMPACTO AMBIENTAL DE LA REGENERACIÓN DE PLAYAS

Jonás Cuadrado Montaño
Miguel Masó Sotomayor

RESUMEN

La zona costera es de gran interés, tanto turístico, como económico, como ambiental, pero nos enfrentamos al retroceso de las playas. Ante esta amenaza, se ha actuado de diversos modos y en esta comunicación trataremos de analizarlos.
La zona costanera és de gran interès, tant turístic, com econòmic, com ambiental, però ens enfrontem al retrocés de les platges. Davant d'aquesta amenaça, s'ha actuat de diverses maneres i a aquesta comunicació tractarem d'analitzar-les.

INTRODUCCIÓN

Históricamente, la zona costera es y ha sido una de las más productivas y ricas de todo el país, especialmente desde la popularización del turismo. Fue sólo a partir de entonces cuando se empezó a tener en cuenta la regulación del entorno costero por parte de la Administración, aunque no siempre de la mejor forma posible, como es el caso de la construcción masificada en primera línea. En cualquier caso, ahora nos hallamos con una serie de problemas a los que se les debe dar solución, de una forma u otra. De ellos, el de mayor impacto ambiental y económico es la erosión y desaparición de las playas.

OBJETIVOS

Este artículo resume analiza las diversas soluciones adoptadas para disminuir la erosión, basándose en el punto de vista de su impacto físico-ambiental, aunque pueda tener consecuencias económicas y sociales. Los objetivos parciales seguirán la siguiente secuencia:

1. Describir el problema de la erosión y desaparición de las playas, así como las causas que lo originan.
2. Realizar una comparación entre los principales tipos de obras marítimas destinadas a la protección de playas.
3. Proponer aquellas obras marítimas que por sus características puedan considerarse como modelo, o descartar aquellas otras que no resulten en absoluto convenientes.

ORIGEN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El constante flujo hidrodinámico de sedimentos provoca una fuerte erosión de los mismos. La naturaleza ha establecido, para regular este flujo variable en el mar, una serie de depósitos de sedimentos, distribuidos sobre todo en las playas. Por otro lado, estos sedimentos, en constante movimiento, deben ser reabastecidos desde el continente mediante los ríos, que arrastran los sedimentos hasta el mar.

He aquí el origen del problema: con el fin de disponer de reservas hídricas y energéticas ante el aumento de demanda, se han construido grandes presas en el curso de los ríos. Estas presas no solo retienen agua, también hacen lo propio con los sedimentos transportados por los ríos hacia el mar. Entonces, los océanos pierden gran parte de su subministro de arena (cerca del 90%), y para mantener el flujo requerido por el movimiento de mareas usan esas reservas anteriormente mencionadas: las playas.

Es decir, por efecto de las olas, especialmente cuando hay tormentas, la arena de las playas es retirada, de forma natural e inevitable; pero el problema radica en que se impide el regreso de estos sedimentos a los depósitos aéreos.

SOLUCIÓN: OBRAS COSTERAS

Para mantener un ancho aceptable de playa, no sólo ambientalmente sino para mantener el turismo y las infraestructuras costeras, se debe actuar ante el avance marino. Desde los años 1970 se ha intentado resolver el problema con construcciones que frenaran o retuvieran los sedimentos en la zona deseada. El origen de estas obras se halla en la construcción de puertos: desde tiempos inmemoriales las civilizaciones han construido puertos fluviales y marinos, y ya desde entonces se observa como, según la dirección predominante de flujo de agua, se acumulaban sedimentos a barlovento, viéndose la zona protegida reducida de ellos. Este fue el principio de la construcción de espigones. Poco a poco, se fue mejorando la técnica para poder llevar a cabo obras más elaboradas: diques exentos, defensas longitudinales o seawall... hasta llegar a la regeneración artificial, que predomina actualmente.

El principal criterio para clasificar las distintas obras destinadas a la protección de las playas considera la dinámica litoral en su conjunto: una técnica blanda no reducirá el curso natural de los sedimentos, no afectando pues al litoral adyacente mientras que, una medida dura sí, comenzando una cadena de problemas difícil de resolver a largo plazo.

Además, el análisis técnico de las diferentes obras deberá ponderarse con las consecuencias sociales y económicas. El sector turístico tiene mucho peso, pero tiende a promover soluciones a locales y a corto plazo para aumentar su beneficio. Así pues, determinar la solución óptima resulta complejo, pues confluyen una serie de responsables y de usuarios que responden a criterios totalmente distintos.

MUROS LONGITUDINALES Y SEAWALL

Este se podría considerar como el primer método de protección costera. Consiste, como se observa en la Figura 1, en construir sobre unas cimentaciones estables un muro que se prolongue desde la zona submareal –por debajo del nivel freático- hasta la zona aérea de la costa, a lo largo de todo el lugar que se desee proteger. Esto solamente evita la pérdida de superficie continental, al proteger el suelo interior con un muro que actúa como roca artificial, y que, por consiguiente, tardaría mucho más en ser erosionado por el mar. Sin embargo, esta técnica no mantiene la playa, que acaba perdiéndose.

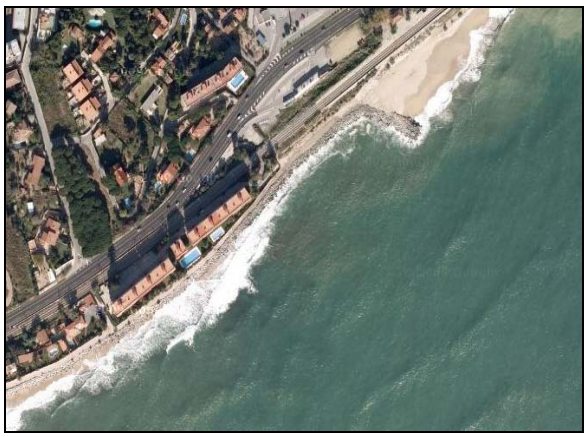


Figura 1. Defensa logitudinal en la costa del Maresme.

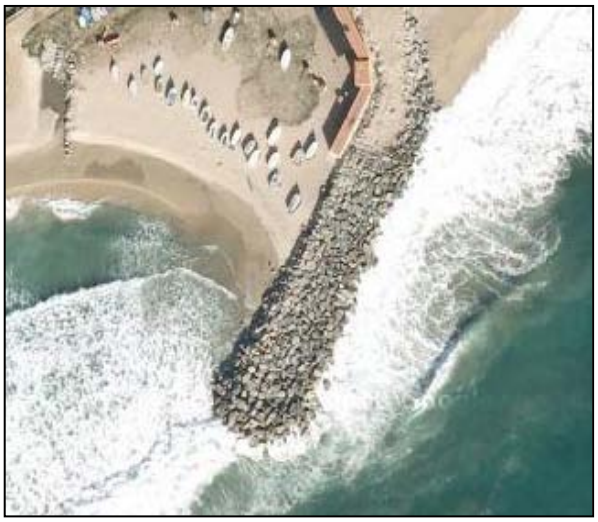
Como aspectos positivos de los muros longitudinales hallamos la fuerte protección que ofrecen a la zona interior de los efectos de las tormentas y el bajo coste que supone.

Sin embargo, afecta muy negativamente en el medio. Se pierde toda la playa, traslada el problema erosivo a una zona colindante y reduce el biotopo existente tanto en la playa como en el fondo, aunque esto se puede minorar situando en la base del seawall bloques rocosos o de hormigón, para que reduzcan la energía, permitiendo además un aumento de la población de crustáceos, cefalópodos, corales y esponjas.

Actualmente es una técnica en desuso, que se intenta evitar por el daño ambiental y económico que produce a la zona. Sólo en casos extremos se emplea, como puede ser la protección de una infraestructura.

ESPIGONES Y DIQUES EXENTOS

Los espigones consisten en unas extensiones perpendiculares a las líneas de costa, estrechas y alargadas, cuya finalidad es retener el flujo de



sedimentos en ellos [vésae la Figura 2].

Figura 2. Espigón de forma curvada.

Ya sean rectos, en curva o con forma de T, provocan un efecto parecido: la velocidad de movimiento del agua disminuye al chocar con ellos, con lo que los sedimentos precipitan y se acumulan allí. Desgraciadamente, el problema se traslada al otro lado, donde al no recibir sedimentos, se produce un déficit y un retraso muy pronunciado de la playa.

Un aspecto positivo que tienen los espigones es que producen un impacto bajo en el hábitat intermareal. Durante las obras de construcción es más acentuado, pero los organismos de esta parte están acostumbrados a un estrés fuerte por la ida y venida de olas. Por contraposición, la parte aérea e intermareal crecerán por un lado del espigón tanto como se reducirán en el otro, con lo que solo supone una solución muy local que, además, supone la necesidad de dragado cuando la acumulación de sedimentos es excesiva.

Los diques exentos reciben ese nombre por estar separados de la playa (Figura 3). Consisten en

muros de anchura considerable, situados en paralelo a la playa, que se hallan casi totalmente sumergidos, de modo que ralentizan el flujo de agua en la zona protegida, reduciendo la erosión de la playa Además reducen la energía de las olas, puesto que solamente pasarán olas de refracción, reduciendo considerablemente el impacto de los temporales.

Con el menor impacto de las olas, la línea de la costa avanza hacia el dique, y en algunos casos, pueden llegar a unirse. Este crecimiento de la playa, claro está, se logra mediante un retroceso de las zonas adyacentes, que quedan más expuestos a la erosión provocada por el oleaje.

Figura 3. Dique exento en la costa de Salou.

La colocación de cualquier dique exento supone una agresión al fondo marino. Además, la oxigenación de la zona protegida puede verse afectada, así como la turbidez generada por su instalación, que tardará más en disolverse. También, aunque en menor medida, puede suponer una cristalización de la playa. Este último problema también se halla, en menor medida, en los espigones.

Entendemos por cristalización el proceso en el que los cristales de sal precipitan en forma sólida en el lecho de la playa. Con efecto del sol, el agua de mar se evapora provocando la precipitación de la sal. A medida que el agua va mojando la arena, la sal va precipitando y disolviéndose de forma equilibrada, sin embargo, al reducir la intensidad de las olas con los diques, cuesta más disolver estos cristales, que van endureciendo el lecho de la playa.

Tanto los espigones como los diques exentos resultan un método menos agresivo que los muros seawall, pero también tienen muchos aspectos negativos, que son mejorados por el siguiente método.

ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL DE PLAYAS

El método más blando que se conoce para solventar el problema de la pérdida de playas es la regeneración artificial. Se divide en dos partes diferenciadas: en una primera fase se toman sedimentos de la parte profunda del mar, pero en una zona cercana a la playa a restaurar (dragado). A continuación se deposita la arena con bombas en la zona aérea e intermareal de la playa (vertido, com el de la Figura4).

Figura 4. Vertido de sedimentos dragados en una playa en Estados Unidos

El principal problema de este método estrella de regeneración de playas es de tipo medioambiental: el dragado de arena del fondo marino, supone la muerte de la posidonia oceánica, si existe. La posidonia oceánica es una planta acuática endémica del Mediterráneo, con características similares a las plantas terrestres. Para su desarrollo necesita iluminación y sustrato arenoso, es de gran lonfevidad y asegura la biodiversidad marina. En las últimas décadas se han destruido auténticas praderas de posidonia oceánica, de modo que se ha favorecido la erosión del fondo arenoso al eliminar las plantas que retienen la arena.

En segundo lugar, con el dragado perecen pequeños animales y algas, y la turbidez creada dificulta el desarrollo temporal del medio, pero no de forma permanente. Por otro lado, si el sustrato rocoso se halla cerca de la superficie, el dragado de la arena puede suponer el arraigo de esponjas y corales en la zona, siempre que el clima lo permita.

En cuanto al vertido, apenas se presentan problemas desde el punto de vista ambiental. En primer lugar, los sedimentos vertidos son muy parecidos a los preexistentes, permitiendo un aumento de la zona de cría de aves y tortugas marinas, allí donde se hallen. Sin embargo, la compactación del suelo supone una cristalización de la playa y se corre el riesgo de enterramiento de crustáceos, plantas y demás seres vivos de la zona afectada, así como el entierro en la zona submareal por el deslizamiento de sedimentos.

Como se ha visto, este es el método más blando y al estudiar sus inconvenientes nos permte hilar fino y preocuparnos por los aspectos ambientales, por el contrario, los demás métodos son más agresivos. Pero cabe añadir que no es una solución, sino un paliativo, y hay que repetir el proceso de dragado y vertido con cierta periodicidad para recuperar la línea de la costa perdida por la erosión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras haber analizado la información recogida en el informe, se puede llegar a las conclusiones que siguen:

1. Los métodos de conservación de playas han evolucionado, pero su problema radica en que se intenta evitar el daño ambiental sin dar solución al problema base: la falta de sedimentos.
2. Hace falta un compromiso social y gubernamental para que las medidas tomadas sean más perdurables, intentando sacrificar al mínimo el daño que se hace al turismo.
3. Es totalmente inviable el dejar la línea de costa a su libre actuación por la gran modificación que esta ha sufrido desde hace siglos, por tanto,
4. Deben tomarse medidas a largo plazo que aseguren la permanencia de las playas, ya sea evitando el vaciado o intentando ralentizarlo.
5. Como mediada alternativa, debe considerarse la posibilidad de usar métodos combinados: alimentación artificial para darle estabilidad en el ancho y obras a menor escala que las construidas en la actualidad para ralentizar el vaciado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Budd, M., John, S., Simm, J. y Wilkinson, M. (2003). *Coastal and Marine Environmental Site Guide.* Editorial CIRIA, Londres, pág. 87-93.

Dean, Robert G. (2002). *Beach nourishment: theory and practice.* Editorial New Jersey World Scientific, New Jersey, pág. 5-40, 185-219.

Duarte, C. M., Medina, J. R. y Tintoré, J. (2001) *Las praderas de* posidonia oceánica *y la regenración de playas*. Revista de Obras Públicas, nº 3.409, pág 31-43.

Gayo, J. L., Casermeiro, M. A., Giraldo, J., Mayo, M., Vázquez, A. y Zamora, J. (2004) *Impacto ambiental del proyecto de regeneración de la playa de Denia, Alicante (España).* Informes de la Construcción, Vol. 55, nº 489, pág 45-55.

National Research Council. Marine Board. Committee on Beach Nourishment and Protection (1995). *Beach nourishment and protection.* Editorial National Academy Press, Washington, D.C.

www.masmar.com Playas de quita y pon.

EL PAPEL DE LOS CAMINOS EN LOS INCENDIOS FORESTALES

Martí Garriga Font
Vicente García Marín

RESUMEN

Los incendios forestales constituyen uno de los principales problemas ambientales que afronta nuestra sociedad. La principal consecuencia es el desequilibrio de los ciclos naturales y la destrucción de los recursos. El estudio se centra en la relación existente entre los incendios forestales, tanto sus causas como efectos, y su interacción con el medio.

Els incendis forestals constitueixen un dels principals problemes ambientals que afronta la nostra societat. La principal conseqüència és el desequilibri dels cicles naturals i la destrucció dels recursos. L'estudi es centra en la relació existent entre els incendis forestals, tant les causes com efectes, i la seva interacció amb el medi.

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son uno de los fenómenos más destructivos que se conocen y de los que más afectan el medio dónde suceden. Es por ello que todos los elementos que constituyen y forman parte de un bosque o parque natural, contribuye de forma positiva o negativa a la iniciación, propagación y extinción del incendio. En la Tabla 1 se muetran los datos de las consecuencias de los incendios a nivel nacional durante los últimos años.

Entre todos los factores que involucra un incendio, uno de los elementos más destacados son los caminos forestales, cuyo diseño y características influye directamente en la propagación y extinción del fuego. Por ello, el estudio se centra en la relación entre los caminos forestales y los incendios de las zonas boscosas, es decir, cómo intervienen las particularidades y planificación de los caminos en la evolución del incendio.

Por último, se dará especial importancia a las características que deben presentar los caminos forestales para minimizar los efectos de los incendios.

Tabla 1: Cuadro estadístico de incendios en el territorio nacional.
Superfícies afectadas y pèrdidas económicas ocasionadas.

Año	Superfície afectada en hectáreas			Pérdidas en millones de euros		
	Arbolada	Desarbolada	Totales	Productores primarios	Beneficios ambientales	Total pérdidas
2004	51.732	82.461	134.193	66,68	292,96	359,64
2005	69.350	119.322	188.672	126,65	379,05	505,70
2006	71.083	84.280	155.363	318,89	433,78	752,67
2007	29.403	56.710	86.113	26,51	201,08	227,59

OBJETIVOS

El objetivo principal es ver la influencia que existe entre la propagación de incendios y el trazado y características de los caminos y senderos de los bosques.

Los objetivos son:

1. Caracterizar los mecanismos de propagación de incendios forestales.
2. Definir los criterios básicos de planificación de caminos forestales.
3. Determinar la influencia de los caminos forestales en los incendios de los bosques.

MECANISMOS DE PROPAGACIÓN

Las causas de los incendios forestales son muy variadas, entre las que destacan largos períodos de sequía, causas naturales, tales como caida de

rayos, y la acción humana, presente en casi el 100% de los casos de forma directa o indirecta. La caída del tendido eléctrico que atraviesa zonas boscosas es una causa muy común de iniciación de un incendio.

Un incendio posee tres fases distintas: iniciación, propagación y extinción. En líneas generales, los mecanimos de propagación son: superficiales, de copas dependientes de la superficie y de copas independientes de la superficie.

Los incendios superficiales afectan a vegetación de bajo poste (matorrales, pastizales y la base de los árboles). Los factores favorables a la propagación de los incendios superficiales son principalmente: composición y densidad de la vegetación, orientación y pendiente de las laderas y velocidad del viento.

En los incendios de copas dependientes de la superficie, el fuego asciende por las ramas bajas de los árboles, hasta alcanzar la copa. Sin embargo, su transmisión sigue siendo básicamente superficial debido, por ejemplo, a que el arbolado es disperso y las copas están demasiado distanciadas entre sí.

En los incendos de copas independientes de la superficie la transmisión tiene lugar a través de las copas de los árboles, los cuales forman una masa lo bastante densa. La cantidad de calor generado es muy grande, de modo que este tipo de fuegos origina su propio sistema de corrientes de aire que tienden a alimentar las llamas y facilitar su propagación. Por este motivo, constituyen los incendios más peligrosos y destructivos.

PLANIFICACIÓN CAMINOS FORESTALES

Los caminos forestales deben desempeñar una serie de funciones que determinarán sus características. En primer lugar, un camino forestal debe dar acceso a la población a las zonas de interés. En segundo lugar, deben permitir a los servicios de extinción de incendios llegar a tantos puntos del bosque como sea posible. Y tercero, todo esto debe hacerse minimizando el impacto ambiental.

En cuanto a las características de los caminos forestales, tal como exige la ley (Decreto 130/98 del 12 de mayo) deben tener una zona de seguridad y una zona de protección donde el recubrimiento de la masa arbórea no supere el 75%.

En la zona de seguridad debe mantenerse libre de vegetación un metro a partir del extremo exterior de la calzada. La anchura de la zona de seguridad podrá ser ampliada, excepcionalmente, en aquellos tramos de máximo riesgo de incendios forestales, la cual deberá ser especificada y justificada por la Dirección General del Medio Natural, previo informe del organismo responsable de la vía.

Los trabajos a desarrollar en esta zona son: segar la vegetación herbácea, cortar la vegetación arbustiva y aclarar los árboles para evitar la continuidad horizontal entre sus copas, hasta llegar al 75%.

Las zonas de protección de las autovías y las autopistas tendrá una anchura mínima de 3 m, y en el resto de las carreteras objeto de este Decreto esta anchura mínima será de 2 m. Los trabajos a realizar en esta zona son: cortar la vegetación arbustiva para evitar la continuidad horizontal entre los matorrales, aclarar los árboles para evitar la continuidad horizontal de las copas y podar matorrales y árboles para evitar el contacto entre los dos estratos de la vegetación.

Se diferencian dos tipos de caminos forestales: primarios y secundarios. Los caminos forestales primarios son las vías de acceso principal a las áreas importantes y por las que circula un volumen importante de vehiculos. Por consiguiente, los caminos secundarios son aquellas vías que conectan áreas más aisladas con las vías principales.

Los caminos principales deben tener como mínimo más de 2,50 m de ancho, ya que los caminones de bomberos tienen unas dimensiones de 2,50 m de ancho por 4 m de altura como máximo. Los caminos secundarios no tienen tantas restricciónes como los primarios, por lo que muchas veces su franja de seguridad está descuidada. Por ejemplo, una demostración de este hecho es la noticia publicada por el diario *Las Provincias* del día 3 de mayo de 2008, donde se expone que unos 2000 km de la red secundaria de la comunidad valenciana están impracticables.

Dentro de la planificación forestal se contempla la posibilidad de crear grandes explanadas con el objetivo de acotar la movilidad de las personas que acuden a las zonas boscosas. Como las negligencias son uno de los factores principales de inciación de incendio, tal como se explica en la introducción, es importante mantener a las personas en un determinado lugar donde poder actuar de forma rápida y precisa ante cualquier emergencia.

El carácter lineal de los caminos forestales, abre la posibilidad de darle otro enfoque al diseño del mismo, es decir, ya no sólo prevalece únicamente la unión de dos puntos, sino que es importante concebir la vía como un medio para impedir la propagación de incendios, a modo de

cortafuegos. De este modo, la utilización de las vías forestales como cortafuegos toma especial importancia en el diseño y planificación del camino.

La Tabla 2 muestra algunos de los parámetros que se deben tener en cuenta en la planificación de las vías en terreno boscoso, tanto en las vías principales como secundarias. Además, se aprecia de forma clara el orden de magnitud existente entre las condiciones del trazado en los diferentes tipos de terreno.

Tabla 2. Tipos de vías en zonas forestales según el terreno.

Parámetro	Llano	Ondulado	Montañoso	Escarpado
Pendiente máx.	5 %	8 %	15 %	20 %
Pendiente deseable	2-3 %	5-6 %	12 %	15-18 %
Radio mín.	180 m	120 m	75 m	25 m
Vel. Máx.	70 km/h	60 km/h	50 km/h	30 km/h
Distancia visibilidad	100 m	75 m	55 m	25 m

INFLUENCIA DE LAS VÍAS EN LOS INCENDIOS

Los caminos forestales tienen un papel fundamental en la propagación y la extinción de incendios. De ellos depende en gran parte el éxito o fracaso de la intervención de los equipos de extinción (Bomberos y Unidad Militar de Emergencia). En general, las vías influyen de dos maneras distintas: dando accesibilidad y actuando de cortafuegos.

La accesibilidad está influenciada en gran medida por el tipo de vía, ya que los servicios de extinción tienen problemas a menudo cuando tratan de atravesar el bosque hasta la zona incendiada por vías mal dimensionadas, descuidadas, etc

Figura 1: Camino forestal adecuado.

Como se observa en la Figura 1, la vía se encuentra en buenas condiciones, está bien dimensionada, el bosque al margen de la calzada está despejado y permite el paso de vehiculos pesados sin problemas.

Sin embargo, en la Figura 2 se aprecia una vía en malas condiciones, donde el terreno es irregular, no existe un borde despejado de arbustos para evitar la propagación del fuego y el camino se ve obstaculizado por gran cantidad de ramas caídas.

El camino forestal tambíen actua como cortafuegos. Dado el carácter mallado y contínuo de este tipo de caminos, ejerce una función vital porque delimita en zonas determinadas el espacio de actuación del fuego. La capacidad de un camino para actuar como cortafuegos depende de las características del camino: nivel de mantenimiento, ancho de la vía y tipo de vegetación que lo rodea.

Figura 2: Camino forestal inadecuado.

Tal como podemos ver en la Figura 1 y Figura 2, se observa que el nivel de mantenimiento de ambos es distinto y que ello provoca que su capacidad como cortafuegos en caso de emergencia, sea distinta. En el primer caso, el fuego se vería más obstaculizado que en el segundo caso, donde el deterioro de la vía pondría pocos impedimentos al paso del fuego de un lugar a otro. Además, el ancho de la vía

también forma parte de la retención del fuego, por lo que a mayor anchura, menor capacidad de propagación. Por último, el tipo de vegetación no influye sólo en la capacidad de retención que tiene el camino sobre el fuego, sino también en la velocidad de propagación del mismo. Por ejemplo, el pino carrasco prende con facilidad.

Entre los factores que disminuyen la capacidad como cortafuegos de las vías destacan: el viento, la pendiente de la ladera y el efecto de las chispas voladoras. En primer lugar, los efectos del viento y la pendiente están estrechamente ligados, ya que el fuego tenderá a ir ladera arriba y si el viento va en la misma dirección este inclinará las llamas hacia la ladera aumentando la velocidad de propagación del fuego y disminuyendo el efecto aislante de la vía. En segundo lugar, la combustión de las piñas provoca que exploten en pequeños pedazos que salen despedidos a distancias de hasta 400 m, extendiendo el incendio más allá de los límites de la vía. Por eso, los pinares son una de las zonas en constante vigilancia.

Finalmente, a pesar de que algunos cortafuegos no contengan los incendios, sí que los ralentizan, dando más tiempo a los servicios de emergencia. Por ejemplo, el incendio de Tordera del año 2003 cruzó la AP-7 a la altura de Maçanets. Demostrando así, que ni siquiera una autopista de seis carriles puede contener la violencia del fuego.

Se deben considerar las limitaciones técnicas de los equipos de extinción como parámetros a tener en cuenta en la planificación y diseño de las vías forestales. Las bombas utilizadas por los bomberos para transportar agua a través de las mangueras suelen dar una presión de 1,6 MPa. Dado que cada 10 metros de diferencia de cota equivalen a 0,1 MPa, no se podrá transportar agua a más de 160 m de desnivel. Desde el punto de vista del trazado interesa que las vías den acceso a los vehículos a diferentes cotas de la montaña para que luego los bomberos puedan llevar agua con las mangueras a todas las cotas posibles. Además, aumentar la potencia de las bombas no es una solución muy viable ya que entonces es más difícil controlar las mangueras y se necessita más personal para utilizarlas eficazmente.

CONCLUSIONES

Después de analizar en detalle la relación entre los incendios y los caminos forestales, llegamos a las siguientes conclusiones.

1. Destacar la importancia de la prevención de los incendios, ya que la mayoría de los incendios son de origen humano y por lo tanto, evitables. Por ello, la necesidad de una educación cívica acorde con las necesidades actuales de sostenibilidad.
2. La propagación de los incendios dependen de diversos factores, a saber: pendiente, viento, orientación de la ladera, vegetación y vías forestales. Hay que tener en cuenta aquellos factores no influenciables, tales como viento, orientación de ladera y pendiente, e introducirlos en la elaboración de aquellos parámetros que sí lo son, como el diseño y trazado de los caminos, así como la vegetación que los rodean.
3. La relevancia de los caminos forestales como elementos pasivos de propagación y extinción. Principalmente actuando como cortafuegos y dando accesibilidad a los servicios de extinción. Así pues, resaltar la importancia que un buen diseño y planificación de la vía tienen en la conservación de nuestros bosques.

REFERENCIAS

http://www.lasprovincias.es/valencia/20080503/costera/cerca-kilometros-caminos-forestales-20080503.html
(Noticia de los caminos forestales impracticables)
http://es.wikipedia.org/wiki/Incendio_forestal
(información sobre incendios forestales)
http://www.marm.es/
(Ministerio de Medioambiente)
Real Decreto 130/98 del 12 de mayo

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración en el trabajo del grupo de voluntarios del parque de bomberos de Canovellas.

DESERTEC: LA ENERGÍA SOLAR LLEVADA AL LÍMITE

Miquel Huguet Aguilera
Francisco Rodríguez Prat

RESUMEN

El proyecto Desertec pretende construir grandes centrales termoeléctricas en el desierto del Sahara y en Oriente Medio con el objetivo de suministrar a Europa el 15% de la energía que demandará en el año 2050. Iniciativas empresariales como ésta pueden hacer que un planeta más sostenible sea posible.
El projecte Desertec pretèn construir grans centrals termoelèctriques al desert del Sàhara i a l'Orient Mitjà amb l'objectiu de subministrar a Europa el 15% de l'energia que demandarà l'any 2050. Iniciatives empresarials com aquesta poden fer que un planeta més sostenible sigui possible.

INTRODUCCIÓN

Siempre se ha sabido que el desierto era un lugar en extremo caluroso, soleado y seco (ver Figura 1). Esta gran aridez ha tenido como resultado una ausencia casi total de vida. Así, los desiertos han estado olvidados por el desarrollo humano, con la única excepción de las extracciones de combustibles fósiles (petróleo, gas natural). Pero el causante de su "desgracia" puede convertirse no sólo en su principal fuente de riqueza, sino en la solución de uno de los mayores problemas que acechan al mundo donde vivimos: el problema energético.

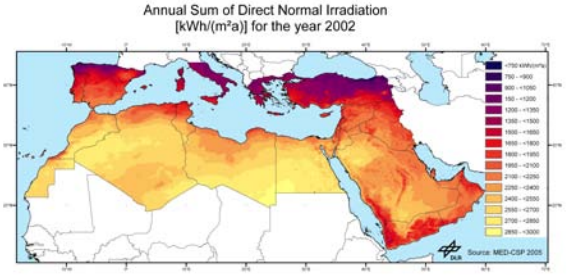


Figura 1. Radiación solar anual, en kWh/m^2.

La Fundación Desertec, y su realización mediante el Desertec Industrial Initiative, ha proyectado la construcción de grandes centrales solares térmicas de concentración o CSP (Concentrated Solar Plants) en las zonas más soleadas del desierto del Sahara y del Oriente Próximo-Medio.

Se prevé que el 2050 se llegue a poder dedicar a la exportación a Europa 100 GW de potencia producida, lo que significará un 15-17% de la energía eléctrica requerida en el viejo continente. También se prevé que una parte importante de la producción energética se destine a los países de la región, además de crear agua desalinizada en una zona muy escasa de este recurso.

OBJETIVOS

El objetivo general del artículo consiste en explicar el proyecto Desertec, para después poder analizar y evaluar sus impactos. Más detalladamente, los objetivos son:

1. Dar a conocer los principales objetivos de Desertec
2. Explicar los principales aspectos técnicos del proyecto
3. Analizar los impactos, tanto ambientales como socio-económicos, que puede provocar la ejecución del proyecto

EL PROYECTO

Desertec fue concebido como Fundación por Club de Roma en el 2003, pero no fue hasta el 2009 cuando diversas empresas privadas alemanas (y una española, ABENGOA Solar) crearon el llamado Desertec Industrial Initiative (DII). Además de la misma Fundación Desertec, las empresas implicadas son ABB, ABENGOA Solar, Cevital, Deutsche Bank, EON, HSH Nordbank, MAN Solar Millennium, Munich Re, M+W Zander, RWE, SCHOTT Solar y Siemens. El presupuesto inicial ronda los 400.000 Millones €, lo que da una idea de la enorme magnitud del proyecto.

Actualmente, el proyecto prevé básicamente la construcción de un gran número de plantas solares térmicas de concentración en la región del norte de África y Oriente Medio (región MENA: Middle-East and North Africa) que estarán conectadas a una gran red de líneas de corriente continua de alta tensión (HVDC: High Voltage Direct Current). La Figura 2 muestra un esquema de las futuras centrales y líneas de transmisión de la energía. De todos modos, no se descarta aprovechar el potencial eólico de las zonas del

Mar Rojo y del norte de Marruecos. Así, se pretenden alcanzar dos objetivos:

1. Cubrir el 15% de la demanda energética de Europa en 2050, con el consiguiente ahorro de emisiones de CO2 que comportará.
2. Abastecer a las zonas más pobladas de la región tanto energéticamente como hídricamente (mediante grandes instalaciones desalinizadoras)

Aunque la finalización del proyecto se prevé para el año 2050, en el 2020 ya podrían haber algunas centrales operativas. De igual manera, la red de líneas HVDC comenzará a ver la luz en pocos años; cuando ésta esté acabada también en el 2050, 20 líneas de 5000 MW cada una transportaran 100 GW de potencia desde la región MENA a Europa.

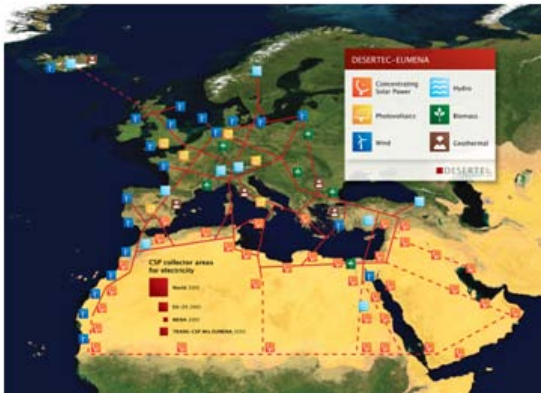


Figura 2. Esquema de las plantas de producción de energía renovables en la región Europa-MENA y su interconexión.

El proyecto Desertec se sustenta en gran parte en tres estudios elaborados por el Centro Aeroespacial Alemán (ver "REFERENCIAS"):

1. El TRANS-CSP, "Interconexión Trans-Mediterránea para la Energía Solar Térmica de Concentración"
2. El MED-CSP, "Energía Solar Térmica de Concentración para la Región Mediterránea"
3. El AQUA-CSP, "Energía Solar Térmica de Concentración para la Desalinización de Agua Marina"

TECNOLOGÍA

Como se ha apuntado anteriormente, la electricidad se producirá a partir de centrales solares térmicas de concentración, o CSP (Concentrated Solar Plant). Este tipo plantas están provistas de un conjunto de espejos que concentran la radiación solar en un fluido que posteriormente es utilizado para generar vapor de agua (ver Figura 3 y Figura 4). De igual manera que en las centrales térmicas clásicas, el vapor es usado para propulsar unas turbinas, las cuales, al girar, producen corriente eléctrica. La principal ventaja de este tipo de centrales frente a las fotovoltaicas (que también utilizan la radiación solar para generar energía) o las eólicas, es que en las centrales termosolares el calor se puede almacenar en tanques debidamente aislados y de esta manera se pude ajustar la oferta de electricidad a una demanda variable, incluso durante la noche. Por otro lado, las turbinas también pueden ser utilizadas con calor producido a partir de combustibles fósiles, hecho que permite asegurar una oferta de electricidad estable incluso en periodos de escasez de luz solar sin la necesidad de una infraestructura adicional.

Figura 3. Central termo-solar en forma de torre, en el desierto de Mojave (California, EE.UU).

Figura 4. Instalación termo-solar con espejos cilindro parabólicos, en la provincia de Granada, España.

Otro objetivo del proyecto es la desalinización del agua de mar utilizando las centrales CSP. La desalinización puede resultar muy útil para satisfacer las necesidades de las poblaciones cercanas, sobre todo teniendo en cuenta que la mayoría de las plantas se encuentran en zonas áridas. Así, se han decidido utilizar 2 métodos distintos:

1. La desalinización por ósmosis inversa, en la cual se utiliza únicamente energía eléctrica. Esta técnica es muy utilizada en los países desarrollados, pero necesita grandes cantidades de energía.
2. La desalación térmica con plantas de cogeneración (electricidad y calor) para los sistemas de desalinización térmica multiefecto (CSP/MED). Así, una parte del calor generado se puede utilizar para la desalinización sin el paso previo de convertir la energía calorífica en eléctrica.

Aunque la desalinización por evaporación multietapa (MSF) provee actualmente la mayor parte del agua desalada en la región MENA, el proyecto no la considera una opción viable debido a su alto consumo energético.

La energía que no se consuma en el origen (es decir, la gran mayoría), se tendrá que transportar mediante cables a los principales núcleos de demanda (especialmente Europa) buscando unas pérdidas energéticas mínimas. Para este propósito se han escogido las líneas de corriente continua de alto voltaje HVDC (Hight Voltage Direct Current). Este sistema presenta una serie de ventajas:

1. Se puede transportar la electricidad bajo el agua (siempre que las distancias no sean demasiado elevadas).
2. Las pérdidas energéticas son aceptables; aproximadamente se pierde en forma de calor entre un 10-15% entre MENA y Europa.
3. El ancho de las torres es menor que el necesario en transmisión de corriente alterna.
4. El coste económico para grandes distancias es menor

Todas estas ventajas compensan la necesidad añadida de transformar posteriormente la corriente continua a alterna para su uso doméstico, lo que implica un coste económico y de uso del suelo en el lugar donde se transforma la corriente.

IMPACTO AMBIENTAL

El objetivo de la energía solar térmica de concentración es, como el de cualquier otra energía renovable, conseguir una producción de energía sin la quema de combustibles fósiles, por tanto, de una forma limpia y sin emisiones de CO2. La emisión de dióxido de carbono de una planta CSP viene dada por causas operativas (no inherentes al sistema CSP): dependerá del número de horas en que la planta funcione con combustible fósil y del CO2 producido en el proceso de fabricación de la planta solar. En cuanto a la ocupación del territorio, es obvio que las plantas ocuparán extensiones grandes en valor absoluto pero pequeñas en relación con su emplazamiento. Las plantas CSP que se construirán tendrán un rendimiento de 5-6 km²/(TWh/año), sensiblemente menor (en algunos casos un orden de magnitud menor) que el ratio de otras fuentes de energía, tanto renovables como no.

Los cables de transmisión de corriente en forma HVDC tienen un impacto ambiental tanto paisajístico como ecológico similar al de cualquier otra línea de transmisión eléctrica. La principal diferencia radica en que la transmisión mediante HVDC necesita un menor número de cables para transmitir una misma potencia. Como principal inconveniente, está el anteriormente citado uso del suelo de las estaciones que transformen la corriente tanto en el punto de producción como en el de consumo.

Las plantas desalinizadoras, por su parte, tienen un efecto ambiental positivo, pues se consigue tanto abastecer a la población de la zona disminuyendo la sobre-explotación de acuíferos, como tener la posibilidad de ganar nuevas tierras de regadío al terreno árido. No obstante, el vertido de salmuera y el uso de aditivos químicos constituyen un efecto negativo que se tiene que tener en cuenta, aunque son problemas de una magnitud menor que los beneficios ambientales que se alcanzarán con la construcción de estas plantas desalinizadoras.

IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO

Los beneficios económicos son positivos para ambas partes. La población de la región de MENA dispondrá de una nueva y extensa oferta de puestos de trabajo, especialmente como mano de obra para la construcción de las centrales CSP, lo cual favorecerá a la renta de la clase media. El suministro de agua potable y energía limpia ayudará a satisfacer las necesidades básicas de la región, que se prevé que se incrementen en los próximos años (especialmente teniendo en cuenta la creciente escasez de agua en el norte de África). También se dará un impulso al desarrollo tecnológico e industrial de toda la zona, evitando que los ingenieros locales emigren hacia países más desarrollados. Los ingresos por exportación de electricidad se crearán a partir de una fuente prácticamente inagotable, el Sol, no como en el actual modelo de explotación energética en el que se queman los tan limitados combustibles fósiles. Respecto a Europa, se abrirá la competencia en el sector energético, hasta ahora dominado por las centrales nucleares y las térmicas clásicas. También se crearán nuevos puestos de trabajo, en este caso para personas con formación técnica.

Por otra parte se favorece la cooperación entre los distintos países involucrados, que puede dar frutos no sólo a nivel económico, sino también a nivel social, técnico, cultural, etc.

El efecto potencial de un posible bloqueo por parte de un país productor o de un ataque terrorista al sistema de producción o transmisión de energía hacia Europa es menor del que se podría creer. Todas los cáculos y estimaciones se realizan para abastecer un 125 % de la demanda pico. De esta manera, habría un margen de maniobra para no echar en falta, en el peor de los casos, el corte de un 17% de la energía producida para el consumo en Europa

Por otro lado, aunque de momento la construcción de centrales CSP solamente involucra la región de MENA, la investigación y desarrollo tecnológico pueden ser aprovechados por otros países como Estados Unidos, Australia o el resto de África para la producción de energía limpia en desiertos. De hecho, la Fundación Desertec tiene como objetivo impulsar este tipo de producción energética en las zonas del planeta donde la energía solar tenga un rendimiento alto.

La importante inversión inicial será compensada en un futuro en términos de agua potable y de energía eléctrica segura, prácticamente inagotable y sostenible.

CONCLUSIONES

1. El proyecto Desertec pretende construir grandes centrales solares térmicas de concentración (plantas CSP) en zonas desérticas del norte de África y del Próximo-Medio Oriente. Para el transporte de la energía producida, se ha proyectado una gran red de líneas eléctricas de corriente continua de alto voltaje (HVDC) que unirán los centros de producción y de consumo.
2. El proyecto tiene como principal objetivo proveer un 15% de la energía que demandará Europa en 2050 de una forma renovable. Además, se pretende abastecer a las zonas donde se ubiquen las plantas con energía y agua desalinizada.
3. El impacto ambiental será en global positivo, en tanto que se reducirán grandes emisiones de CO2 y se obtendrá agua desalinizada en zonas muy necesitadas. Los impactos negativos paisajístico y del uso del suelo están muy minimizados.
4. El impacto socio-económico será muy positivo, pues además de crear prosperidad en zonas relativamente deprimidas, la gran red de líneas HVDC que conectarán las regiones de Europa, norte de África, y oriente Medio-Próximo, puede contribuir a una mayor conectividad y cooperación entre los países de estas regiones.

REFERENCIAS

http://www.desertec.org

German Aerospace Center (DLR) (2007). AQUA-CSP. Energía Solar Térmica de Concentración para la Desalinización de Agua Marina. http://www.dlr.de/tt/aqua-csp

German Aerospace Center (DLR) (2006). TRANS-CSP. Interconexión Trans-Mediterránea para la Energía Solar Térmica de Concentración. http://www.dlr.de/tt/trans-csp

German Aerospace Center (DLR) (2005). MED-CSP. Energía Solar Térmica de Concentración para la Región Mediterránea. http://www.dlr.de/tt/med-csp

PELAMIS: LA SERPIENTE DE ACERO

Joan Llansó Caldentey
Ramon Masachs González

RESUMEN

Las energías renovables están cada vez más a la orden del día, y un campo aún por investigar es el de la energía del mar: una de las más accesibles pero a la vez una de las más desaprovechadas. En aguas de Portugal ya se han llevado a cabo los primeros pasos en esta materia gracias a una nueva revolución tecnológica: Pelamis.
Les energies renovables estan cada cop més a l'ordre del dia, i un camp encara per investigar és el de l'energia del mar: una de les més accessibles però a la vegada una de les més desaprofitades. En aigües de Portugal ja s'han dut a terme els primers passos en aquesta matèria gràcies a una nova revolució tecnològica: Pelamis.

INTRODUCCIÓN

La etimología del término Pelamis proviene de *Pelamis Platurus*, una serpiente marina de vientre amarillo que habita en aguas tropicales. Pelamis también es un convertidor de energía que usa el movimiento del oleaje para generar energía eléctrica. Es un ejemplo práctico de generador undimotriz.

La energía undimotriz, a veces llamada energía olamotriz, es la energía producida por el movimiento de las olas. No es tan extendida ni conocida como la mareomotriz, que es aquella que aprovecha las mareas, pero cada vez está adquiriendo más importancia como energía sostenible. En los últimos años la tecnología asociada a esta energía se ha desarrollado enormemente, sobretodo gracias a empresas privadas de investigación marina.

Algunos ejemplos de esta tecnología emergente son, además del sistema Pelamis:

1. Sistemas de boyas ancladas al fondo marino (Powerbuoy), cuyo movimiento con las olas produce electricidad (un ejemplo son las instalaciones de Muntriku, en el País Vasco).
2. Pozos hermetizados en su parte superior y conectados al mar por debajo, de manera que al entrar una ola en ellos, se expulsa el aire que queda comprimido en su interior. Este aire sale por una estrecha abertura y mediante un sistema de turbinas se consigue generar electricidad. Esta tecnología se basa en un principio de columna de agua oscilante, y ya se está empezando a aplicar en las costas de Santoña (Cantabria).

OBJETIVOS

En este trabajo se darán a conocer las posibilidades futuras que tiene la inversión en la energía undimotriz. Para ello llevaremos a cabo un estudio sobre una de sus principales aplicaciones prácticas: el sistema Pelamis.

1. Daremos a conocer algunos de sus secretos, haciendo hincapié en su principio básico de funcionamiento y en su capacidad energética, así como en su instalación y posterior mantenimiento.
2. Pretendemos también analizar la utilidad e implantación de esta tecnología en el futuro, y las inmensas ventajas que puede llegar a suponer para el medio ambiente.

PROYECTO

El proyecto Pelamis es fruto de un programa de investigación de 5 años llevado a cabo por la empresa escocesa Pelamis Wave Power (hasta hace poco conocida como Ocean Power Delivery) en colaboración con la australiana Babcock & Brown. PWP fue fundada en 1998 pero no fue hasta el 2004 que instaló su primera estación energética. La financiación del proyecto ha ascendido a 40 millones de libras esterlinas, procedentes tanto del sector privado (compañías energéticas) y público (distintas subvenciones del gobierno británico).

La tecnología ha sido desarrollada fundamentalmente en la sede de la empresa en Escocia, donde se han llevado a cabo distintas pruebas de funcionamiento aprovechando las perfectas condiciones de oleaje de la zona. Para ello también se han utilizado modelos de diferentes escalas, que han sido analizados en tanques de agua con simulación de oleaje. También se desarrollaron softwares para modelación numérica por ordenador, para así poder cuantificar los sobreesfuerzos sufridos en los dispositivos de anclaje y en las articulaciones.

Uno de los proyectos más importantes de la compañía es el de Aguçadoura, en Póvoa de

Marzim (Portugal). Se trata de una instalación de 3 máquinas a 5km de la costa portuguesa, que podrá suministrar electricidad a unos 1.600 hogares de la zona, ya que proporciona 2,25MW/h de producción teórica anual. Esta instalación ha costado 9 millones de euros, y se prevé una ampliación de hasta 25 máquinas para el 2012. Resulta interesante destacar que el precio de la electricidad generada es de 0,23€/kW/h.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El sistema Pelamis se basa en una tecnología aparentemente sencilla: se trata de una estructura articulada semi-sumergible, cuyos módulos se mueven con el movimiento de las olas, accionando un sistema hidráulico que bombea un fluido a alta presión y genera electricidad.

Figura 1. Esquema de un módulo y de sus principales componentes.

Cada una de las máquinas consta de un mínimo de 4 módulos de acero como el que aparece en la Figura 1. Dichos módulos están conectados entre sí mediante un sistema de juntas articuladas donde se aloja el sistema de pistones que, con el vaivén de las olas, acciona el dispositivo de aceites a alta presión. El flujo de estos aceites a través de un conjunto de turbinas permite generar corriente eléctrica.

El conjunto puede llegar a medir unos 180m de largo y pesar unas 700 toneladas. Cada módulo cilíndrico mide 4m de diámetro, y consta de 4 sistemas de conversión de energía que pueden llegar a producir 750kW cada uno, lo que significa que un solo aparato puede suministrar energía a 500 hogares. Cada Pelamis dispone asimismo de un sistema de orientación y de corrección del posicionamiento. También de un sistema de anclaje al fondo marino, y de un cable que permite transmitir la energía obtenida a la estación central en tierra firme.

Hay que destacar que la máquina está diseñada para tener una vida útil de 15 años aproximadamente.

ESPECIFICACIONES ENERGÉTICAS

Como ya se ha dicho, Pelamis utiliza la energía que producen las olas del mar, y a pesar de que el rendimiento que obtiene no es óptimo, puede generar una gran cantidad de electricidad con unas pérdidas contenidas.

La potencia que puede desarrollar el movimiento de las olas se puede obtener conociendo la longitud entre crestas, el período y la altura de las olas:

$$P = \frac{\rho g^2}{16\pi} H^2 T \qquad \text{[Ec.1]}$$

Con la [Ec.1] se obtiene la potencia de ola por metro atravesado por la misma. Si se conoce la distribución de alturas y periodos de las olas en un año, y también el rendimiento de la instalación, podremos saber la potencia potencial. Hay que tener presente que no todas las alturas de ola resultan adecuadas para el desarrollo de la instalación Pelamis, sino que sólo para un intervalo H se consiguen rendimientos eficientes. En la tabla de la Figura 2 podemos observar las condiciones de funcionamiento de Pelamis en función de la altura de ola y de su periodo.

Significant wave height (H_{m0}, m) \ Power period (T_{pow}, s)	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0
0.5	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle
1.0	idle	22	29	34	37	38	38	37	35	32	29	26	23	21	idle	idle	idle
1.5	32	50	65	76	83	86	86	83	78	72	65	59	53	47	42	37	33
2.0	57	88	115	136	148	153	152	147	138	127	116	104	93	83	74	66	59
2.5	89	138	180	212	231	238	238	230	216	199	181	163	146	130	116	103	92
3.0	129	198	260	305	332	340	332	315	292	266	240	219	210	188	167	149	132
3.5	-	270	354	415	438	440	424	404	377	362	326	292	260	230	215	202	180
4.0	-	-	462	502	540	546	530	499	475	429	384	366	339	301	267	237	213
4.5	-	-	544	635	642	648	628	590	562	528	473	432	382	356	338	300	266
5.0	-	-	-	739	726	731	707	687	670	607	557	521	472	417	369	348	328
5.5	-	-	-	750	750	750	750	750	737	667	658	586	530	496	446	395	355
6.0	-	-	-	-	750	750	750	750	750	750	711	633	619	558	512	470	415
6.5	-	-	-	-	750	750	750	750	750	750	750	743	658	621	579	512	481
7.0	-	-	-	-	-	750	750	750	750	750	750	750	750	676	613	584	525
7.5	-	-	-	-	-	-	750	750	750	750	750	750	750	750	686	622	593
8.0	-	-	-	-	-	-	-	750	750	750	750	750	750	750	750	690	625

Figura 2. Tabla rendimiento / periodo / altura de ola.

En el diagrama podemos ver, en rojo, las situaciones donde la potencia desarrollada por la instalación es máxima (de 750kW). Esta zona se encuentra para alturas mayores de 5,5 metros y un período de olas inferior a los doce segundos. A partir del diagrama se observa que la potencia no es del todo una función lineal del periodo, a pesar de la fórmula teórica antes citada. Se observa que a altura constante, la potencia aumenta con el periodo hasta unos 8 segundos. Para periodos inferiores a los 6 segundos no se aprovecha del todo la oscilación de las olas debido a la proximidad entre ellas. Para valores grandes del periodo entre olas existen intervalos de tiempo en que se desaprovecha la capacidad de la instalación. Sí que es fácil comprender que

la potencia siempre crezca con la altura de ola dado que, como vemos en la [Ec.1], el término H influye más sobre la potencia que el periodo (pues está al cuadrado). Esto es perfectamente lógico ya que a mayor dimensión de ola más se tiene que mover la serpiente, accionando el sistema de pistones en las articulaciones entre módulos. En la Figura 2 podemos ver que hay situaciones imposibles, ya que para periodos muy pequeños no pueden darse olas de mucha altura.

Los datos que han permitido elaborar este diagrama también han servido para dibujar un mapa con las potencias de las olas en algunos puntos clave de la costa del mundo, como el que se ve en la Figura 3.

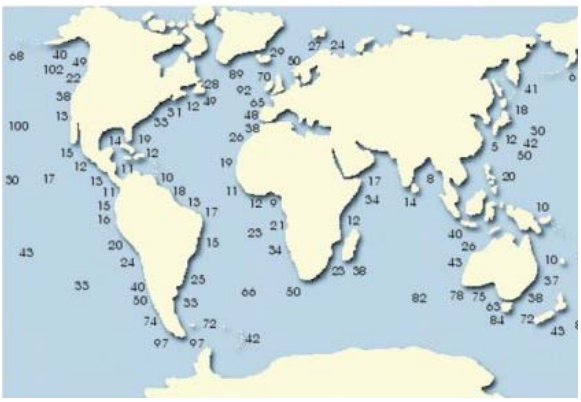


Figura 3. Mapamundi representando la potencia de olas en distintos lugares de la costa.

En la Península Ibérica la mayor potencia de ola se da en Galicia y es de 55 kilovatios por metro. En el Algarbe (Portugal) disminuye hasta unos 33kW/m. En el Mediterráneo los valores son mucho menores, oscilan entre los 8 y los 10 kilovatios. Sin embargo, según el ingeniero portugués Rui Barros, que dirige la planta de Aguçadora en Portugal, la tecnología actual no permite funcionar con potencias menores de 20 kilovatios por metro. A nivel europeo las mayores potencias se dan precisamente en Escocia, país en el que se ha desarrollado el proyecto, y son de 67 kilovatios por metro.

ASPECTOS AMBIENTALES

Se calcula que las emisiones que puede producir la instalación son de 25g/kWh. Esto supone que se podrían ahorrar 2.000 toneladas de emisiones de CO_2 al año respecto a una instalación de gas o petróleo convencional.

La estructura rígida de Pelamis está hecha básicamente de balasto y acero ligero, y en menor medida de cobre, goma, plásticos y acero inoxidable. La superficie del aparato que está en contacto con el aire se protege con una capa de pintura para evitar la corrosión; mientras que la parte sumergida se protege con una capa catódica mediante un ánodo de sacrificio. Pelamis requiere de ciertos fluidos para su funcionamiento. Aunque estos líquidos son biodegradables en ambientes marinos, en el caso de que se produjera una fuga existen dos sistemas de salida-entrada de agua. Para que el líquido escapara al mar deberían de estropearse los dos sistemas.

Figura 4. Vista aérea de uno de los aparatos Pelamis

Es cierto que la máquina provocará un importante impacto visual, debido a sus enormes dimensiones (a pesar de que la mitad de la estructura está sumergida). Además, la serpiente está pintada en rojo para así ser más visible para los navegantes. En la Figura 4 se pueden observar las grandes dimensiones de Pelamis en comparación a una embarcación de mantenimiento. Toda la zona de la instalación está delimitada por balizas de señalización, y cada Pelamis está dotado de luces amarillas intermitentes cada cinco minutos para alertar a los barcos.

El impacto que la instalación de estas máquinas puede provocar sobre las costas es mínimo. La potencia de las olas en alta mar se ha disipado en más del 80% antes de llegar a la costa, debido fricciones del agua con el fondo marino. Pelamis no altera en absoluto la potencia de las olas, ni tampoco tiene ningún efecto sobre su periodicidad.

Como ya se ha dicho, cada una de las estructuras tiene un sistema de anclaje al fondo mediante unos cables y unas estructuras fijadas en el lecho marino. La presencia de dichas amarras pude distorsionar el fondo marino durante su instalación, sin embargo, también es cierto que a la larga constituyen un foco de actividad marina. Se ha demostrado que las estructuras actúan como un arrecife, sirviendo de cobijo para todo

tipo de peces, y creando un nuevo ecosistema subacuático. Esto también provoca que aumente el alimento de los pájaros y que se produzca una concentración de aves. Éstos difícilmente pueden estar en peligro por la estructura flotante dado que su movimiento rotacional es mínimo y lento y no existe movimiento traslacional. En consecuencia, se contempla la posibilidad de, una vez finalizada la vida de funcionamiento de la máquina, dejar las amarras y cuerdas para no volver a modificar el nuevo ecosistema que ha nacido.

CONCLUSIONES

A pesar de todas las ventajas ambientales de esta nueva tecnología, su implantación en el futuro como energía renovable, rentable y barata, no está muy clara.

1. Se calcula que el aprovechamiento de la energía de las olas puede llegar a los 2.000TWh/año, sin embargo, llegar a esta potencia supondría una inversión mundial de unos 600.000 millones de euros. Ésta no es una cifra disparatada si se tiene en cuenta que la inversión en las energías nuclear e hidroeléctrica tuvo un orden de magnitud muy similar. Además tanto la energía fotovoltaica como la solar al inicio de su desarrollo requerían de inversiones parecidas, y con el tiempo, las innovaciones tecnológicas han permitido reducir los gastos año a año. Desde el Centro de Energía de las Olas portugués se señala que "en cuanto haya proyectos a gran escala, se acumule experiencia y exista una producción en serie, los costes bajaran exponencialmente". Así que cabe creer que la energía olamotriz podrá llegar a ser una fuente relativamente barata de energía, aunque para arrancar necesite de una gran inversión pública a nivel mundial.
2. Se calcula que una instalación funcionando a un nivel de oleaje medio anual de unos 40kW/m devolvería la energía invertida en él en menos de 20 meses. Asimismo, si se llegara a construir la instalación que hay prevista en las costas gallegas, "Galicia podría ser autosuficiente" apunta José Luís García, responsable de Energías Renovables de Green Peace España.

Estas previsiones son un ejemplo de las grandes esperanzas que hay puestas en el proyecto Pelamis. Si los países con más recursos económicos llevan a cabo fuertes inversiones en energías renovables, junto con una política fiscal que incentive estos proyectos en detrimento de los sistemas más contaminantes, Pelamis puede llegar a tener un importante papel, pues ofrece un océano de posibilidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LUGILDE, Anxo. *Olas de luz*. Artículo publicado en La Vanguardia el domigo 16 de Noviembre de 2008, pàg. 34-35.

http://www.pelamiswave.com
http://es.wikipedia.org
http://www.portalenergia.es
http://www.wave-energy.net
http://www.alternative-energy-news.info

CENTRALES SOLARES CON ALMACENAMIENTO CON SALES

David Maestro Sáez
Manuel Villarroya Marquina

RESUMEN

Las centrales solares son una fuente de energía limpia y renovable, pero presentan un gran inconveniente: su producción es instantánea, y ello conlleva discontinuidad en la conducción de energía a la red. Los depósitos de sales fundidas son una interesante solución a este problema, pues homogeneizan la producción a la par que prolongan los periodos de generación.
Les centrals solars són una font d'energia neta i renovable, però presenten un gran inconvenient: llur producció és instantània, i això comporta discontinuïtat en la conducció de l'energia a la xarxa. Els dipòsits de sals foses són una interessant solució a aquest problema, puix que homogeneïtzen la producció a la vegada que perllonguen els períodes de generació.

INTRODUCCIÓN

La generación y obtención de energía eléctrica es, ahora mismo, un problema de repercusión global. El mundo actual necesita de este tipo de energía para desarrollar sus diferentes actividades económicas y sociales. Además, dada su elevada demanda, es de una importancia crucial la sostenibilidad en su producción. En este contexto, las centrales solares térmicas se presentan como unas grandes generadoras renovables, que usan el calor de los rayos solares como fuente térmica. Pero dado que la producción de energía eléctrica es instantánea, el principal problema de este tipo de centrales es la dependencia directa de los periodos de radiación del sol para generar electricidad (si luce el sol, se produce energía; si el cielo se nubla o cuando se pone el sol, no). De este modo, es costoso gestionar y coordinar la producción de energía eléctrica con su demanda, ya que ambos conceptos varían de manera independiente a lo largo de un mismo día.

Una solución a este problema son las plantas de almacenamiento con sales. Estas centrales son capaces de almacenar energía térmica sobrante durante el día, y de usarla en momentos de baja intensidad solar para continuar con la producción de electricidad. A continuación se presenta el caso de la planta Andasol I en Granada, pionera a nivel mundial en cuanto a tecnología comercial de estas características.

OBJETIVOS

En este trabajo se intentará explicar la realidad de las centrales termosolares con almacenamiento con sales: su funcionamiento, principales ventajas e inconvenientes, las franjas de producción... En particular, se seguirán estos puntos:

1. Funcionamiento de una central termosolar convencional y con acumuladores salinos.
2. Franjas en que se produce energía en ambas centrales.
3. Facilidades de gestión que aporta el sistema de acumulación por sales.
4. Perspectivas de futuro en el sector.

FUNCIONAMIENTO

Una central solar térmica convencional basa su funcionamiento en el aprovechamiento de la energía de la radiación solar para calentar un fluido, el cual, conducido por unos tubos, intercambia calor con el llamado *ciclo de vapor* (conjunto de tuberías por las que circula vapor de agua a alta presión). Este vapor se usa para mover una turbina, que a su vez actúa sobre un alternador, el cual genera una corriente eléctrica que se suministra a la red.

Este sistema turbina-alternador es el utilizado en la mayoría de centrales generadoras para convertir la energía primaria en eléctrica. Para que su funcionamiento sea efectivo, se necesitan temperaturas elevadas para mantener el ciclo de vapor (en el rango de 300-400 ºC). Para ello, se concentran los rayos solares mediante espejos enfocados bien hacia una torre central, bien hacia una tubería local que recorre los espejos y por la que circula un fluido térmico (en ocasiones agua, pero por lo general aceites sintéticos, que permiten trabajar con mayores temperaturas). Este fluido intercambia calor con el ciclo de vapor, manteniéndolo a una temperatura suficiente para que haga funcionar el grupo turbina-generador.

En el caso de una central con almacenamiento salino, el campo solar es mayor que el de una central termoeléctrica tradicional. La energía térmica sobrante acumulada en momentos de máxima insolación se invierte en calentar grandes tanques de sales fundidas. Mientras que una central térmica convencional pararía su producción o usaría un quemador de fuel o gas

auxiliar si disminuyese la radiación solar, en este tipo de central es posible continuar generando electricidad, aprovechando la energía térmica acumulada en las sales fundidas.

Esta tecnología de acumulación con sales ha sido desarrollada durante los últimos veinte años en la central Solar Two de Barstow, California; esta instalación se ha constituido en referencia para el diseño de posteriores centrales de acumulación, como es el caso de Andasol I.

El complejo de Andasol (Guadix, Granada), en el que se han invertido 260 millones de euros, es el primero del mundo en implantar esta tecnología en una central eléctrica comercial. Se trata de una central solar térmica con una turbina de potencia nominal de 50 MW, que cuenta con un extenso campo solar de colectores cilindro-parabólicos en serie; la tubería recorre el campo, de 510.120 m^2 de superficie, mientras los colectores van aumentando la temperatura del fluido térmico que por ella circula. Este fluido intercambia calor en dos ciclos diferentes: uno en el que lo hace con las sales fundidas y otro con el vapor que atraviesa la turbina.

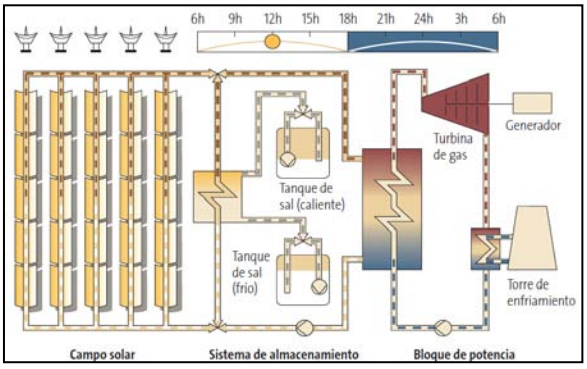


Figura 1. Esquema de la central Andasol I.

Respecto a las sales, se trata de un compuesto formado por un 60% de $NaNO_3$ y un 40% de KNO_3, con punto de fusión en 221 ºC. La masa de sales (28.500 tm en total) está repartida en dos depósitos conectados, un tanque frío a 290 ºC y otro caliente a 390 ºC, e intercambia calor con el fluido al pasar de uno a otro mediante bombas. La energía térmica que el sistema es capaz de almacenar es de 1.010 MWh.

Con un conjunto de válvulas y bombas, se puede gestionar por qué ciclos circula el fluido térmico. Así pues, en momentos de máxima insolación éste transmite calor al vapor y a las sales, mientras que en periodos de baja irradiación son las sales fundidas las que calientan el fluido a una temperatura suficiente para que este, a su vez, pueda mantener la temperatura del vapor. La flexibilidad aportada por esta reversibilidad del sistema es una característica importantísima de cara a la gestión del suministro eléctrico de la central.

HORARIO SOLAR

La central comienza su funcionamiento con la salida del sol. Los rayos solares inciden en los espejos, que redirigen su luz hacia los tubos en los que se calienta el fluido térmico.

Las horas de irradiación y la intensidad de las mismas varían según la latitud en que se encuentra la central: a mayor proximidad con el Ecuador terrestre, mayor irradiación. También influye la época del año, naturalmente: en verano hay más horas útiles de radiación que en invierno.

En una central como Andasol I, las horas de generación directa por radiación (sin tener en cuenta la energía generada por los depósitos) rondan las 6-7 en invierno, mientras que en verano se alcanzan las 12-14. Es en ese contexto en el que sale a relucir la utilidad de los depósitos de sales: mientras que en una central solar convencional el campo solar genera energía exclusivamente para suministrarla a la red, en las centrales con acumuladores salinos una parte del calor se almacena en estos depósitos. Así se produce en paralelo una reserva de energía, disponible en todo momento para ser introducida en la red.

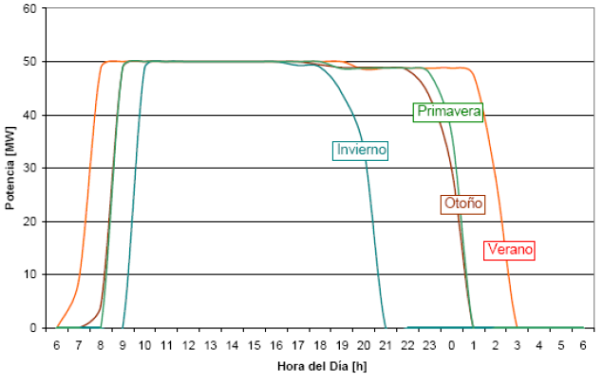


Figura 2. Franjas productivas según estación.

En periodos de mayor insolación la capacidad de reserva de las sales puede alcanzar las 7,5 horas de operación con la turbina a plena carga (50 MW). Esto, en la práctica, añadido a las horas de generación solar directa durante el día, permite que la planta produzca electricidad durante 18-20 horas en verano y 8-10 en invierno, lo que suma un total de 3.644 horas de operación anuales; de las cuales la energía debida a la aportación de los acumuladores representa el 35% del total generado.

VENTAJAS DE GESTIÓN

El principal punto a favor (y seguramente el de mayor vistosidad) de las centrales de acumulación con sales es la posibilidad de

«producir energía por la noche». Los depósitos de sales almacenan energía durante el día, y parte de ella se utiliza para cubrir los "baches" de producción, pero la gran mayoría se queda en reserva. ¿Y cuando se pone el sol? Entonces se activa el circuito de las sales, y éstas transmiten el calor acumulado al fluido térmico. Así, en horas en que la generación de electricidad sería impensable para una central solar tradicional, las centrales con tanques de acumulación continúan suministrando energía procedente del sol.

Se trata de un gran paso adelante para las centrales solares. Si su gran limitación, inherente a su naturaleza (la producción de energía eléctrica sólo es posible si se sigue el horario solar), se ve superada en gran medida gracias al sistema de acumulación, el modelo de generación eléctrica solar gana enteros frente a sus competidores.

Otra de las ventajas importantes que el sistema de acumulación aporta es la estabilidad: la seguridad de saber que se dispone en todo momento de un sistema secundario de generación que no se ve afectado por periodos de cielo nublado o lluvia, y que permite seguir suministrando electricidad de forma continua. La Red Eléctrica de España (REE) clasifica Andasol I como una central eléctrica con «generación previsible de energía». Esto significa que, a diferencia de las centrales solares convencionales u otro tipo de renovables (p.ej. las centrales eólicas), la generación de electricidad se presupone estable; gracias a los depósitos salinos, no hay baches en el suministro de la electricidad.

De hecho, para superar dichos baches, la gran mayoría de centrales solares tienen un sistema generador alternativo, por combustión de fuel o gas natural, para producir energía en estos casos en que la radiación no basta para activar el ciclo de vapor. Desde la perspectiva medioambiental, los depósitos de sales constituirían una alternativa a los quemadores auxiliares integrada en el ciclo solar (no se dependería de una fuente externa, la producción sería 100% de origen solar) y mucho más ecológica, pues no se emitiría CO_2, ya que no habría consumo de combustibles fósiles. Se estima que la producción anual evitada de CO_2 por la central Andasol I es de 152.000 tm.

También desde el punto de vista económico se aprecian ventajas significativas en el modelo con acumuladores: mientras que la producción es continua en el caso de las centrales tradicionales, y toda la energía producida se vierte en la red o se pierde, en las centrales con acumulación se dispone de una opción adicional: guardarla en reserva. Así, según la demanda de cada momento, los operadores pueden elegir si suministrar electricidad a plena carga o si es más interesante almacenar energía (p.ej. porque haya excedentes en ese momento). De esta manera, la flexibilidad en la distribución permite al distribuidor jugar con los precios del kWh (la remuneración por la energía aportada a la red es diferente según el momento del día).

PERSPECTIVAS DE FUTURO

El estudio 'MED-CSP', realizado por el Centro Alemán de Aeronáutica y Aeroespacial (DLR), se muestra bastante optimista respecto al papel que pueden desempeñar las centrales térmicas solares a medio y largo plazo, que de forma progresiva irán adquiriendo un peso específico mayor en el panorama mundial de producción de electricidad.

A mediados de este siglo, se espera haber reemplazado la mayoría de centrales eléctricas operadas con combustibles fósiles por centrales renovables. Mientras tanto, con el objetivo de reducir emisiones de gases contaminantes (CO_2 principalmente), es deseable integrar de forma paulatina tecnología termosolar en las centrales eléctricas convencionales. Se crean, así, plantas híbridas que usan quemadores de recursos fósiles a la vez que aprovechan la radiación solar, en lugar de centrarse exclusivamente en la combustión como principal fuente de energía.

En la actualidad, las centrales térmicas solares, del mismo modo que otras productoras renovables, necesitan subvenciones para asegurar su rentabilidad. Eso es debido a que su producción aún no se ha generalizado, y en ocasiones los costes económicos (aun contando el peso de las tasas e impuestos ecológicos) todavía son mayores en el caso de las renovables que en el de la fósil. No obstante, se espera que en 2025 la situación se haya revertido. Las causas de este cambio serían un aumento en la demanda energética renovable (la cual conllevaría una reducción de costes de componentes), producida por la escasez de recursos fósiles y los gravámenes a dichos recursos; así como los avances tecnológicos en el campo de aplicación de las centrales solares. Estos avances irían dedicados especialmente al aumento del rendimiento total de la planta, que en la actualidad se encuentra en el 15% de media anual (28% a plena carga).

A día de hoy, un ejemplo ya en uso de mejora técnica sería la utilización de acumuladores térmicos con sales como complemento a una central termosolar convencional. Su eficacia ha sido demostrada ya que el calor se almacena de forma más eficiente y económica que la electricidad. Esto hace que las centrales con acumuladores sean más competitivas frente a sus homólogas tradicionales, y también en comparación con las otras renovables (eólica,

fotovoltaica). En esta línea, la DLR, en el citado estudio, se atreve a afirmar que, con un crecimiento y desarrollo adecuados, para el año 2050 en la zona mediterránea la energía producida por centrales termosolares con acumuladores sería capaz de doblar la producción fotovoltaica, eólica, geotérmica y de biomasa juntas.

A largo plazo se prevé que el mercado principal del sector termosolar será el sureste de los Estados Unidos (pues es ahí donde comenzaron a operar de forma comercial las primeras centrales termosolares, hace ya unos veinte años), aunque también hay proyectos para desarrollar centrales en la zona mediterránea, en el norte de África o en el Oriente Próximo.

CONCLUSIONES

Las centrales térmicas solares con acumuladores de sales suponen un progreso importante frente a las centrales solares tradicionales. Las ventajas principales son las siguientes:

1. Mayor autonomía. Las sales aumentan en un 35% las horas de producción útil; con las condiciones propicias, casi se puede llegar a producir ininterrumpidamente durante 24 horas.
2. Aumento de la estabilidad productiva. Los episodios puntuales de "desconexión solar" (cielo nublado) pueden evitarse gracias a las reservas energéticas almacenadas en las sales. La producción se homogeneiza y no es tan dependiente de la climatología.
3. Mayor rendimiento de la planta. La inclusión de los acumuladores aumenta el rendimiento total de la central, pues parte de la energía que en una central tradicional se perdería se almacena en los depósitos. Hay que destacar la facilidad de acumulación de la energía en forma de calor, más que en forma de electricidad (inviable en grandes cantidades, no hay 'baterías' suficientemente potentes).
4. Menor contaminación. Con las reservas de sales no es necesario recurrir a un quemador auxiliar (generador de CO_2) como apoyo, no al menos para superar los baches de producción debidos al cielo nublado.
5. Facilidad de gestión. Aporta gran flexibilidad en la distribución de la electricidad, pues permite jugar con la demanda y las tarifas horarias para ajustar la generación a los intereses económicos y energéticos.

Aun así, hay que tener en cuenta que todavía estamos hablando de una central solar, con todas las limitaciones que su naturaleza comporta:

1. Dependencia del clima y de la latitud. No todo emplazamiento es bueno para instalar una central solar; son necesarias muchas horas útiles de sol para que el sistema sea rentable. Los países más adecuados son los más próximos al Ecuador terrestre; no es una solución eficiente para los países nórdicos.
2. Gran cantidad de espacio ocupado. Una central solar necesita de grandes explanadas, libres de obstáculos para la luz del sol; esto implica que en un ambiente urbano, con alta densidad de población, sería francamente difícil su construcción.
3. Coste de la instalación. Aun cuando el monto del mantenimiento es reducido, la inversión inicial es considerable, y aún más en el caso de las centrales con acumuladores, ya que los campos solares son aún mayores, con los gastos adicionales que ello conlleva.
4. Baja eficiencia. A pesar del progreso continuo que se lleva a cabo en el sector, la tecnología energética todavía tiene un rendimiento muy bajo. Una central solar, aun con acumuladores de sales, no tiene una eficiencia mayor al 20%.
5. Factores sociales. Existe un cierto recelo para con las centrales de energía renovable, tanto por parte de los inversores ("¿es rentable una inversión como ésta?"), como por la de los usuarios ("¿esta central no será más un problema que una solución?"), que puede dificultar la aparición de proyectos de este tipo. Afortunadamente, las campañas informativas van reduciendo, de forma progresiva, tales reservas. Este recelo, no obstante, es importante de cara a los inversores, pues pueden verse abocados a exigir un quemador de fuel auxiliar "por si acaso la central no aporta suficiente energía", lo cual es ecológicamente reprobable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Biello, D. (2009). *How to Use Solar Energy at Night*. Scientific American, edición web. http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-to-use-solar-energy-at-night

Solar Millenium AG. (2008). *Las centrales eléctricas de colectores cilindro parabólicos: De Andasol 1 a 3*. Editado por Solar Millenium AG, Erlangen. Edición web. http://www.solarmillennium.de/upload/pdf/Andasol1-3spanisch.pdf

Volker-Quaschning.de, Regenerative Energien und Climaschutz. http://www.volker-quaschning.de/articles/fundamentals2/index.php

Cerrillo, A. (2009). *La energía solar ya da electricidad de noche*. La Vanguardia, edición del lunes, 12 de octubre de 2009, pág. 20-21. Edición web.

http://hemeroteca.lavanguardia.es/preview/2009/10/12/pagina-20/79421819/pdf.html

http://hemeroteca.lavanguardia.es/preview/2009/10/12/pagina-21/79408432/pdf.html

LA TRANSFORMACIÓ DEL DELTA DEL LLOBREGAT

Juan Pablo Martínez Molina

RESUM

El delta del Llobregat és un espai transformat per l'acció humana. Les diferents etapes han deixat empremta sobre aquest territori, que s'ha convertit en un indret ple de contrastos. Enmig d'aquest mosaic de paisatges destaquen, pel seu valor, els espais naturals. Gestionar-los i conservar-los és avui dia una prioritat.

El delta del Llobregat es un espacio transformado por la acción humana. Las diferentes etapas han dejado huella sobre este territorio, que se ha convertido en un lugar lleno de contrates. En medio de este mosaico de paisajes destacan, por su valor, los espacios naturales. Gestionarlos y conservarlos es hoy en día una prioridad.

INTRODUCCIÓ

El delta del Llobregat és un territori pla i en forma de ventall, amb un arc de circumferència d'uns vint-i-tres quilòmetres de front litoral i 97 km^2 d'extensió; s'extén al sud de la ciutat de Barcelona, entre la muntanya de Montjuïc i el massís del Garraf i, vers l'interior, arriba fins el congost de Martorell.

La plana deltaica és un territori singular. Es va començar a formar fa aproximadament 18.000 anys, però només en fa uns 2.300 que el nivell del mar es va estabilitzar i es va iniciar la formació del delta actual, que pateix contínues transformacions, determinades pel difícil equilibri entre el mar i la terra i per les variacions del riu. Això explica l'existència del paisatge més característic del Delta: la franja d'aiguamolls litorals, hereus de la barreja entre el mar i la terra, entre la sal i l'aigua dolça, entre la sorra, les argiles i els llims. Avui dia aquests espais estan protegits i constitueixen el principal patrimoni del Delta.

OBJECTIUS

1. Estudiar com l'acció decisiva de l'home ha alterat profundament la fesonomia del Delta al llarg de la història.
2. Destacar la importància ambiental dels espais naturals del delta del Llobregat.
3. Conèixer els reptes de futur que es plantegen en aquest territori fràgil, sotmès a una intensa pressió transformadora.

LA DIFÍCIL SUPERVIÈNCIA AL DELTA

Durant molts segles, el delta del Llobregat fou una terra inhòspita i pràcticament despoblada. Grans extensions d'aiguamolls litorals, frondosos boscos de ribera a les vores del riu i platges amb enormes camps de dunes formaven el seu paisatge natural.

Diferents factors expliquen la dificultat de poblament, però tots ells es troben relacionats amb la presència del riu Llobregat i amb l'existència de maresmes inundables al Delta. Les inundacions del mar en els terrenys baixos juntament amb les contínues riuades que anegaven tot el Delta feien molt difícil l'ocupació humana. La vida es feia extraordinàriament dura.

Aquesta situació precària, de domini total del medi sobre l'ocupació humana, comença a modificar-se lentament a partir del segle XV amb la rompuda de noves terres i el conreu de nous productes.

L'AGRICULTURA, PRIMERA TRANSFORMACIÓ

Quan les maresmes es comencen a dessecar per ser convertides en terres de conreu, s'inicia la primera gran transformació del territori. Això representa un augment substancial de la superfície conreada que a principis del segle XVI ja és d'una quarta part del territori deltaic existent.

Aquesta situació d'avanç lent però continuat esdevé una constant fins al segle XIX i, de manera molt general, permet definir unes característiques que poden exemplificar les relacions entre la presència humana i el medi en aquest llarg període.

Aquest llarg període de primera transformació del territori representa, en síntesi, l'avanç de l'agricutura en detriment dels aiguamolls. Tot es veurà substancialment alterat a partir del desenvolupament, al llarg de la segona meitat del segle XIX, de diferents sistemes d'obtenció d'aigua com la construcció dels canals de reg paral.lels al riu i el descobriment de l'existència de les aigües artesianes, que permetran la implantació de l'agricultura de regadiu amb el consegüent desenvolupament econòmic i social.

Tot aquest procés implica una transformació important del territori deltaic, ja que es constata un increment en la superfície conreada i una millora substancial de les terres fèrtils en detriment de les terres que no són conreables, bàsicament maresmes o marines. Al final d'aquest llarg període, durant les primeres dècades del segle XX, el paisatge primigeni del Delta ja ha estat molt transformat i els conreus esdevenen l'element dominant.

LA SOCIETAT INDUSTRIAL, UN CANVI RADICAL

El canvi més profund del paisatge del Delta va aparellat a la implantanció i el desenvolupament de la societat industrial. L'arribada de les primeres indústries a la zona es produeix al principi del segle XX, i ho fan atretes per l'abundància d'aigua i la proximitat a la ciutat de Barcelona. En aquest primer període, però, l'impacte ocasionat per les indústries és reduït i no serà fins a les dècades dels anys 50 i 60 que es començarà a consolidar, com a dominant, el sector secundari. L'agricultura cedeix espai a la instal.lació de polígons industrials, sense cap planificació ni ordenació prèvia, i el ciment va cobrint poc a poc les terres del Delta, de manera que a més dels impactes ambientals derivats de les diferents activitats industrials (contaminació atmosfèrica, acústica, aquàtica...) es redueix cada cop més la superfície que permet la filtració d'aigües a l'aqüífer.

La implantanció de les noves activitats provocarà un intens fenomen d'immigració i els nuclis del Delta veuran com la seva població es multiplica en pocs anys. Aquest procés té com a conseqüència directa el creixement urbanístic desmesurat i caòtic de les ciutats, ja que no es van preveure aspectes com la xarxa de clavegueram, l'eliminació de residus o la depuració de les aigües. Tot això explica que, a més de la profunda transformació del paisatge, en aquesta etapa es produeix una profunda degradació de l'estat de conservació del medi ambient al Delta i molt especialment del medi aquàtic en totes les seves manifestacions, l'aqüífer superficial i profund, el riu, les aigües marines i els estanys. Paral·lelament es va trencant el funcionament del Delta com a sistema i l'equilibri entre els seus components naturals i antròpics.

Es produeix, també, un desconeixement generalitzat dels valors naturals i de la realitat històrica del territori que passa a ser durant dècades un element menystingut i sotmès a un creixent procés de suburbialització.

EL MOSAIC ACTUAL

Avui en dia el delta del Llobregat és un espai ple de contrastos on hi conviuen un gran nombre d'activitats. En aquest context s'explica que el Delta es veiés sovint des de la centralitat metropolitana com un espai "buit" susceptible de satisfer les necessitats territorials de moltes infraestructures bàsiques.

Siguin les tres fotografies aèries següents (Figura 1) un exemple de la gran pressió humana a què ha sigut sotmès el Delta a partir de la segona meitat del segle passat. Al centre de la primera imatge feta el 1947 es pot apreciar l'estany de l'Illa al costat de l'estany de la Ricarda. Als anys setanta, aquest estany va ser dessecat per construir el camping cala Gogó com es pot apreciar a la segona fotografia de l'any 2001. I posteriorment, amb la construcció de la tercera pista de l'aeroport el 2004 la instal·lació va ser expropiada i ocupada per la nova infraestructura tal i com veiem a la darrera imatge del 2009.

Figura 1. La pressió humana al Delta.

A partir dels anys 60, els espais lliures (agrícoles i naturals) del Delta van començar a ser ocupats massivament per les grans infraestructures que necessitava Barcelona (port, aeroport, vies de comunicació, superfícies comercials i de serveis).

Per tant, la línia evolutiva de tot el procés de transformacions actuals del Delta obeeix a una subordinació a les necessitats de la metròpoli barcelonina. Com a conseqüència, la diversitat d'activitats implantades al Delta constitueix avui un autèntic mosaic: elements corresponents a les més recents transformacions deltaiques (grans nuclis urbans, importants polígons industrials, complexes xarxes de carreteres i ferrocarrils, infraestructures bàsiques com l'aeroport i el port) coexisteixen amb mostres del paisatge originat en etapes anteriors (àmplies zones agrícoles, aiguamolls, pinedes, platges poc transformades, etc).

A partir d'aquesta complexa realitat territorial, es produeix, a meitat de la dècada dels anys 80, un procés de revalorització de les característiques especials i diferenciades del Delta.

ELS ESPAIS NATURALS DEL DELTA

Els espais naturals del delta del Llobregat són una de les zones més importants de Catalunya quant a l'educació ambiental i la recerca. No hi ha cap gran metròpolis a la Mediterrània que gaudeixi d'uns aiguamolls d'importància internacional a les seves portes. És un indret per visitar-lo, per descobrir-hi el medi natural i gaudir-hi del paisatge, un indret on les condicions d'observació de flora i fauna són excepcionals. La figura 2 quantifica la gran diversitat biològica que alberguen.

Figura 2. La natura del Delta en xifres.

Els espais naturals estan situats al costat de camps de conreu, envoltats d'algunes de les infraestructures més importants del país i molt a prop de les principals ciutats metropolitanes. Hi podem trobar diferents ambients naturals:

1. Els estanys i les maresmes. Els estanys són l'element característic del paisatge deltaic i tenen un interès científic molt elevat, atesa la seva riquesa ornitològica. Els estanys més grans, com la Ricarda i el Remolar, situats a la línia litoral, presenten un estat semblant al natural; els altres més petits tenen orígens diversos. Les maresmes són l'ambient més ric en fauna del Delta, lloc de cria, repòs i alimentació de molts ocells migratoris.
2. La platja. Les platges del Delta tenen importants valors naturals, ja que conserven les comunitats vegetals i animals pròpies dels sorrals costaners i fan compatible l'ús públic amb la conservació dels seus hàbitats.
3. Les pinedes. Al Delta hi trobem algunes de les pinedes sobre dunes més ben conservades de tot el litoral català. Constitueixen un hàbitat escàs que ha estat declarat de conservació prioritària per la Unió Europea.
4. El riu Llobregat. El riu és l'element vertebrador del territori, formador del Delta. Té un paper molt important com a connector biològic entre el litoral i l'interior.

Cal destacar la importància internacional del Delta per a l'avifauna. S'hi han citat més de 350 espècies d'ocells. És un punt estratègic dins la ruta migratòria de la Mediterrània occidental, que uneix Europa i Àfrica. El Delta compta amb 20 hàbitats naturals d'interès europeu, 3 dels quals són d'interès prioritari, amb l'objectiu de conservar-los. El Consell de les Comunitats Europees ha declarat ZEPA (zona d'especial protecció per a les aus) més de 900 hectàrees, que estan protegides com a Xarxa Natura 2000, i d'aquestes, prop de 500 hectàrees són Reserva Natural Parcial.

Els espais naturals del delta del Llobregat tenen un equilibri constant però dinàmic, tenen uns valors naturals intrínsecs que els atorguen importància mundial, i uns valors estratègics quant a l'ús públic i l'educació ambiental de primera magnitud.

EL PLA DELTA I ELS REPTES DE FUTUR

La intensa pressió transformadora que ha caracteritzat el Delta durant tota la segona meitat del segle XX, lluny d'esmorteir-se, es troba en el moment més àlgid, principalment a causa de la implantació de les infraestructures logístiques i de comunicació del Pla Delta.

El Pla Delta és un conveni de cooperació en infraestructures i medi ambient en el delta del Llobregat que es va signar el 1994. Els projectes i obres que es desenvolupen en el marc del Conveni del Pla Delta són: l'ampliació de l'aeroport, l'ampliació del port, la nova estació depuradora del Baix Llobregat, el desviament del riu Llobregat i les noves infraestructures viàries i ferroviàries. La figura 3 permet compara l'estat del Delta abans i després de l'aplicació del Pla Delta. L'objectiu principal del Pla és convertir aquest àmbit geogràfic en el principal centre distribuïdor del sud d'Europa mitjançant la construcció d'una plataforma logística que esdevindrà un element clau per al

desenvolupament econòmic de Catalunya i una zona estratègica dins de la Unió Europea, tot garantint i potenciant, alhora, els valors paisatgístics i mediambientals del territori deltaic.

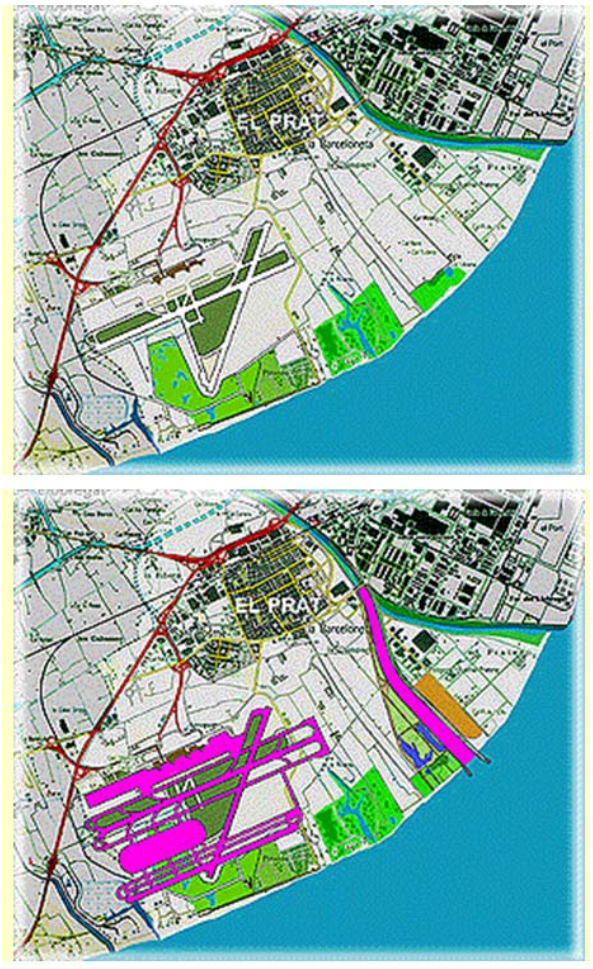


Figura 3. Les actuacions del Pla Delta.

El delta del Llobregat atresora una elevada diversitat d'espècies vegetals i animals, com a conseqüència de la varietat d'hàbitats presents en aquest territori i de la riquesa en formes de vida d'alguns d'ells, particularment els aiguamolls. L'intens procés de transformació humana que ha experimentat i encara experimentarà el Delta i els processos que l'han acompanyat, com la urbanització progressiva del territori, la contaminació de les aigües, la fragmentació dels espais naturals restants etc han conduït a una pèrdua global de diversitat biològica. Per invertir aquesta situació és necessària una política decidida que proposi mesures concretes d'actuació.

Per garantir la gestió i la protecció dels espais naturals del delta del Llobregat, el 2005 es va crear el Consorci dels Espais Naturals del Delta del Llobregat. Actualment està en fase de redacció el Pla Especial de Protecció del Medi Natural i del Paisatge del Delta del Llobregat, que veurà la llum properament i que serà el marc legal que permetrà garantir l'equilibri territorial necessari, així com establir una guia segons la qual sigui possible la conservació i potenciació dels valors ecològics, paisatgístics, científics i culturals del delta del Llobregat.

CONCLUSIONS

1. El delta del Llobregat és un territori en contínua transformació, derivada sobretot del posicionament estratègic del Delta en l'àrea metropolitana, donada la seva morfologia plana i la seva proximitat a Barcelona.
2. El delta del Llobregat és un espai d'indubtable valor ecològic i paisatgístic, per la presència d'hàbitats molt variats, per la posició geogràfica que ocupa dins la via migratòria de moltes espècies d'aus, per la notable diversitat i singularitat pel que fa a la composició d'espècies botàniques i faunístiques, i per la íntima proximitat a entorns extensament i intensament urbanitzats, fet que atorga als espais naturals del Delta una situació de clara excepcionalitat.
3. Els espais lliures del Delta, és a dir les zones naturals i agrícoles, es revelen clarament com la part del mosaic deltaic més fràgil, i en conseqüència la més necessitada de protecció.
4. La societat ha de vetllar per fer compatibles els usos del territori amb la preservació dels espais naturals i dels seus valors paisatgístics, en benefici de la societat actual i de les generacions futures.

REFERÈNCIES

Ajuntament del Prat del Llobregat.
www.elprat.cat
Cases d'en Puig. Centre d'Informació Ambiental - Oficina de Canvi Climàtic.
www.casesdenpuig.com
Consorci per a la Protecció i la Gestió dels Espais Naturals del Delta del Llobregat.
www.deltallobregat.cat
La Porta del Delta. Servei d'Informació i Promoció del Delta del Llobregat.
www.portadeldelta.cat

COCHES HÍBRIDOS: COCHES RESPETUOSOS CON EL MEDIO AMBIENTE

Marta Ojeda Prim

RESUMEN

Un coche híbrido combina dos motorizaciones, un motor de combustión interna y otro eléctrico alimentado por baterías. Son una realidad desde hace muchos años y poco a poco empiezan a hacerse populares por la crisis, alza de combustibles, abaratamiento de la tecnología y concienciación ambiental. Son una solución a tener en cuenta para el futuro immediato.
Un cotxe híbrid combina dos motoritzacions, un motor de combustió interna i un altre elèctric alimentat per mitjà de bateries. Són una realitat des de fa molts anys i poc a poc comencen a fer-se populars per la crisi, l'alça dels combustibles, l'abaratiment de la tecnologia i la conscienciació ambiental. Són una solució a tenir en compte per al futur immediat.

INTRODUCCIÓN

Las zonas climáticas se están desplazando, los glaciares se están descongelando, y el nivel de los océanos se eleva. El planeta se está calentando. Estos son algunos de los anuncios que cada vez con más frecuencia escuchamos, ya no sólo como predicción de los climatólogos, sino como sucesos catastróficos del presente.

Estos acontecimientos de orden meteorológico han alertado a la comunidad internacional, que ve en ellos una amenaza futura para el desarrollo económico y la preservación de las condiciones ambientales necesarias para mantener las distintas formas de vida sobre la tierra, tal como hoy son concebidas. Es lo que se conoce como el cambio climático global y su principal causa es la emisión de gases provenientes de la combustión de fuentes de energía fósil, que provocan el denominado "efecto invernáculo o invernadero". De todos los gases de efecto invernadero el más importante es, sin duda, el dióxido de carbono (CO_2) y la principal aportación de este gas a la atmósfera se realiza mediante el tubo de escape de los vehículos automóviles.

Es por este hecho que las principales marcas de vehículos automóviles trabajan cada día para mejorar los llamados coches híbridos; coches respetuosos con el medio ambiente cuyo objetivo es liberar una menor cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera.

OBJETIVOS

El principal objetivo de este estudio es dar a conocer las posibilidades que ofrecen estos nuevos vehículos con respecto a la disminución del CO2 en la atmósfera; así como también:

1. Exponer su historia y evolución
2. Explicar su funcionamiento y las diferencias con respecto los vehículos automóviles convencionales.
3. Exponer sus ventajas y sus desventajas.
4. Analizar la situación actual de estos vehículos en el mercado.

HISTORIA

La creación de los coches híbridos no es solamente algo de la reciente historia del automóvil, dado que el coche híbrido se ha desarrollado desde el año 1839 en Escocia por Roberto Anderson; donde la gente por aquel entonces también se daba cuenta de la necesidad de algo diferente. En 1970 se desarrolla el primer coche con un motor eléctrico, pero las baterías que daban energía a dicho motor eran muy pesadas y por ello la velocidad y capacidad del automóvil eran bastante limitadas. En 1880, en Inglaterra se hacia un uso bastante común de una especie de taxi eléctrico, los cuales disponían de un grupo de baterías y de un pequeño motor eléctrico el cual podía viajar unos 80 kilómetros antes de tener que cargar de nuevo. Por la época también se creo un coche eléctrico de tres ruedas; y en el mismo año, la compañía Immisch crea un carruaje para cuatro pasajeros que es movido por un motor alimentado por una batería.

En 1900 y en los años siguientes, las compañías empezaron en serio a trabajar con coches híbridos. Produjeron vehículos a vapor y eléctricos que rivalizaron con los coches de gasolina de aquellos años. El primer coche híbrido, mezcla de gasolina y electricidad, fue construido en 1903 por la compañía Krieger. El interés por estos coches declinó debido a la gran competencia en el mercado y al sacar otros fabricantes, como por ejemplo Ford, modelos de gasolina que llamaron más la atención.

En 1966, el gobierno americano sugirió que el uso de los coches híbridos era aconsejable para ayudar a reducir la polución medioambiental.

Cuando los precios de la gasolina se elevaron considerablemente en los años 70, y la contaminación del aire llego a su punto álgido, los fabricantes empezaron de nuevo a investigar con los coches híbridos. En 1997, Toyota introduce el Prius, el cual comenzó de nuevo la revolución de vehículos híbridos.

Hoy en día, cada vez más se tiene en consideración este tipo de coche, aunque en ciertos países se le da más importancia que en otros. Se cree que en el futuro, este tipo de coches será el estándar por los beneficios que ofrece.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de un coche híbrido consiste en la combinación de dos motores, uno de combustión interna y otro movido por energía eléctrica provinente de las baterías. Los sistemas híbridos recogen y reutilizan la energía cinética que se escapa en forma de calor al frenar convirtiéndola en energía eléctrica gracias a los llamados frenos regenerativos.

Las distintas fases de funcionamiento de estos coches son las siguientes:

1. Puesta en marcha: El automóvil se pone en marcha únicamente mediante el motor eléctrico; es silencioso y no se emiten gases de combustión.
2. Conducción: Cuando el vehículo alcanza los 25 ó 30 km./ h, el motor eléctrico llega a su límite y el sistema enciende automáticamente el motor de combustión, con el cual se funciona mientras no se rebaje esa velocidad. Por este motivo, este tipo de vehículo es especialmente indicado para su uso en ciudad, dada la reducción de humos y ruido.
3. Frenado: El motor eléctrico aprovecha la energia cinetica del frenado o de las subidas de cuestas, que normalmente se desperdicia en forma de calor a traves de los neumaticos, convirtiendola en electricidad y almacenandola en la bateria.
4. Aceleración: Al alcanzar altas velocidades, por ejemplo durante los adelantamientos, el motor eléctrico entra en juego de nuevo, complementando y aumentando la potencia proporcionada por el motor convencional, con lo cual aumenta la seguridad de la conducción.
5. Paradas frecuentes: Ante un semáforo en rojo, ambos motores se encuentran apagados, y sólo en el momento de pisar de nuevo el acelerador salta de nuevo el motor eléctrico, hasta el momento en que se sobrepase su capacidad, lo que ocurre a una velocidad de 25 ´30 km. / h., y se haga necesario activar de nuevo el motor de combustión.
6. Conducción en carretera: Durante trayectos por carretera convencional, la batería se recarga aprovechando el movimiento de las ruedas del coche.

La capacidad de este sistema de funcionar únicamente con el motor eléctrico en bajas velocidades, y el hecho de que recupere energía durante los frenados, lo hacen especialmente indicado para su uso en ciudad. A esto hay que añadirle la ventaja de la reducción de ruidos y gases, y el hecho de que disminuya el envejecimiento del motor convencional.

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en la ciudad), hace que estos vehículos alcancen un mejor rendimiento que los vehículos convencionales, especialmente en entornos urbanos, donde se concentra la mayor parte del tráfico, de forma que se reducen significativamente tanto el consumo de combustible como las emisiones contaminantes.

Según su funcionamiento, los coches híbridos se pueden classificar en tres tipos: híbrido en serie, en paralelo y combinado.

En los híbridos en serie el motor de combustión interna no tiene conexión mecánica con las ruedas, sólo se usa para generar electricidad; por lo que el vehículo se impulsa sólo con el motor eléctrico. El motor de combustión funciona a un régimen óptimo y recarga la batería hasta que se llena, momento en el cual se desconecta temporalmente. Un ejemplo de estos coches son los Chevrolet Volt y Opel Ampera.

Los híbridos en paralelo se impulsan con el motor térmico y eléctrico a la vez. El motor térmico es la principal fuente de energía y el motor eléctrico actúa aportando más poténcia al sistema. El motor eléctrico ofrece su poténcia en la salida y en la aceleración, mientras que el motor térmico consume más. Este sistema destaca por su simplicidad, por lo que es posible implementarlo en modelos de vehículos ya existentes sin necesidad de diseños específicos. Este es el sistema utilizado para los Honda Civic Hybrid e Insight.

Los híbridos combinados utilizan el sistema más complejo: el motor eléctrico funciona en solitario a baja velocidad, mientras que a alta velocidad el motor eléctrico y térmico trabajan a la vez. El motor térmico combina las funciones de propulsión del vehículo y de alimentación del generador, que provee de energía al motor eléctrico, lo que resta eficiencia al sistema. Los híbridos de Toyota y Lexus utilizan este sistema, que es el más complicado a nivel mecánico y electrónico.

Existen también los llamados híbridos enchufables, también conocidos por sus siglas en inglés PHEVs, que emplean principalmente el motor eléctrico y que se pueden recargar enchufándolos a la red eléctrica. Aunque en principio esto pueda suponer un problema, tres estudiantes de la EUETIT han ideado un sistema universal de carga inalàmbrica para los coches eléctricos. Este innovador sistema está diseñado para ser instalado en aparcamientos i funcionaria gracias a la inducción magnética i sería de uso universal. El aparcamiento tendría que estar equipado con un acumulador de energía generada por fuentes eólicas o solares. El coche estaría equipado con su cargador instalado en el interior. Us sistema de generación de inducción magética situado en el suelo del aparcamiento y interconectado con el acumulador trasmeteria la energía a un receptor magnético situado en los bajos del coche el cual acumularia la electricidad en la bateria del vehiculo. Esta idea presenta ventajas en relación a los sistemas que actualmente se estan instalando. El principal es la ausencia de cables que evitaria el risco de desconexión y de descarga eléctrica hacia el usuario, además de poder realizar la carga de una manera más simple y comoda.

De esta forma utilizando una mezcla de tecnologías que apoyen al motor eléctrico se consigue un vehículo que pueda competir en prestaciones con la versión clásica.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Los coches híbridos disponen de una serie de ventajas respecto los coches de combustión. La principal es una mayor eficiencia en el consumo de combustible, lo cual reduce las emisiones contaminantes a la atmósfera. Además, los coches híbridos son mucho más silenciosos que los coches de motor térmico, por lo que gracias a ello seria posible reducir la contaminación acústica hasta un 50% en las ciudades, pues el tráfico es la principal fuente de ésta. Estas ventajas son las principales desde el punto de vista medioambiental, pero en el momento de escoger entre un vehículo híbrido y no híbrido, posiblemente los conductores se basen en otro tipo de ventajas mecánicas y tecnológicas.

Una de las ventajas mecánicas y tecnológicas de estos coches es el hecho que los motores de los coches híbridos tienen más par y más elasticidad que un motor térmico convencional y por lo tanto tienen una respuesta más immediata. Además, en caso de utilizar frenos regenerativos, los motores híbridos son capaces de recuperar la energía de las desaceleraciones.

Otras ventajas de los coches híbridos respecto a un coche eléctrico simple es su mayor autonomía y una recarga más rápida, es decir, requieren menor tiempo para llenar el depósito. Además estos coches tienen una mayor suavidad y facilidad de uso.

En recorridos cortos y urbanos, los coches híbridos tienen un mejor funcionamiento que los coches de combustión y pueden funcionar sin usar el motor térmico, evitando así que trabaje en frío y disminuyendo el desgaste.

El motor térmico tiene una potencia más ajustada al uso habitual. No se necesita un motor más potente del necesario por si hace falta esa potencia en algunos momentos, porque el motor eléctrico suple la potencia extra requerida. Esto ayuda además a que el motor no sufra algunos problemas de infrautilización como el picado de bielas.

En los modelos de coches híbridos actuales la instalación eléctrica es cada vez más potente y versátil, por lo que es muy difícil que se quede sin batería por dejarse encendido. La potencia eléctrica extra también sirve para usar algunos equipamientos, como el aire condicionado, con el motor térmico parado; hecho que reduce de manera abundante el consumo de combustible.

Y a parte de tener ventajas por lo que respecta a la tecnologia y mecánica, facilidades y mejoras ambientales, los coches híbridos tambien tienen ventajas económicas, ya que su precio, en comparación con un coche de combustión, es mucho más económico y además estos vehículos tienen descuento en el seguro, por su mayor nivel de eficiencia y menor grado de siniestralidad. Cabe añadir que estos coches tambien son una buena inversión, ya que se desvalorizan más lentamente que los coches de combustión. De hecho, en algunos países como México, adquirir un coche híbrido trae consigo beneficios fiscales, como la deducibilidad en el Impuesto sobre la Renta y una tasa del 0% en el impuesto de vehiculos.

Esta medida economica cada vez será más frecuente en todos los países. De hecho, los gobiernos, conscientes de la amenaza del calentamiento global, han establecido planes de incentivos para fomentar la compra de vehiculos hibridos. Concretamente, en España existe el Plan Integral de Automoción compuesto por el Plan de Competitividad, dotado con 800 millones de euros, el Plan VIVE II y la apuesta por el vehículo híbrido eléctrico, con el objetivo de que en 2014 circulen por las carretas españolas un millón de coches eléctricos. Para ello, se propone poner en marcha un programa piloto denominado Proyecto Movele, consistente en la introducción en 2009 y 2010, y dentro de entornos urbanos, de 2.000 vehículos eléctricos que sustituyan a coches de gasolina y gasóleo.

Resumiendo, las ventajas más importantes de estos coches es que son menos contaminantes, utilizan menos combustible y son más economicos. Y todo sin perder la comodidad y una gran parte de la potencia de un coche de combustión.

Sin embargo, no todos son ventajas actualmente. Los costes actuales de producción de baterías, el peso de las mismas y la escasa capacidad de almacenamiento limitan aún su empleo generalizado. Además, las baterias que requieren los motores eléctricos son más tóxicas que las baterías utilizadas actualmente en los coches con motor de combustión.

Otra de las desventajas de estos coches es su mayor peso en comparación con un coche convencional, ya que estos llevan añadido el peso del motor eléctrico y de las baterías; por tanto estos coches requieren un incremento de energía necesaria para desplazarse.

Y finalmente, quizás una de las desventajas más importantes, es su complejidad mecánica, lo que dificulta las revisiones y reparaciones del mismo.

SITUACIÓN EN EL MERCADO ACTUAL ESPAÑOL

Actualmente las marcas más importantes de coches estan trabajando para poder ofrecer más y mejores modelos de coches híbridos. La siguiente tabla muestra los principales modelos disponibles actualmente en el mercado.

Tabla 1. Principales coches híbridos disponibles en el mercado

Marca	Modelos	Fecha disponibilidad
Peugeot	Ion	2010
Micro-Vett (Fiat)	Fiat 500, Doblo Panorama	2009, 2008
Smart	Smart electric drive Coupé	2010
Subaru	Estella	2010
Opel	Ampera	2010
Seat	Leon Twin Drive Ecomotive	2010

CONCLUSIONES

Después de haber analizado la información relativa a los coches híbridos, su funcionamiento, sus ventajas y desventajas y su situación en el mercado actual en España se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. En la actualidad el conocimiento relativo a los coches híbridos por parte de los conductores es prácticamente nulo. Mucha gente ha oído hablar de ellos pero sin llegar a conocer verdaderamente las ventajas que estos ofrecen y como podríamos entre todos mejorar la calidad del aire y la contaminación acústica existente en las ciudades si se llegara a fomentar mucho más la compra de estos vehículos. Es decir, falta implicación por parte del Gobierno para fomentar la compra de estos vehículos.
2. Aunque el mercado de los coches híbridos está en auge, los modelos disponibles actualmente en el mercado son muy pocos y con características limitadas. Hace falta una mayor implicación por parte de los fabricantes de coches para sacar al mercado nuevos modelos y más variados.
3. Comparando las ventajas y desventajas de estos coches, esta claro que serán los coches del futuro, puesto que aseguran una mejor calidad de vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

www.yoteca.com/pg/Informacion-de-desventajas-del-coche-hibrido.asp
www.motorpasion.com
www.hibridoparatodos.es/
http://sine-die.blogspot.com/2008/02/anlisis-la-realidad-de-los-autos.html
http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global#Teor.C3.ADa_de_los_gases_invernadero
www.ciefap.org.ar/novedades/notas/nota1/default.htm
http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_h%C3%ADbrido_el%C3%A9ctrico
www.content4reprint.com/view/spanish-20478.htm
www.marcadecoche.com/
www.upc.edu/saladepremsa/al-dia/mes-noticies/tres-estudiants-de-l2019euetit-de-la-upc-ideen-un
www.eleconomista.es/economia/noticias/1211744/12/06/Coches-hibridos-cuales-son-los-diez-mas-eficientes-y-cuanto-te-ahorrarias-al-comprar-uno.html

VERTIDOS AL MAR A TRAVÉS DE EMISARIOS SUBMARINOS

Daniel Quilez Cierco
Laura Torres Asensio

RESUMEN

El vertido al mar incontrolado de aguas terrestres contaminadas en las zonas costeras se presenta como un grave problema que conlleva riesgos potenciales sobre el medio ambiente y la salubridad pública. Los emisarios submarinos aparecen como una alternativa para suavizar esta problemática.
L'abocament al mar incontrolat d'aigües terrestres contaminades a les zones costaneres es presenta com un greu problema que comporta riscos potencials sobre el medi ambient i la salubritat pública. Els emissaris submarins apareixen com una alternativa per suavitzar aquesta problemàtica.

INTRODUCCIÓN

La alta concentración de contaminantes en las zonas costeras se está convirtiendo en uno de los problemas ambientales más importantes en los países en vía de desarrollo. En las ciudades de estas zonas es habitual la descarga de aguas residuales al cuerpo de agua más cercano, sin previo tratamiento, generando riesgos potenciales sobre el medio ambiente, la salud pública y ocasionando problemas de carácter estético. En consecuencia, los niveles de coliformes totales cerca del litoral pueden superar las 100.000 ppm/100 ml.

Los emisarios submarinos se presentan como una alternativa viable y sostenible para la disposición final de las aguas residuales alcanzando, siempre y cuando estén diseñados apropiadamente, los objetivos de calidad de agua con inversiones relativamente económicas.

Para proyectar este tipo de obras marítimas es imprescindible disponer de un adecuado soporte técnico que permita un mayor aprovechamiento de los recursos hidrodinámicos de las zonas costeras.

OBJETIVOS

El principal objetivo de éste trabajo es exponer las ventajas e inconvenientes del uso de emisarios submarinos como solución al vertido al mar de aguas terrestres contaminadas.

Para conseguir este objetivo, se desarrollarán los siguientes temas:

1. Descripción del funcionamiento de un emisario submarino.
2. Factores necesarios para el diseño de un emisario submarino.
3. Justificación del uso de estos sistemas de vertido en el contexto estudiado.

EMISARIOS SUBMARINOS. DEFINICIÓN, FUNCIONAMIENTO Y CONSIDERACIONES BÁSICAS.

Los emisarios submarinos son conducciones cerradas (debidamente acopladas y ancladas al lecho marino) con flujo a presión utilizadas para introducir las aguas residuales en el mar y que tienen por objetivo optimizar la mezcla y dilución inicial de los contaminantes y alejar el punto de vertido de la zona de protección litoral. La descarga de aguas debe realizarse en un lugar donde la hidrodinámica favorezca la dilución y dispersión del efluente.

La condición de flujo a presión a través de las conducciones corresponde al tramo específico del emisario submarino, el cual debe ser un tubo continuo que transporte las aguas residuales desde la cámara de carga hasta el punto de vertido. La descarga se efectúa a través de una serie de difusores que poseen bocas instaladas al final de la línea del emisario. El flujo de agua residual que sale a través de los orificios en el difusor recibe el nombre de pluma o chorro.

En función del procedimiento de construcción se diferencian tres tipos de emisarios: colocados (se colocan y se juntan secciones en el lecho marino), remolcados (ensamble de tubería en la costa y se remolca sobre el lecho marino) y flotados (se mantienen a flote y luego se sumergen).

Sobre los materiales utilizados habitualmente para su construcción destacan el hierro fundido y dúctil, el acero forjado y revestido y los materiales plásticos (tuberías de alta densidad de polietileno y polipropileno).

Existen ciertas restricciones en cuanto a la colocación de dichos emisarios. Algunos de los lugares no autorizados para la descarga, independientemente de la concentración final

del efluente, son las lagunas costeras, balnearios, playas de contacto directo, bancos naturales de bivalvos, humedales marinos, reservas, parques marinos y áreas de manejo ambiental.

Como consideraciones adicionales, añadir que el difusor debe ser más largo que la profundidad donde se encuentra instalado y su longitud total debe ser tal que los coliformes fecales sean menores que 1000 ppm/100 ml en ZPL. En relación con la restricción anterior, comentar que las condiciones más desfavorables se dan en las áreas de acuicultura y explotación de recursos bentónicos, donde este valor no puede exceder los 70 ppm/100 ml.

Por último, destacar que para fundamentar el proyecto y el control de los vertidos es necesario conocer el grado en que este vertido afecta al medio y la forma en que se produce la dispersión. En el siguiente apartado se analizarán detalladamente estos aspectos.

La figura que se presenta a continuación ofrece una vista general de lo que es un emisario submarino.

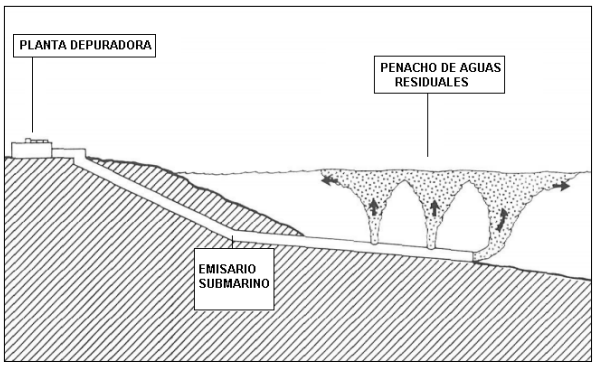


Figura 1. Esquema de un emisario submarino costero en sección.

GRADO DE AFECCIÓN AL MEDIO MARINO

El vertido al mar de aguas terrestres contaminadas, a través de emisarios submarinos, exige un estudio previo del grado en que puede verse afectado el medio marino.

Para realizar el estudio, se recurre a una serie de técnicas y modelos (físicos y matemáticos) que permiten obtener un valor aproximado de cuanto contaminante y en qué concentración puede volver a la playa. Para cuantificar esta cantidad se requiere de análisis oceanográficos adecuados que son de utilidad tanto para la fase previa al proyecto como para el control y seguimiento una vez realizada la construcción. En fase previa al proyecto sirven para determinar la correcta alineación del emisario y la posición y orientación de los difusores. Por otro lado, las medidas de control y seguimiento sirven, previamente a la descarga, para establecer las condiciones iniciales de las aguas receptoras y, después de la descarga, para determinar el impacto ambiental y para verificar la funcionalidad del proyecto.

En resumen, los estudios oceanográficos son esenciales para el éxito de un proyecto de vertido que respete el medio. A continuación, se explicarán los distintos modelos que se usan para realizar dicho estudio.

MODELOS DE CÁLCULO

Los modelos son un elemento auxiliar básico para el pronóstico del comportamiento físico de las aguas. Conviene puntualizar que éstos son representaciones simplificadas y sintéticas de la realidad, de modo que la información que nos aportan podrá ser útil para el análisis experimental y prospección de la misma.

Actualmente se dispone de dos tipos de modelos fundamentales para la caracterización del medio ambiente y pronóstico de su respuesta ante un vertido; los modelos físicos o a escala reducida y los modelos matemáticos.

Respecto a los modelos físicos, los fenómenos derivados de la ley de la gravedad y de la tensión interfacial obligan a considerar leyes de semejanza distintas y, para conciliarlos, a veces se debe prescindir de alguno introduciendo un excesivo margen de error. Además, se plantean dificultades impuestas por las escalas, dado que si se utiliza una escala de longitudes adecuada al estudio de las mareas, es imposible considerar la influencia de la rugosidad del fondo marino. Sin embargo, permiten una aproximación a los problemas que, por su visualización, puede ser un instrumento privilegiado en los pronósticos.

Se distinguen dos tipos de modelos matemáticos; los hidrodinámicos y los de calidad.

Los modelos hidrodinámicos permiten hacer una primera aproximación de las velocidades que hay que introducir en los modelos de calidad. Se basan en el planteamiento de unas ecuaciones fundamentales del movimiento y en su integración para unas condiciones de contorno impuestas por las características morfológicas y dinámicas de la zona de estudio. Las ecuaciones usadas son la de la continuidad y la de Alembert o equilibrio de fuerzas específicas, en la que se deben considerar las fuerzas de presión, fricción, gravedad, Coriolis y las de inercia.

Los modelos de calidad de las aguas permiten pronosticar la evaluación concreta de un parámetro indicador de calidad. Se aplican a

sistemas en zonas limitadas y a mar abierto. El modelo más sencillo de este tipo corresponde al caso de un canal uniforme con gradientes transversales nulos, permitiendo así una representación unidimensional para analizar el transporte de una sustancia con la siguiente expresión:

$$\frac{\partial c(x,t)}{\partial t} = P(x,t) + \frac{\partial}{\partial x}\cdot\left(E(x,t)\frac{\partial c(x,t)}{\partial x}\right) + U(x,t)\cdot\frac{\partial c(x,t)}{\partial x} \qquad \text{[Ec.1]}$$

Donde *x* es la variable espacial a lo largo del eje, **t** el tiempo y *c* la concentración. *P(x,t)* es la producción neta de la sustancia en el punto (x,t), *E(x,t)* el coeficiente de la dispersión horizontal y *U(x,t)* la velocidad de la corriente, supuesta en la dirección x. Para determinar la solución se introducen las condiciones de contorno para cada sustancia, admitiendo algunas simplificaciones como la estacionalidad.

PROCESOS DE DILUCIÓN DE UN VERTIDO Y MÉTODOS DE CÁLCULO

En este apartado se presentan los medios de determinación de la dilución del vertido en sus distintas fases. Comentar que los métodos de análisis se presentaran de forma explicativa, citando las fórmulas básicas para realizar los cálculos necesarios e interpretando los resultados obtenidos, pero sin hacer un estudio detallado de la resolución de las ecuaciones planteadas.

Para estimar la dilución total, para una determinada posición de los difusores y a una determinada distancia de la costa, hay que considerar i cuantificar los tres mecanismos de dilución más corrientes: la dilución inicial, la difusión horizontal y la descomposición o Decay.

Mediante el mecanismo de dilución inicial la concentración de contaminante de las aguas que salen por los difusores disminuye gracias a un proceso de mezclado con las aguas receptoras. Esta dilución puede darse en la superficie o, en el caso de que exista termoclina, a una cota máxima entre dos aguas. Teniendo en cuenta que la densidad de las aguas residuales (0,9995) suele ser inferior a la del agua marina (1,0258), si la descarga se produce en un mar sin estratificación (sin termoclina) ésta puede alcanzar la superficie y formar en ella el penacho. Por el contrario, si existe estratificación, durante el ascenso por boyancia se produce un mezclado que eleva la densidad del conjunto tanto más rápidamente cuanto más rápido sea el proceso de mezclado. Ésta última situación es relativamente frecuente en el mar, sobretodo en verano y, además, es la situación deseable en la mayoría de los casos, ya que evita que los contaminantes alcancen la superficie. En la imagen siguiente se muestra de forma esquemática las dos situaciones explicadas anteriormente.

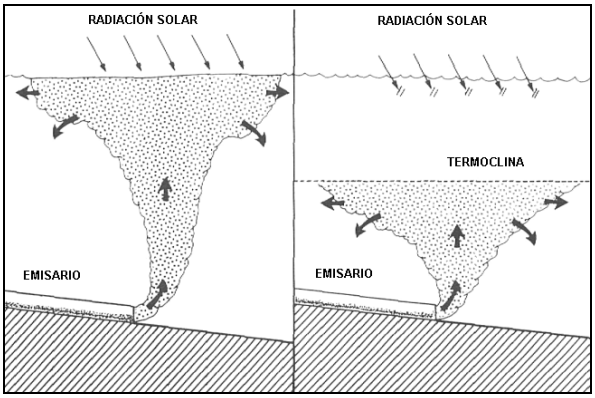


Figura 2. Esquema de descarga en un mar sin estratificación (izquierda) y en un mar con termoclina, es decir, estratificado (derecha).

En cuanto al cálculo de la dilución inicial, cabe diferenciar los dos casos explicados anteriormente ya que usan métodos distintos. Para el caso en que existe termoclina, se aplica la fórmula de Cederwall, que se define a continuación:

$$D_1 = 0{,}54F\left(0{,}38\frac{Y}{dF_d} + 0{,}68\right)^{\frac{5}{3}} \qquad \text{[Ec.2]}$$

Donde D_1 mide la relación de concentraciones en el centro de la parte superior del penacho y a la salida de los difusores, *d* es el diámetro de difusores en metros, *Y* es la profundidad de vertido en metros y F_d es el número de Froud que sigue la expresión $F_d = \frac{U}{\sqrt{0{,}27d}}$ donde *U* es la velocidad del efluente en el interior del difusor en $m{\cdot}s^{-1}$.

Para el caso en que no existe termoclina, se entra en el ábaco de Fan y Brooks que se adjunta a continuación (figura 2) con el que se determina el valor de la dilución inicial (D_{10}) en función de los parámetros *Y/d* y F_d. Añadir que el valor obtenido se refiere a la dilución en la parte inferior del penacho y que, si particularizamos para el caso de difusores circulares, el valor obtenido se debe corregir según la fórmula $D_1 = 1.15{\cdot}D_{10}$. Para determinar la dilución media en la mezcla de aguas vertidas y receptoras (penacho), también para el caso de difusor circular, se usa la expresión $\overline{D_1} = \sqrt{3}{\cdot}D_1$.

Posteriormente, el penacho que se forma en la dilución inicial es transportado por las corrientes, las cuales generan una dilución adicional que se

conoce como debida a la difusión horizontal o lateral. Mediante este fenómeno, la mezcla de aguas vertidas y receptoras se desplaza en la dirección de la corriente con la velocidad de ésta.

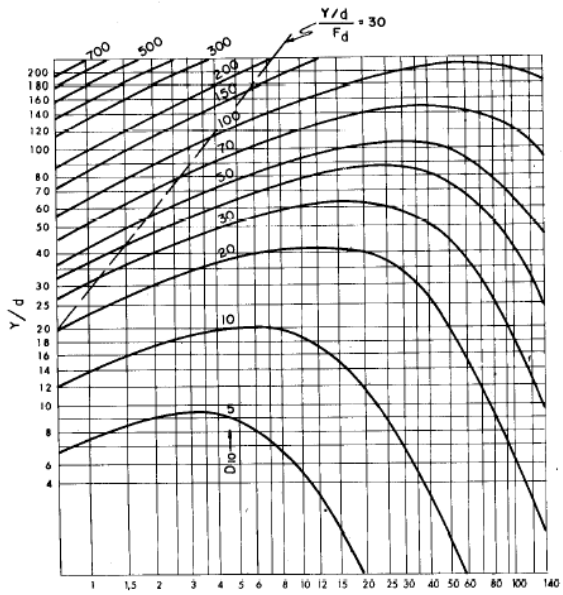


Figura 3. Abaco de Fan y Brooks.

Para el cálculo de dicha difusión horizontal, Brooks propone la fórmula siguiente:

$$D_2 = \frac{1}{f.e.s\left(\sqrt{\frac{1{,}5}{\left(1+13t/b^{2/3}\right)^3-1}}\right)} \qquad \text{[Ec.3]}$$

Donde *f.e.s (x)* es la función de error estándar de x que se define a continuación,

$$f.e.s(x) = 2/\sqrt{\pi}\left(x - x^3/3 + x^5/5{,}2! - x^7/7{,}3! + \ldots\right)$$

b es la proyección normal a la corriente de la longitud de difusores y *t* es el tiempo.

Si se analiza la expresión anterior, se puede deducir que para una longitud de difusores grande se produce una dilución D_2 pequeña. Por el contrario, la dilución inicial D_1 es creciente con b y, lógicamente, posteriores diluciones como la que se produce por difusión horizontal no son fáciles de conseguir sobre fuertes valores de la inicial. Comentar pues que la longitud de los difusores es una variable positiva para el producto $D_1 \cdot D_2$ aunque no lo sea explícitamente para la dilución por difusión horizontal, D_2.

Por último, una vez realizados los cálculos de D_1 y D_2, se puede definir la difusión total conseguida para un contaminante conservativo como el producto de las dos diluciones anteriores: $D_1 \cdot D_2$. En el caso de sustancias no conservativas (coliformes), la dilución total es $D_1 \cdot D_2 \cdot D_3$, donde D_3 es la dilución por Decay. La expresión que se usa para el cálculo de D_3 es la que se muestra todo seguido y sirve para determinar la dilución por desaparición o muerte de bacterias en aguas marinas.

$$D_3 = \frac{C_t}{C_0} = e^{-kt} = 10^{-\frac{t}{T90}} \qquad \text{[Ec.4]}$$

Donde t es el tiempo, C_0 es la concentración inicial (para t=0), C_t es la concentración en un determinado instante t, K es la tasa de mortalidad unitaria y $T90$ es el tiempo en el cual decae el 90% de la carga bacteriana.

A efectos de proyecto se suele partir de la concentración en coliformes como parámetro lo que significa que el valor de D_3 suele ser el preponderante. Por este motivo, es muy importante determinar con precaución la tasa de muerte de coliformes para cada área de estudio

CONCLUSIONES

Como conclusión, destacar que los emisarios submarinos son una alternativa para suavizar el problema de la contaminación de los mares y costas. Tras la realización del proyecto, se extraen las siguientes conclusiones:

1. La alteración del ecosistema después de su construcción es mínima al igual que su impacto visual, siempre y cuando cumpla los criterios de dilución. Además, la superficie de trabajo que se ve afectada es reducida.
2. En cuanto a viabilidad económica, se trata de proyectos de coste no muy elevado, lo que representa una alternativa fácilmente viable en países en vías de desarrollo.
3. Como inconvenientes, destacar que no siempre se alcanza la teórica dilución dada por los cálculos, debido a la difícil predicción de los fenómenos meteorológicos y oceanográficos. Por otro lado, la posible aparición de manchas en la superficie originadas en el caso de no existir estratificación origina un importante aunque limitado/concentrado impacto visual.

REFERENCIAS

"Emisarios submarinos", pág. web: http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1981/1981_abril_3191_01.pdf

"Los emisarios submarinos, una alternativa viable para el manejo ambiental de las aguas residuales en las zonas costeras" pág. web: http://www.unbosque.edu.co/files/Archivos/losemisariossubmarinos.pdf

"Els emissaris submarins a la costa brava", pág. web: http://www.raco.cat/index.php/RevistaGirona/article/viewFile/86705/111719

EL PROBLEMA DEL SMOG EN MÉXICO DF

Juan Pérez Fernández

RESUMEN

El fenómeno de contaminación atmosférica conocido como smog, es muy común en las grandes ciudades industriales. México DF es uno de los lugares donde más afecta al día a día de la población, que se ha acostumbrado a vivir con "ello". Tratar de evitar su crecimiento y aliviar la cantidad existente es uno de los retos que se plantea en el futuro de esta ciudad. El fenomen de la contaminació atmosfèrica conegut com smog, és molt comú en les grans ciutats industrials. Mèxic DF és un dels llocs on més afecta al dia a dia de la població, que s'ha acostumat a viure-hi. Tractar d'evitar el seu creixement i alleugir la quantitat existent és un dels reptes que es planteja pel futur d'aquesta ciutat.

INTRODUCCIÓN

La revolución industrial iniciada a finales del siglo XIX ha comportado numerosas mejoras a la vida humana, de tal modo que muchas de ellas las consideramos hoy día como elementos indispensables para nuestro estilo de vida. Tener un coche de buena cilindrada y rápido para ir a trabajar y para los viajes en nuestro tiempo de ocio es un denominador común en la población actual. Tener un buen sistema calefactor en los días de invierno es un elemento que se considera indispensable para la calidad de vida de nuestro tiempo. Sin embargo, la revolución industrial y sus mejoras tienen un elevado precio para nuestro medio ambiente. La atmósfera y el aire libre son uno de los principales perjudicados des de los inicios de la industrialización. Muchas son las imágenes que hemos visto en los medios de los inicios de las ciuades industriales como Londres o Chicago, en donde los humos de las fábricas cubrían el cielo dando lugar a imágenes oscurecidas y tétricas, que sólamente con el hecho de verlas hacen a la idea de las condiciones insalubres que suponía vivir en esa época.

Desde entonces hasta hoy mucho han cambiado y mejorado las cosas en nuestro paisaje, y tenemos la idea algo irreal de que la industrialización ha dejado de ser un grave problema para nuestro medio ambiente. Existen lugares del mundo, tal es el caso de México DF, donde la población no tiene esta percepción que podemos tener nosotros viviendo en nuestras ciudades. La contaminación atmósferica que padece esta ciudad hoy en día, dificulta la vida de las personas en todos sus aspectos, y si bien su gobierno está tratando de aliviar el problema, la realidad es que la población se ha acostumbrado a vivir con "ello".

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es describir la situación actual que vive la ciudad de México DF, debido al problema de la contaminación atmósferica denominada smog. A continuación se citan los demás objetivos de este trabajo:

1. Analizar los componentes más importantes que integran el smog.
2. Resaltar los efectos negativos que produce en la vida y en la salud de las personas.
3. Explicar los métodos para aliviar el problema que se utilizan.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El smog es un término proveniente del inglés, de las palabras "smoke" que significa humo y "fog" que significa niebla; es una mezcla de niebla con partículas de humo, que se forma con alta humedad y viento muy flojo; el humo se acumula cerca de su fuente. El smog se produce con más frecuencia en ciudades con costa o cercanas a ellas, o en ciudades situadas en valles amplios, como Los Ángeles, Tokyo o la ciudad de México.

En la ciudad de México se produce el smog conocido como fotoquímico, originado a partir de sustancias que contienen nitrógeno y humo de combustión de los automóviles, mezclados bajo los efectos de la radiación solar produciendo ozono, el cual puede ser altamente tóxico en combinación con otros gases.

Esta mezcla oscurece la atmósfera dejando un aire teñido de color marrón rojizo cargado de componentes dañinos para los seres vivos y los materiales (ver figura 1). Aunque prácticamente en todas las ciudades del mundo hay problemas con este tipo de contaminación, es especialmente importante en las que están en lugares con clima seco, cálido y soleado, y tienen muchos vehículos. El verano es la peor estación para este tipo de polución y, además, algunos fenómenos

climatológicos, pueden agravar este problema en determinadas épocas ya que dificultan la renovación del aire y la eliminación de los contaminantes.

Figura 1. Smog sobre la Ciudad de México DF.

En la situación habitual de la atmósfera la temperatura desciende con la altitud lo que favorece que suba el aire más caliente (menos denso) y arrastre a los contaminantes hacia arriba. Se sitúa sobre el aire superficial más frío e impide la ascensión de este último (más denso), por lo que la contaminación queda encerrada y va aumentando.

Las reacciones fotoquímicas que originan este fenómeno suceden cuando la mezcla de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos volátiles emitidas por los automóviles y el oxígeno atmosférico reaccionan, inducidos por la luz solar, en un complejo sistema de reacciones que acaba formando ozono. El ozono es una molécula muy reactiva que sigue reaccionando con otros contaminantes presentes en el aire y acaba formando un conjunto de varias decenas de sustancias distintas como nitratos de peroxiacilo (PAN), peróxido de hidrógeno (H_2O2), radicales hidroxilo (OH), formaldehído, etc. Estas sustancias, en conjunto, pueden producir importantes daños en las plantas, irritación ocular, problemas respiratorios, etc.

El bióxido de azufre es uno de los componentes principales del smog y es producido por la combustión de aceites minerales y carbón para producir energía y se usa en las industrias y en los hogares para la calefacción, este por sí solo no es muy tóxico pero cuando el azufre o gas sulfúrico reacciona ante la humedad y la luz solar, el bióxido de azufre que lo compone se transforma en trióxido de azufre que es un gas muy tóxico.

El viento puede favorecer la aparición de Smog, a una cierta distancia del lugar en el que se han producido las emisiones. Si la ciudad se encuentra rodeada de colinas o montañas, el Smog aparece de forma general alrededor de la ciudad.

PROBLEMAS QUE GENERA EL "SMOG"

Una vez hemos hablado de los componentes principales del smog, y del tipo de smog existente en México DF, es bueno comentar los problemas que esta contaminación produce en el medio ambiente y también la salud de las personas.

El Smog causa daños severos en los cultivos y en la vegetación. No existen datos ni evaluaciones oficiales para la ciudad de México DF, pero como ejemplo aportamos los datos estimativos divulgados por el Gobierno de Canadá, considera que las pérdidas agrícolas en la región de Ontario superaron en 1997 los 70 millones de dólares. El Smog es uno de los factores que en estos momentos afectan a la reducción de determinadas masas forestales.

Es importante señalar que respirar el aire lleno de smog puede ser peligroso porque el smog contiene ozono, un contaminante que puede dañar nuestra salud cuando existen niveles elevados en el aire que respiramos.

Los científicos han estudiado los efectos del ozono en la salud por muchos años. Hasta ahora, han encontrado que el ozono puede causar daños en los pulmones, irritar el sistema respiratorio, cuando esto sucede, el ser humano empieza a toser, malestar por irritación en la garganta, así como sentir molestias incómodas en el pecho, estas molestias se pueden presentar por varias horas cuando el individuo se encuentra expuesto al ozono.

El ozono puede disminuir la función de los pulmones, ¿pero qué significa esto?, se refiere a que el volumen de aire que requiere el ser humano, o que inhala cuando aspira normalmente, se dificulta para exhalar, la función pulmonar reducida puede ser un problema serio para las personas que trabajan al aire libre, como lo son atletas y otras personas que laboran a la intemperie.

Además las partículas suspendidas en el aire causan afecciones cardiovasculares y respiratorias, debilitando el sistema inmunológico, así como daños en el tejido pulmonar y cáncer, además como las partículas están compuestas de esporas, polen y restos de desechos biológicos pueden causar enfermedades digestivas.

Para que la población pueda saber si los niveles de contaminación del aire son satisfactores o no, se estableció una unidad de medida llamada IMECA que significa: (INDICE METROPOLITANO DE CALIDAD DEL AIRE).Para cada uno de los

contaminantes, se representa con un valor de 100 puntos, el límite considerado como satisfactorio. Todos los días, a través de la radio, la televisión, el periódico y algunas más pantallas colocadas en los principales cruceros, se informan las condiciones del aire que mide constantemente la Red Automática de Monitores Atmosférico (R.A.M.A.).

Tabla 1. Interpretación del IMECA.

IMECA	CALIDAD DEL AIRE	EFECTOS A LA SALUD
0-100	Buena o satisfactoria	Ninguno
101-200	Regular	Las personas sensibles pueden sentir molestias en los ojos, en la nariz y en la garganta.
201-300	Mala	La población en general puede presentar irritación en los ojos, de la nariz y la garganta, así como dolor de cabeza
301-500	Muy mala	Se agudizan los síntomas anteriores, especialmente en los niños, ancianos y quienes fuman o padecen enfermedades crónicas.

MEDIDAS CORRECTORAS DEL PROBLEMA

Ante esta situación el gobierno de la ciudad de México DF, ha seguido las pautas correctoras de este fenómeno que otras ciudades del mundo (como Tokyo y Los Ángeles) están llevando a cabo. El control del smog se puede lograr tomando una serie de medidas, como la disminución de los desplazamientos de vehículos privado, el uno de catalizadores, la generación de las energías limpias, la instalación de sistemas de depuración de sustancias tóxicas o la sustitución de componentes que utilizan compuestos orgánicos volátiles (COVs). Para reducir la formación de smog fotoquímico es necesario disminuir la emisión de los óxidos de nitrógeno (NOx); que son los principales contaminantes primarios, y los compuestos orgánicos volátiles (COVs).

Así pues, el resumen de medidas correctoras generales que se trata de fomentar es:

1. La mayoría de las medidas correctoras pasan por disminuir el tráfico privado:
   - 1.1 Haciendo más competitivo el transporte público.
   - 1.2 Imponiendo normativas como peajes en el centro de las ciudades.
   - 1.3 Disminuyendo la necesidad de movilidad entre sus habitantes, con novedosos proyectos urbanísticos.
2. También existen medidas en busca de aislar y absorber la contaminación:
   - 2.1 Aumentando las zonas verdes y jardines.
   - 2.2 Usando asfaltos especiales que absorban parte de la contaminación como el Noxer.
   - 2.3 Restringiendo diariamente la circulación vehicular.

El Gobierno de la Ciudad de México DF ha tenido que imponer medidas más drásticas debido a que los valores de smog han alcanzado niveles de alerta.

En México, algunos estados tienen el sistema de "Hoy no circula" (ver figuras 2 y 3) que consiste en que los autos con ciertos hologramas no pueden circular ciertos días (con excepción de domingos y días festivos). Además en la Ciudad de México cuando se alcanza cierto nivel de contaminación se declara una contingencia, en donde se prohíben las actividades al aire libre, además de las ya mencionadas.

Figura 2. Agente informado a los conductores.

Figura 3. Detalle del folleto informativo del "Hoy no circula".

ÚLTIMAS INNOVACIONES

Frente a este problema la ciencia está tratando de avanzar en el estudio de nuevas fuentes de energía alternativas a los combustibles fósiles. Pese a la mala publicidad social que tiene la energía nuclear, es posiblemente la energía del futuro, si se consigue usarla adecuadamente.

Además de estas fuentes de energía alternativas ya conocidas (nuclear, eléctrica, biogás, etc.) recientemente se está estudiando en ciudades como Santiago de Chile la denominada energía OTEC.

Ese término proviene de la sigla en inglés de la conversión de la energía térmica oceánica. El planteamiento consiste en realizar islas flotantes en los océanos que funcionen como núcleos generadores de energía. Dicha energía se obtendría por medio de la diferencia de temperaturas entre la superficie de los océanos y las profundidades de los mismos (alrededor de 25ºc). El proceso utiliza el agua caliente para pasar el amoníaco de estado líquido a gas el cual hace mover una turbina generando energía eléctrica. Después mediante el agua fría se pasa el amoníaco gas a estado líquido, permitiendo repetir el proceso de nuevo. Se calcula que con 50.000 de estas islas flotantes sería suficiente para abastecer la demanda energética mundial.

CONCLUSIONES

Una vez realizado este trabajo se plantean las siguientes conclusiones:

1. En el caso de la ciudad de México el smog no proviene esencialmente de las industrias, si no que es función del número de habitantes y de los gases emitidos por los vehículos de estos habitantes.
2. No existe hasta ahora ningún método que consiga erradicar el problema; solamente se conocen métodos correctores.
3. La calidad de los ciudadanos se ve notablemente mermada por este problema; tanto es así que estudios realizados publicados en la revista Proceeding de la Academia Nacional De ciencias; determinan que los habitantes de una ciudad sin smog tienen una esperanza de vida 2,4 meses superior a los habitantes de la ciudad de México DF.

RECOMENDACIONES

Para tratar de mejorar los resultados hasta ahora obtenidos en ciudad de México en lo referente al control de smog, se proponen las siguientes medidas:

1. Limitar el número de vehículos por familia a uno.
2. Dar ayudas económicas a las personas que compren vehículos de baja contaminación (eléctricos, con catalizadores especiales, etc.).
3. Tomar mayor determinación a la hora de aplicar medidas para fomentar el uso de transporte público suburbano (días laborables con precios reducidos, etc.)
4. Proyectar una red de tranvías en el centro de la ciudad u otras infraestructuras más sostenibles.

REFERENCIAS

http://www.plataformaurbana.cl/archive/2008/02/16/crisis-energetica-el-mundo-activado-por-islas-artifciales-generadoras-de-energia-otec/#more-2169

http://sine-die.blogspot.com/2008/11/smog-en-mxico-df-recorta-la-vida-en-2.html

http:// *www.fq.uh.cu/dpto/qf/uclv/infoLab/.../medioambiente.doc*

http://es.wikipedia.org/wiki/Smog

http://ingenieriaambiental.obolog.com/el-smog-74816

COMPARACIÓ DELS SISTEMES DE REGADIU D'INUNDACIÓ I GOTEIG

Josep Maria Tarragó Clivillé
Marc Prades Villanova

RESUM

En aquesta primera dècada del segle XXI s'ha consolidat una ferma opinió i conscienciació ciutadana respecte l'optimització dels recursos hídrics i de la concepció d'aquests com un bé escàs; també en l'agricultura. Existeixen nous sistemes de regadiu, com són els de goteig i aspersió, que malgrat el seu cost poden implantar-se i respondre de forma eficient a aquesta qüestió.
En esta primera década del siglo XXI se ha consolidado una firme opinión y concienciación ciudadana con respecto a la optimización de los recursos hídricos y de la concepción de estos como un bien escaso; también en agricultura. Existen nuevos sistemas de regadío, como los de goteo y aspersión, que a pesar de su coste pueden implementar-se y responder de forma eficiente a esta cuestión.

INTRODUCCIÓ

És sabut que el 97,5% de l'aigua total de la Terra és salada i que, per tant, el 2,5% restant és dolça. Un percentatge molt petit del total d'aigua dolça és la pertanyent als rius, embassaments i aigua subterrània disponible. Així doncs, el que inicialment semblava un recurs il·limitat, afegint l'increment exponencial de la població mundial de la última meitat de segle i, de forma més general, des de la revolució industrial del segle XIX, juntament amb una millora de la qualitat de vida i un augment del consum d'aigua, l'aigua ha esdevingut un recurs limitat, un bé escàs.

A les zones on històricament hi ha hagut més abundància d'aigua, com són les lleres fluvials, s'ha utilitzat el sistema de regadiu per inundació. En contraposició a aquestes zones de regadiu existeixen les denominades zones de secà. Amb el pas del temps, la millora de les tècniques de canalització i emmagatzematge d'aigua han exportat el sistema de inundació a zones originàriament de secà; fet que comportà un increment del consum d'aigua, cosa que no suposà inicialment un problema ja que es partia de la premissa de concebre l'aigua com un recurs il·limitat.

La voluntat de continuar extenent aquest concepte de regadiu a més territori, a fi de millorar la productivitat dels cultius, ha provocat un replanteig del sistema degut al gran consum d'aigua i a la seva baixa eficiència. Fet que ha provocat l'aparició de nous sistemes de regadiu, noves tècniques i plantejaments agraris.

Els sistemes de regadiu principals que s'enfronten al tradicional sistema de regadiu per inundació són el de goteig i el d'aspersió. Aquests sistemes, malgrat la reducció del consum d'aigua, no presenten una alternativa clara en front als sistemes tradicionals degut a altres variables també determinants com les econòmiques, mediambientals...

OBJETIUS

L'objectiu principal de l'article és comparar els diferents sistemes o mètodes de rec en diferents cultius. L'anàlisi i comparació no només es cenyeix en els resultats productius sinó que també es tenen en compte les externalitats o efectes col·laterals de cada sistema.

En concret:
1. Comparació infraestructural entre els diferents sistemes.
2. Comparació productiva del mateix cultiu sotmès als diferents sistemes.
3. Comparació de les externalitats generades.
4. Estimació de l'estalvi d'aigua en una agricultura de goteig a escala territorial.

PRINCIPALS SISTEMES DE REG

A part de la irradiació solar, un dels elements més bàsics i imprescindibles per al creixement dels vegetals és l'aigua; en funció de la quantitat d'aigua de que disposin els vegetals obtindrem major o menor resultats en termes de producció agrícola.

Tradicionalment s'ha optat per un sistema de regadiu que consisteix en abocar l'aigua a parcel·les de terra planes, sense desnivells, a fi de repartir-la de forma més uniforme. No obstant el fet de tenir un terra pla limita l'avanç del front d'aigua a la velocitat en que es satura la part del terreny més propera a la font. L'aigua s'hi fa arribar mitjançant petites rases i canalitzacions que es reparteixen per les diferents parcel·les; aquestes canalitzacions recullen principalment aigües superficials de rius en canals que es van

ramificant a mesura que es reparteixen pel terreny. Aquest mètode es coneix com a sistema d'inundació.

Tal i com es pot imaginar es tracta d'un mètode que suposa un consum molt elevat d'aigua i que no permet una distribució gaire uniforme d'aquesta. També te d'altres inconvenients com la proliferació de males herbes i un cert descontrol de la quantitat d'aigua gastada per cada arbre o planta de la parcel·la. Degut a la necessitat d'un cert cabal per aconseguir inundar cada parcel·la i el temps que això comporta, l'ús de l'aigua es veu limitat a un nombre molt reduït d'usuaris al mateix temps, fet que històricament ha provocat conflictes i desavinences entre agricultors. Per altra banda no necessita cap mena de canalització a pressió ja que sovint les canalitzacions d'aigua són simples canals amb comportes; i tenint en compte la tradició d'aquest tipus de regadiu, podem afirmar que sovint requereix poca inversió inicial i un baix manteniment de la xarxa de canals, que es pot limitar a una simple neteja anual de possibles sediments i matèria orgànica.

Sistema de goteig o conegut amb el nom gota a gota

Aquest sistema es basa en la col·locació de canonades de diàmetres relativament petits que enllacen els arbres, o part d'ells, en sèrie. Aquestes canonades estan dotades d'un goter (instrument per dosificar l'aigua, figura 1) a cada arbre o planta a regar. En una finca hi pot haver vàries canonades en paral·lel connectades a una de principal que que abasteix el camp amb aigua procedent d'un embassament, riu,...

Figura 1. Goter i camp regat per goteig.

El fet de tenir un goter permet una major precisió en el reg, regar zones no planes, és a dir amb pendent, regar zones àrides eficientment, una dosificació i control de la quantitat d'aigua per part de l'agricultor, una ajuda a la disminució d'aparició de males herbes,... D'altra banda presenta unes contrapartides com l'alt cost d'inversió inicial, alt cost de manteniment, no és adaptable a tots els cultius, generació de residus plàstics un cop finalitzada la seva via útil...

Sistema d'aspersió

Sistema basat en una xarxa de canonades, ja no enllaçant cada arbre, sinó arribant a cada zona perquè al final acabi cobrint tot el territori desitjat. Aquestes canonades acaben amb un instrument anomenat aspersor que, amb la reducció de secció, juntament amb la pressió de l'aigua que li arriba aconsegueix expulsar l'aigua amb un pàmpol a una distància considerable. Aquest fet, junt amb el rotatori de l'aspersor aconsegueix regar una zona del territori (figura 2). La complementarietat de varis aspersors acaben de cobrir la finca. Té varis punts a favor com la fàcil adaptabilitat a la topografia del terreny, a tots els cultius de poca altura (cereals, hortalisses i verdures, tabac, gespa...), un control força acurat de la quantitat regada per m^2,... però també té contrapartides com l'alta inversió inicial i de manteniment, la necessitat d'una bomba per dotar-li de suficient pressió, la generació de residus una vegada finalitzat la seva vida útil,...

Figura 2. Cereal regat per aspersió; mòbil i fix d'esquerra a dreta.

La taula 1 que apareix a continució reflecteix les diferències principals dels diferents sistemes de regadiu establint una comparació de diferents termes.

Taula 1. Comparació dels sistemes de regadiu.

	Inundació o gravetat	Goteig	Aspersió
Inversió inicial	Baixa Arquetes	Alta Sistema de canonades a pressió	Alta Sistema de canonades a pressió
Eficiència en l'ús d'aigua	Molt baixa 40%-50%	Alta 70%-80%	Mitjana 55%-65%
Manteni-ment	Baix Neteja dels canals	Molt alt Substitució i revisió de canonades i goters	Alt Substitució i revisió de canonades i aspersors
Condicions geogràfiques	Poc flexibles Terrenys plans o molt poc pendent	Molt flexibles Qualsevol tipus de topografia	Flexibles No admet terrenys de pendent molt elevat

Tipus de cultius	Cereals, fruiters, hortalisses i ornamental	Fruiters, algunes hortalisses i ornamental	Cereals, hortalisses i ornamental
Residus	Demolició arquetes i antics canals	Canonades i goters	Canonades i aspersors

EFICIÈNCIA EN L'UTILITZACIÓ DE L'AIGUA EN ELS DIFERENTS SISTEMES DE REG

Un dels ítems principals a tenir en compte a l'hora de realitzar una comparació entre els diferents sistemes de regadiu és el de l'eficiència en la utilització de l'aigua. En el context del regadiu, l'eficiència hídrica significa minimitzar les pèrdues degudes a l'evaporació i a l'escolament.

Aquestes pèrdues d'aigua per evaporació i escolament poden classificar-se segons el seu origen, ja siguin degudes a pèrdues d'aigua durant la conducció d'aquesta per canonades i canals, a pèrdues en la distribució o bé degudes a pèrdues d'aigua en l'aplicació d'aquesta en el cultiu. Tal i com es pot observar en la següent taula 2, aquestes pèrdues queden quantificades de diferent manera en funció del tipus de sistema de regadiu escollit.

Taula 2. Eficiència dels sistemes de reg.

Elements	Inundació	Aspersió	Goteig
Conducció	90%	90%	90%
Distribució	75%-80%	85%-90%	85%-90%
Aplicació	55%-60%	65%-70%	80%-85%
Global	40%-50%	55%-65%	70%-80%

COMPARACIÓ PRODUCTIVA I D'EXTERNALITATS ENTRE ELS SISTEMES D'INUNDACIÓ I GOTEIG

Tal i com hem estat veient els sistemes de goteig i aspersió, malgrat les diferències de sistema i les limitacions d'un i altre en cada tipus de cultiu, presenten uns resultats productius força semblants. D'aquesta manera ens limitarem a realitzar una comparació productiva, mitjançant un cas pràctic, dels sistemes d'inundació i goteig; que són els dos casos més extrems. També s'ha vist que les possibles conseqüències que provoca la instal·lació, manteniment i posterior reciclatge del material utilitzat en els sistemes de regadiu per goteig i aspersió són també força semblants.

Cas pràctic

Suposem el cas en que tinguéssim dos camps consecutius amb les mateixes propietats i característiques geològiques, topogràfiques i climatològiques.

El primer d'aquests dos camps hi ha plantats arbres fruiters que es reguen mitjançant el sistema de reg per inundació. L'optimització de la producció (pel que fa a l'aigua) roman en mantenir el terreny permanentment en capacitat de camp; és evident que per mantenir aquest estat durant tot l'any i sobretot en les estacions de recol·lecció (primavera-estiu) es necessita una aportació pràcticament constant d'aigua per contrarestar els efectes de l'evaporació i l'evapotranspiració degut a la calor i a la necessitat d'aigua dels arbres en un moment de màxim esforç per al creixement del fruit, entre d'altres.

Així doncs aquest sistema de regadiu comporta la necessitat d'un cabal d'aigua molt elevat durant molt temps, fet que provoca l'exclusió entre diferents camps. A fets pràctics aquesta situació comporta que els torns de reg no siguin prou freqüents per assolir aquest punt òptim comportant una menor permanència del cultiu en capacitat de camp. Aquest sistema també provoca altres problemes com l'afavoriment del creixement de males herbes que no només suposen una molèstia per l'agricultor sinó que també representen un augment de l'evapotranspiració i, en definitiva, una disminució del temps de permanència en capacitat de camp i de les reserves útils. Un altra externalitat com a conseqüència de l'augment de la vegetació i d'aigües estancades és la proliferació d'insectes (mosques, mosquits,...) que poden afectar a la producció del fruit.

En el segon camp hi tenim plantat el mateix tipus d'arbre fruiter però en aquest cas el sistema de regadiu és el goteig. De la mateixa manera que en el cas anterior, a fi d'optimitzar la producció del camp, es buscarà mantenir la capacitat de camp. A diferència de l'anterior sistema, aquest focalitza molt més la zona de reg, i en conseqüència, la superfície regada és menor i alhora més profitosa per l'arbre. Aquest fet limita el creixement de males herbes, i també limita la proliferació d'insectes. Un altre dels avantatges d'aquest sistema és la reducció de les pèrdues d'aigua per evapotranspiració i evaporació.

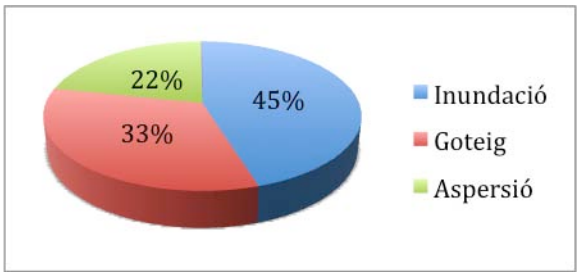
No obstant, per poder aportar aigua en el moment adequat (a fi de mantenir la capacitat de camp) és necessària una instal·lació que consti d'una xarxa de canonades i tubs, un dipòsit o un sistema d'abastiment sempre disponible i un panell de control. És possible automatitzar el sistema de rec mitjançant uns sensors prop dels

arbres que detecten quan aquests necessiten aigua i que envien una senyal que posa en funcionament la xarxa de reg; de tal manera que s'arriba a una optimització de l'explotació força alta. Un del inconvenients que planteja aquest sistema és la necessitat de subministrament elèctric pel funcionament del panell de control i de la bomba que ha de donar pressió al circuit reg.

Actualment s'estima que la producció mitjançant el sistema de goteig en front el sistema d'inundació és, de mitjana, un 30-40% superior. Afegit d'un molt considerable estalvi d'aigua.

ESTALVI D'AIGUA A NIVELL TERRITORIAL

Malgrat ésser uns sistemes més productius i eficients, tan el sistema de goteig com el d'aspersió requereixen una inversió inicial molt elevada que molt productors no poden permetre's fet que situa els diferents sistemes de reg de la següent manera:



Gràfic 1. Distribució dels regadius a Espanya

La creixent conscienciació d'estalvi d'aigua i la proliferació de mesures econòmiques de fons públics situen el marc dels sistemes de regadiu en un canvi lent però constant cap a un augment dels sistemes de goteig i d'aspersió en detriment del d'inundació. Així doncs, a fi de preveure l'estalvi d'aigua que suposaria un canvi complet en els sistemes de regadiu, ens posarem en la situació en que la totalitat dels terrenys de cultiu utilitzin un dels dos sistemes més eficients. Utilitzant la mateixa aigua que actualment s'utilitza en la totalitat dels cultius (3.360.782 Ha), es podria arribar a regar fins a 4.557.220 Ha mitjançant només els sistemes de goteig i aspersió i una millora notable del rendiment productiu.

CONCLUSIONS

Actualment els cultius estan majoritàriament adaptats a una filosofia de regadiu associada als sistemes d'inundació. Acompanyats lògicament de tota una xarxa infraestructural també adaptada a aquest concepte.

Cadascun dels sistemes de regadiu exposats tenen certs avantatges i inconvenients però és evident que els sistemes de goteig i aspersió mostren clars avantatges respecte el d'inundació.

El fet que aquest clar avantatge del goteig i aspersió no quedi reflectit en la distribució de regadius que avui s'utilitzen és degut a la càrrega que suposa la ja existent xarxa de canals i arquetes del sistema de regadiu per inundació i també a la forta inversió que suposa un canvi de sistema. Així doncs són necessaris certs incentius governamentals per a que els agricultors es decideixin a adaptar els seus cultius a un nou sistema, ja sigui el d'aspersió o el de goteig, que respongui als canvis de concepte als quals la societat tendeix actualment; que no són altres que l'estalvi i un ús més raonable de l'aigua.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

Nanía, L. S., Gómez, M. (2006). *Ingeniería Hidrológica.* Editat per Grupo Editorial Universitario, 2ª edició, pàg. 16.

http://aca-web.gencat.cat/aca

http://www.wikipedia.org

http://www.ine.es

AGRICULTURA ECOLÒGICA: CONTROL DE PLAGUES MITJANÇANT MEDIS NATURALS

Joan Antoni Perelló Noceras

RESUM

Cada dia és més la informació que arriba a la societat sobre les noves formes d'explotació agrícola. L'esforç d'incorporar noves tècniques de producció alimentària de qualitat mantenint l'entorn, condueix a obviar les tècniques que el propi medi natural ens ofereix per fer front al principal problema del cultiu ecològic: les plagues.
Cada día es más la información que llega a la sociedad sobre las nuevas formas de explotación agrícola. El esfuerzo de incorporar técnicas de producción alimentaria de calidad respetando el entorno, conduce a obviar las técnicas que el propio medio natural nos ofrece para encarar el principal problema del cultivo ecológico: las plagas.

INTRODUCCIÓ

Abans que la utlitització dels productes químics convertís el camp en monòtones succesions de monocultius, les labors agrícoles es basaven en l'art de saber aprofitar els recursos naturals sense posar en perill el seu propi equilibri ni la nostra subsistència.

Les grans indústries agroalimentàries i la manipulació per part de les grans entitats agroquímiques, assoliren un paper clau en la pèrdua d'aquelles tècniques que s'utilitzaven antigament en el conreu i l'art del cultiu; avui en dia es manifesta l'agricultura del passat en el concepte d'agricultura ecològica. El cultiu ecològic no pretén protegir ni dominar la natura, sinó aprendre a administrar-la. No és només una tècnica sinó una forma més cuidadosa de tractar la vida. Per això la biotecnologia i l'enginyeria genètica allunyen les solucions del medi natural. No es tracta de constituir una nova naturalesa sinó de retrobar el lloc en ella.

Es dona l'estranya paradoxa del retorn al cultiu tradicional per tal de poder assegurar la qualitat dels productes. Els avantpassats, en una manca de recursos tecnològics, es guiaven per les observacions i el rendiment de les seves terres de conreu. El sòl és un gran organisme viu autosuficient on els seus nutrients, les pròpies malalties i recursos s'autogeneren de forma natural o a través d'alguna aportació humana. Els processos biològics naturals han acabat imposant-se com a certificat de qualitat.

L'elecció conscient dels aliments procedents de l'agricultura ecològica és el vot més favorable cap a una política conseqüent amb l'entorn i l'alimentació.

Un dels principals problemes per trobar l'equilibri natural del conreu és el control de les plagues. Sota les condicions rigoroses que exigeixen els certificats de qualitat s'han de prendre mesures econòmicament viables i que permetin garantir l'equilibri amb l'entorn.

OBJECTIUS

L'objectiu principal del treball és donar a conèixer les possibilitats que ofereix la pròpia natura per tal de dur a terme un control de plagues sobre el cultiu ecològic. Optimitzar els recursos per crear una simbiosis natural entre preses i depredadors que conviuen en el propi medi sense l'aportació d'agents biològics.

A continuació es citen la resta d'objectius que, o bé complementen la directriu principal de l'article o formen part d'un conjunt de coneixements necessaris per tal d'assolir la idea global del tema:

1. Introduir el lector en els conceptes bàsics de l'agricultura ecològica.
2. Introduir el concepte de control de plaga aplicat en l'àmbit del cultiu ecològic.
3. Compendi de tècniques que s'adscriuen al control de plagues mitjançant medis naturals.
4. Beneficis mediambientals i alimentaris que aporta l'aplicació de les tècniques estudiades.

INTRODUCCIÓ A L'AGRICULTURA ECOLÒGICA

L'agricultura ecològica es pot definir de forma sencilla com un compendi de tècniques agràries que exclou l'ús, en l'agricultura i la ramaderia, de productes químics de síntesis (adobs químics plaguicides, antibiòtics,etc.), amb l'objectiu de preservar el medi ambient, mantenir o augmentar la fertilitat del sòl i proporcionar aliments amb totes les seves propietats naturals.

L'agricultura ecològica desenvolupa agrosistemes amb una dependència mínima de alts continguts agroquímics i energètics i fomenta la pròpia

fertilitat del sòl, la productivitat i la protecció del cultiu. Es combinen els coneixements de l'agricultura tradicional amb elements de la ciència moderna agrícola per elaborar una agricultura alternativa.

Figura1. Cultiu ecològic.

Cal fer una clara diferenciació entre l'agricultura ecològica i l'agricultura orgànica. En l'agricultura ecològica es fan servir un conjunt de tècniques destinades a preservar o cuidar el medi ambient, mentres que en l'agricultura orgànica el que es preten és no introduir fertilitzant ni insecticides químics. Per exemple una pràctica pot ser ecològica però no necessàriament orgànica. Dintre del concepte d'agricultura orgànica es fan servir adobs en verd, compostatge, restes de vegetals compostats, minerals o roques triturades i rotacions del cultiu. Productes que fixen el carboni en el sòl i milloren el nivell climàtic global impedint el traspàs a l'atmosfera de gasos perjudicials (CO2 ò N20).

Figura 2. Producte ecològic.

El control de plagues és una mesura directa per la protecció del conreu que afecta a la producció del cultiu. Però d'altra banda intervé en la qualitat del producte degut a la introducció de substàncies que es sintetitzen amb els cultius. Les tècniques que eviten aquesta degradació final del producte són les que s'anomenen orgàniques i les que fan un ús de l'entorn per tal de respectar el medi natural i evitar la modificació dels aliments.

S'ha de tenir en compte que els medis emprats per combatre els enemics comuns dels cultius poden beneficiar o perjudicar l'aparició de malalties produïdes per fongs. Aquests no són tractacs com plagues però sí poden ser un conjunt d'obstacles alhora de combatir-les.

REFERENT A LES PLAGUES

En la varietat de cultius trobem varietat de plagues, tantes com cultius existeixen. Per tant, els cítrics, els cultius extensius, hortícules, espais verds urbans, fruiters de fruita seca, fruiters de llavors, fruiters de pinyol, l'olivera o en la vinya es troben els propis enemics naturals.

Els enemics naturals són animals, els més freqüents són insectes, presents de forma espontània o introduïts, que regulen les poblacions de plagues. N'hi ha de dos tipus: parasitoids i depredadors. Els primers necessiten ous o les larves de les plagues fins a causar la seva mort i solen ser específics per aquella espècie. És el cas de les minúscules avispetes (himenòpters) que ponen els seus ous en pugons i que després de desenvolupar-se al seu interior els deixen un forat en sortir. Els depredadors s'alimenten de diferents individus de diverses espècies diferents. Es troben dins d'aquest grup els àcards fitoseids depredadors d'altres àcars plaga (aranya roja i bruna), les crisposes, les marietes,els mírids, etc.

El control biològic és la utilització dels enemincs naturals per combatre les plagues. Podem distingir entre el control biològic clàssic, que consisteix en la importació d'enemics naturals exòtics des del lloc d'origen de la plaga. El control biològic aumentatiu consisteix en la introducció de l'enemic beneficiós en quantitats elevades o en quantitats baixes esperant que es multipliqui el cultiu. Al contrari que en el clàssic, els enemics no s'estableixen en el cultiu de forma permanent. Finalment en el control biològic per conservació s'evita l'ús de pesticides, s'afavoreix l'existència de refugis per conservar els enemics naturals al crear un ambient més favorable.

MEDIS NATURALS

Les plantes es troben a la base de la cadena alimentària. La introducció d'una diversitat vegetal (coberta vegetal, bandes florals, bardisses, marges salvatges,etc.) comporta l'establiment d'una diversitat animal (insectes, aràcnids, ocells, rèptils). Les plantes serveixen

d'alimentació, però també de protecció i de refugi de la fauna.

La biodiversitat és un recurs productiu de primer ordre, sovint malmés per l'ús de biocicles inespecífics i l'eliminació de reservoris de fauna útil. El potencial del control biològic es multiplica en plantacions ecològiques i cobertes vegetals amb alt percentatge de gramínies i flors. Les tanques vegetals, també importants per evitar la contaminació des de finques veïnes, esdevenen un gran reservori d'enemics naturals de plagues d'es d'on poden recolonitzar el cultiu.

Són exemples d'arbres i arbustos d'interès: les rosàcies i fruiters silvestres (Prunus, Sorbus, Crataegus, etc), plantes de ribera, barrancs o ombrius (Salix, baladre, freixes de flor, etc.), arbusts mediterranis (Arbutus, Myrtus, Viburnum, Ginesta, Retama, Coronilla, etc,) i ornamentals i conreats (nesprer, llorer, miopor, codony,etc.).

La introducció de bestiar és una altra forma de fomentar la biodiversitat. En parcel·les tancades, l'alliberament d'aviram com gallines i ànecs ha donat molt bons resultats per al control de caragols, i també per a reciclar fruita de rebuig.

La importància de la diversitat també afecta els organismes del sòl, siguin microscòpics (bacteris, fongs) o siguin de mida més gran (artròpodes diversos, cucs de terra, mamífers). Les micorizes (micos= fongs, rizes= arrels) estan formades per fongs que viuen en simbiosi amb les arrels de la majoria de les espècies de plantes. L'associació micorrízica millora l'eficàcia de captació de l'aigua i d'elements minerals augmentant el volum d'exploració de les arrels i la resistència de la planta front a patògens i estressos. Faciliten també l'absorció d'elements poc mòbils com el fòsfor i els oligoelements (zinc, coure). La coberta vegetal sembla favorable al seu desenvolupament. La disminució d'insums afavoreix igualment la micorrització.

Contra els artròpodes cal utilitzar refugis-trampa: planxes, teules, etc. disposades entre les plantes; les erugues que s'hi refugiin quan s'acaba la nit es poden treure al matí. Eliminar o enterrar les restes vegetals i treure les pedres al voltant dels cultius, per tal de destruir els llocs on s'oculten els llimacs.

La protecció contra enemics comuns com poden ser els fongs és essencialment preventiva. Respectar la rotació dels conreus. Assegurar un bon desenvolupament del conreu: bona preparació del sòl, escollir correctament l'època de sembra, respectar les temperatures (en cas d'hivernacle) òptimes de germinació, utilitzar llavor amb un bon poder germinatiu.

La protecció contra les plagues comença en segons quins tipus, abans del conreu. La distribució del cultiu paral·lelament al sentit dels vents dominants per tal de ventilar correctament. La inundació temporal abans de la implantació del conreu pot ser interessant, tot i que es difícil de poder-se dur a terme.

Figura 3. Larves en una colònia de pulgons.

Un altre estratègia de control és la captura massiva, que s'empra per segon quin tipus de mosca. El mitjà de lluita més efectiu és la captura massiva amb trampes alimentàries o de feromones. L'estratègia de control es basa en penjar de 50 a100 trampes/ha en funció de l'importància de la població de la mosca per a capturar els adults, principalment femelles. Les trampes poden ser de varis tipus però les més utilitzades son les de tapa transparent amb cul groc i forat inferior, on s'afegeix l'aliment específic per l'espècie.

Figura 4. Trampa alimentària tipus McPhail.

Entre els depredadors habituals d'algunes de les plagues, es troben els ocells insectívors com els carboners, grans depredadors de larves de carpocapsa quan aquests abandonen la fruita infectada i es refugien a l'escorça de l'arbre per pasar l'hivern. Com que aquests tipus d'ocells crien en forats, la col·locació de caixes niu entre els arbres fruiters es un forma de combatre la plaga per conservació.

Aquestes són algunes de les tècniques que s'utilitzàven i s'utilitzen per realitzar un control biològic. No es sintetitzen exhaustivament els tipus d'animals que intervenen en la dualitat depredador-presa, però s'intenta aportar una idea de la sencillesa de la tècnica per evitar un cultiu artificial a base de productes químics.

RESULTATS ALIMENTARIS DE L'APLICACIÓ

Els productes ecològics obtinguts per l'aplicació natural de tècniques d'aquest tipus tenen més nutrients, vitamínes, minerals, proteínes, que els aliments convencionals o aquells que han estat tractats amb fertilitzants i adobs.

L'interés pels productes ecològics creix. Cada cop existeixen uns consumidors més exigents amb la qualitat i la procedència dels productes. Productes bàsics o especials per elaborar cuines amb ingredients frescos i de màxima qualitat.

CONCLUSIONS

Un cop realitzada la recerca de les diferents propostes i recollida la informació pertinent, es poden extreure les següents conclusions:

1. El conjunt de tècniques formen un conjunt senzill de solucions per obtenir productes de gran qualitat. Cal doncs, informar i proporcionar l'ajuda necessària per recuperar l'agricultura tradicional que durant els anys s'ha vist desplaçada per la introducció d'explotacions industrials perjudicials amb el medi local i el medi a nivell global (canvi climàtic).
2. El tipus de plaga que s'ha de combatre i evitar ha de ser estudiada amb detall per tal de poder obtenir un rendiment equilibrat a tots els nivell del conreu ecològic.
3. Es fa difícil combinar tècniques que per un tipus de conreu pot ser beneficiós i per altres perjudicial, per tant, han de ser explotacions més o menys uniformes o que comparteixen paràsit i depredadors similars.
4. En l'àmbit rural és on s'han de destinar més esforços per fer arribar els nous coneixements en matèria ecològica i propiciar la ruptura amb els agents químics que de manera irreverent ha destruït la riquesa cel cultiu local.
5. Els prejudicis enfront al tema del retorn atemporal a aquelles tècniques poc productives s'han de combatre, ensenyant la visió de riquesa en qualitat de vida i ambiental que les diferents tècniques proporcionen.
6. És cert que els aliments del cultiu ecològic són més cars que els procedents dels cultius convencionals, però això només és una aparença. En el mateix pes trobem en els ecològics en comparació amb els convencionals: menys aigua, mes proteïnes, més oligoelements, més bon gust, una conservació més llarga i cap contaminant químic.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

www.ecolaimenta.com
www.greenpeace.org
www.thytoma.com
www.gencat.cat

MINIMIZACIÓN DE FANGOS DE DEPURACIÓN

David Pàmies Catalán
Daniel Carriquí Porras

RESUMEN

En la actualidad, es indispensable el tratamiento de aguas residuales en todas las zonas pobladas mediante la construcción de depuradoras. En ellas, se obtiene agua depurada y materia sólida en forma de lodos. El reto ahora es, primero conseguir que estos residuos se produzcan en la menor cantidad posible y, posteriormente, estudiar como reintroducirlos en el medio natural.

En l'actualitat, es indispensable el tractament d'aigües residuals a totes les zones poblades mitjançant la construcció de depuradores. En aquestes, s'obté aigua depurada i matèria sòlida en forma de fangs. El repte ara és, primer aconseguir que aquests residus es produeixin en la menor quantitat possible i, posteriorment, estudiar com reintroduir-los al medi natural.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales intereses de la sociedad moderna es la protección del medio ambiente. La reducción del consumo energético, la preservación de las fuentes de materias primas y la reducción de residuos, como se observa en la Figura 1, son partes principales de ella. Los residuos producidos se deben estabilizar e inertizar y, a ser posible, se deben convertir en objeto de desarrollo de tecnologías limpias de reutilización o de reciclaje.

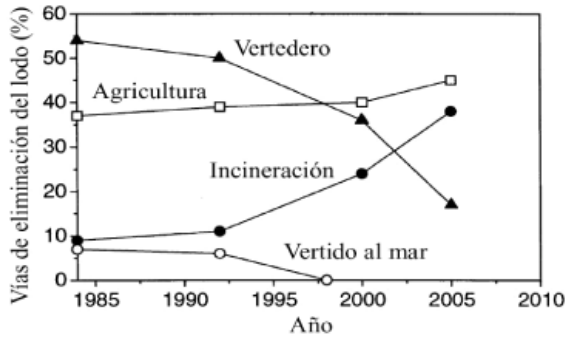


Figura 1. Evolución del destino de los lodos de depuradora en los últimos años.

La presente comunicación enmarca la problemática del tratamiento y gestión de los lodos de la depuración de aguas residuales. Los lodos de depuradora son el residuo producido en las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales. Los mismos surgen tratamiento utilizado para reducir la concentración de materia orgánica del agua. Se hace circular por un reactor biológico donde se reproducen las condiciones ideales para el desarrollo y crecimiento de los organismos que eliminan la materia orgánica.

El efecto contaminante de éstos se debe básicamente a su alto contenido en materia orgánica, a la presencia de innumerable cantidad y variedad de microorganismos patógenos y al contenido en metales pesados.

Los procesos mediante los cuales se eliminan o se reducen las características indeseables de los lodos para un posterior vertido o determinada aplicación constituyen la estabilización. Los métodos de estabilización más utilizados actualmente se pueden resumir en: la digestión aerobia o anaerobia, el tratamiento con Ca(OH)2 o CaO, el compostaje, el secado térmico y la incineración.

Todos estos sistemas, salvo el compostaje, implican un vertido final del material. El compostaje del lodo para su utilización como abono o acondicionador del suelo, es el único método que, hasta aquí, implica un reciclado.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este artículo es considerar las posibles vías de reutilización y/o reciclado de los lodos de depuración que existen. Algunas industrias tales como la del cemento, la cerámica y la construcción ofrecen alternativas para la minimización de éstos como residuo aparte de los habituales destinos tales como el compostaje, la incineración y el vertido.

Para ello, se desarrollarán los siguientes puntos:

1. Estudiar la naturaleza y composición de los fangos.
2. Resumir los posibles tratamientos utilizados para su secado, estabilización e inertización.
3. Analizar los métodos alternativos de reutilización de los fangos.
4. Estudiar su aplicación a la construcción, a la industria de la cerámica y como fuente de energía.

COMPOSICIÓN DE LOS FANGOS

Los fangos de depuradora están constituidos por aproximadamente un 70% de agua y presentan las características mostradas en la Tabla 1 a su llegada a la estación depuradora. Su parte sólida es de naturaleza carbonosa y tiene un alto contenido de materia orgánica. Presentan asimismo una gran variedad de microorganismos patógenos y diversos contaminantes químicos, principalmente los metales pesados, que complicarán la estabilización y limitarán su posterior reutilización. La composición de los fangos depende de la procedencia del agua depurada y variará según si se trata de agua doméstica, residual o industrial. Si el tratamiento de las aguas urbanas se realiza a la vez con aguas industriales, cosa muy común en zonas muy industrializadas, los fangos contendrán de forma significativa los mencionados metales pesados.

Tabla 1. Propiedades generales de los fangos producidos en Catalunya.

Parámetro	Valor
pH	7-10
Olor	Orgánico-intenso
Color	Marrón-negro
Densidad*	1.1 g/cm^3

*densidad del fango sin el proceso de deshidratación

LINEA DE TRATAMIENTO DE LOS FANGOS

Como ya se ha comentado, los lodos generados en las plantas depuradoras se caracterizan por su alto contenido en agua. Debido a esta humedad, tienen un volumen importante y sus características mecánicas dificultan su manejo y disposición final. Por esta razón, su tratamiento se basa fundamentalmente en la reducción de volumen mediante la eliminación del agua. A la vez se llevará a cabo una mineralización, es decir, una reducción de concentración de la materia orgánica, y una encapsulación de los metales pesados.

Este tratamiento es un proceso complejo que consta de diversas fases. Inicialmente se realiza un pretratamiento, una fase básica para tratamientos posteriores donde se busca reducir el contenido de agua de los fangos. En esta fase se utilizan técnicas de manera individual o conjuntamente, tales como el espesado, filtrado y centrifugado. El espesado de fangos se consigue, por gravedad, introduciéndolos en un depósito decantador, el espesador. En este punto podemos distinguir dos tipos de fango: el fango primario, producido por el tratamiento fisicoquímico del agua residual en la EDAR, y el fango secundario, proveniente del tratamiento biológico. Ambos fangos se mezclan para recibir el tratamiento correspondiente. Así, en esta primera etapa, de un fango con una cantidad de materia seca del orden del 0.01% se consigue una cantidad de materia seca en torno al 6%.

La siguiente etapa es la digestión, basada en la estabilización de los fangos mediante la degradación de la materia orgánica. Esta estabilización tiene como objetivos reducir los microorganismos patógenos, eliminar los olores desagradables y eliminar la capacidad de putrefacción. La digestión puede ser aerobia o anaerobia, según la presencia o no de oxígeno. El proceso aerobio tiene ventajas en cuanto a las inversiones pero necesita mayor espacio y puede generar problemas de olores en el entorno, frente al anaerobio. En cuanto a la materia estabilizada, el proceso aerobio genera fangos con buenas propiedades agronómicas. El proceso anaerobio, debido a la generación de metano a partir de los compuestos orgánicos, reduce hasta un 70% el volumen inicial de fango. De esta forma se produce una liberación de biogás (mezcla de gas metano y dióxido de carbono), utilizado en algunas grandes plantas como fuente de energía. A pesar de que la anaerobia es la opción más interesante en cuanto a gestión integral se refiere, el mejor resultado se obtiene con la combinación de ambos procesos.

La siguiente etapa es la deshidratación mecánica, con el objetivo de reducir masa y volumen de fango. Este proceso se puede realizar tanto si el fango ha digerido o no. Los procedimientos de deshidratado son diversos: filtros banda, filtros prensa o centrifugado. Un paso previo es la adición de un producto llamado polielectrolito, el cual hace variar la estructura del fango y facilita la expulsión del agua. A continuación el fango se introduce entre dos telas de material sintético. Hablamos de filtros banda si el filtrado se hace a baja presión y de filtros prensa si es a alta presión. Otro método es el sistema de centrifugado, que consiste en introducir el fango en un tambor giratorio para, aprovechando la fuerza centrífuga, extraer del tambor la máxima cantidad de agua posible, quedando dentro sólo la parte de fango deshidratada. Al acabar este proceso el fango adquiere una consistencia prácticamente sólida, que dependerá de la cantidad de materia seca, que suele oscilar entre el 15 y el 30%.

Otro proceso que puede aplicarse posteriormente es el secado térmico, que permite la eliminación de la fase líquida de los fangos por

evaporación, reduciendo así su volumen hasta una quinta parte. Este proceso requiere un importante aporte de calor. El producto obtenido es un fango deshidratado, con una cantidad de materia seca superior al 90%, que se acumula en diversos contenedores o en un silo, a la espera de ser trasladado a su destino y/o aplicación final. En la Figura 2 vemos un resumen esquemático del ciclo de los lodos tras llegar a la estación depuradora.

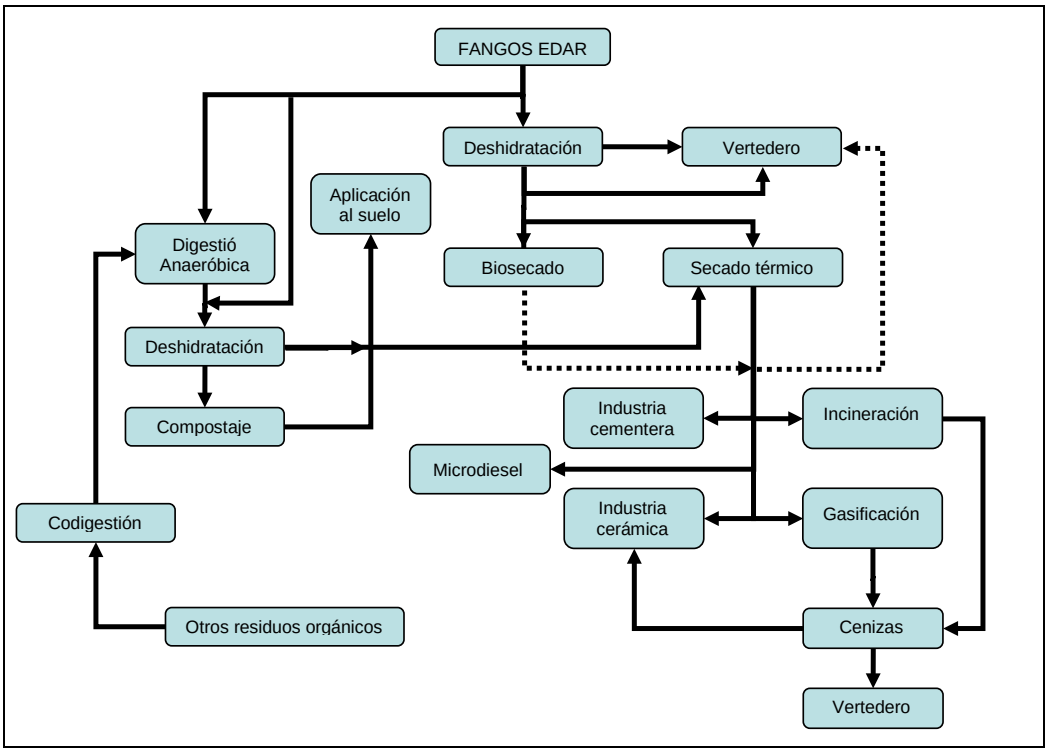


Figura 2. Diversas opciones para la gestión actual de los fangos de EDAR.

APLICACIONES A LA CONSTRUCCIÓN

Hoy en día ya es posible aplicar los lodos de depuradora para convertirlos en materiales de construcción. Numerosos estudios han demostrado la viabilidad de incorporar este residuo en una matriz de cemento que lo estabiliza e inertiza (tecnología LLOT desarrollada en la UPC) y de esta forma poder aprovechar este nuevo material para la obra civil. Se ha analizado y comprobado la posibilidad del estabilizar tanto el fango fresco, previo deshidratado, como el secado térmicamente.

En cuanto al fango fresco se han obtenido mezclas con relaciones óptimas de hasta 2:1 (cemento:fango) y así lograr un producto con unas propiedades mecánicas muy respetables y resistencias de hasta 7MPa, compatibles con aplicaciones tales como rellenos, hormigones en masa para pavimentos y aplicaciones no estructurales, gravacemento para bases y subbases de carreteras.

Por otro lado, con el fango seco, a causa de la mayor concentración de todos los contaminantes, es necesario bajar los porcentajes de la adición de fango. Aún así, en prefabricados, se han logrado mezclas de hasta un 10% sobre la cantidad de cemento, gracias a la fuerte compactación a la que están sometidas las piezas durante su proceso de fabricación que asegura la impermeabilidad del producto y evita el lixiviado de los contaminantes.

APLICACIONES A LA INDUSTRIA CERÁMICA

Asimismo existen otras tendencias de valorización. También es viable la utilización de fangos en la industria cerámica. Se ha observado que durante el proceso de cocción de las piezas, los compuestos orgánicos del fango se destruyen y crean numerosos poros en su lugar. Esto hace que las piezas así fabricadas tengan unas buenas propiedades como aislantes térmicos, sin perder con ello ninguna de sus anteriores características. Por otro lado, los compuestos inorgánicos, incluidos todos los metales pesados, quedan inmovilizados dentro de la matriz cerámica y se comportan como componentes inertes.

APLICACIONES EN REGENERACIÓN DE SUELOS

Desde 1996 existe en Catalunya un Manual de Restauración de actividades extractivas con lodos de depuradora (Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya) que recoge los pasos a seguir para la restauración de dichas actividades o de construcciones de infraestructuras. Éste indica que, previo estudio específico de cada caso, los lodos de depuradora pueden ser usados en la restauración de suelos, pues se obtiene una respuesta muy favorable en la cobertura de vegetación y de este modo se reduce la necesidad de importar suelos fértiles para la revegetación. Esta aplicación reduce también la erosión, aumenta la capacidad de infiltración y disminuye el arrastre de sedimentos por escorrentía.

No obstante, habrá que asegurarse que los lodos cumplan con el contenido máximo de metales pesados establecido en la legislación, especialmente si los lodos provienen de aguas tratadas en zonas industriales, para evitar malos olores y la contaminación del suelo. Además, se produce una sobre acumulación de Nitrógeno que es necesario controlar, principalmente en los lixiviados y en los vegetales, sobretodo al inicio de las experiencias. A pesar de esto, se puede decir que la restauración con lodos de depuradora presenta más ventajas que inconvenientes siendo una solución interesante para estos residuos en el marco de la sostenibilidad.

APLICACIONES COMO FUENTE DE ENERGÍA

Muchas fábricas de cemento, una de las industrias que más contaminan por CO2, han encontrado en los lodos una alternativa para cumplir el Protocolo de Kioto. Al ya ser los lodos de depuradora residuos, su quema como combustible no computa globalmente para las emisiones de CO2 atmosférico que cada país tiene asignado. Además, estudios han demostrado que la sustitución del petróleo y el carbón por este combustible alternativo disminuyen los riesgos de salud de las personas por exposición a contaminantes químicos.

Otra opción interesante consiste en la obtención de microdiésel, un tipo de biodiésel más eficiente y más ecológico que el actual, a partir de los lodos de depuradora. Éstos son ricos en materia orgánica, especialmente en grasas y aceites, los cuales podrán constituir el sustrato a partir del cual determinadas bacterias se nutran para producir y almacenar en su organismo biodiesel. Se trata de un paso más en la búsqueda de biocombustibles, ya que se ha demostrado que los obtenidos a partir de materia vegetal presentan carencias, básicamente económicas.

Hoy en día encontramos también en las EDAR combinaciones de instalaciones para el secado térmico de lodos y de una planta de cogeneración de energía eléctrica, que utiliza como combustible, además del gas natural, el biogas producido por el proceso de digestión del fango. A este aprovechamiento del biogás hay que añadir la utilización del calor de los gases de combustión y del circuito de refrigeración de los motogeneradores, para el proceso de secado y la producción de energía eléctrica.

CONCLUSIONES

1. Una de las principales actuaciones para alcanzar un cierto grado de minimización de los fangos producidos es la aplicación de unas buenas prácticas de operación en la planta de depuración. Al margen de las posibilidades de reducción, son muchas las opciones que hay para gestionar actualmente la gran cantidad de fangos producidos.
2. Se está empezando a revalorizar el fango de depuradora y a ser tenido en cuenta tanto como fuente de energía como en la adición de materiales, siendo la explotación de éste interesante para determinadas industrias. Antes era considerado un residuo de complicada gestión.
3. Es necesario continuar investigando en el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan sacar más provecho de los fangos.

REFERENCIAS

IV jornades tècniques de gestió d'estacions depuradores d'aigües residuals. (Octubre 2003) *Valorització de fangs.* Coordinación: Freixes i Perich A.; Agencia Catalana de l'Aigua. Barcelona.

Diputació de Barcelona, Àrea de Medi Ambient (2008). *La gestió de fangs de les estacions depuradores d'aigües residuals.* Coordinación: Fuentes Bayó S.; Barcelona, 1ª edición.

Susana Valls i Del Barrio. *Estabilización física y química de los lodos de depuradora de aguas residuales y de material de demolición para su utilización en ingeniería civil.* Director: Enric Vázquez. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'enginyeria de la construcció, 1999. (Tesis doctoral).

http://www.infoambiental.es/actualidad/detalle_actualidad/-/asset_publisher/Utf7/content/estudian-la-obtencion-de-microdiesel-a-partir-de-lodos-de-edar

http://erenovable.com/2009/06/26/lodos-de-depuradora-sirven-como-alternativa-al-combustible/

http://www.dracemedioambiente.com/pdf/HT/DRACEMA_HT_VALLADOLID.pdf