
Premio Marcel Brú i Turull de Ingeniería Ambiental

*Tercera Edición
Curso 2005-2006*



○○○
○○○
○○○
UPC

Asignatura de Ingeniería Ambiental

*ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Cataluña*

Barcelona, mayo de 2006



El acto de entrega del Premio “Marcel Brú i Turull” de Ingeniería Ambiental, en su Tercera Edición del curso 2005-2006, tuvo lugar en la Sala de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, de la Universitat Politècnica de Catalunya, el miércoles 10 de mayo de 2006.

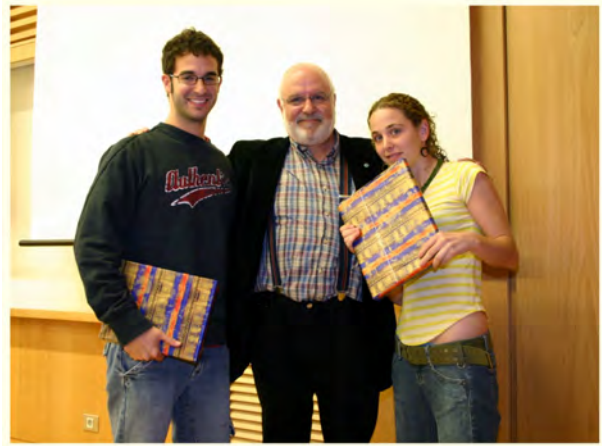
Al acto fue presidido por el Prof. Antoni Marí Bernat, Comissionat per al Desenvolupament Sostenible de la Universitat Politècnica de Catalunya y contó con la participación del Sr. Luis Ángel Fernández Hermana, periodista científico, de la Dra. Anna Cabré, Directora del Centre d’Estudis Demogràfics, de Vicenç y Emi, padres de Marcel, de amigos de la familia y de numerosos alumnos de Ingeniería Ambiental de los cursos 2004-05 y 2005-06.

El premio fue entregado por Vicenç Brú i Emi Turull.

El Comité de Selección de los premios estuvo compuesto por un total de 13 personas, formado por alumnos del Comité Técnico de Ambient, varios profesores de la Sección de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, y Emi Turull.

El premio fue otorgado al alumno Marc Gómez López, por la elaboración del trabajo titulado “El medi ambient: el gran damnificat dels conflictes bèlics”. En razón de su participación en el programa Erasmus fuera de Barcelona, el premio fue recogido por un miembro del Comité Técnico de Ambient 2006.

Prof. Rafael Mujeriego
Mayo de 2006.



Alumnos premiados, alumnos finalistas y alumnos organizadores del Premio “Marcel Brú i Turull” de Ingeniería Ambiental, en su tercera edición del curso 2005-2006. Reportaje fotográfico amablemente realizado por Ceferino Robledo.

Premio Marcel Brú i Turull de Ingeniería Ambiental, curso 2005-2006

EL MEDI AMBIENT: EL GRAN DAMNIFICAT DELS CONFLICTES BÈL·LICS Marc Gómez López

RESUM

Els conflictes bèl·lics generen, a part dels danys personals directes, un impacte brutal sobre el medi ambient que sovint és menyspreat per l'opinió pública. Els danys causats no només es produeixen a la zona de conflicte i durant el seu transcurs, sinó que acaben afectant a una extensió de terreny més àmplia i durant un període de temps major. Aquest fet s'agreuja especialment quan s'utilitzen elements químics i/o tòxics, quan es duen a terme certes activitats i quan s'ataca al medi ambient deliberadament.

Los conflictos bélicos generan, a parte de los daños directos personales, un impacto brutal sobre el medio ambiente que a menudo es menospreciado por la opinión pública. Los daños causados no sólo se producen en la zona de conflicto y durante su transcurso, sino que terminan por afectar a una extensión de terreno más amplia y durante un período de tiempo mayor. Este hecho se agrava especialmente cuando se usan elementos químicos y/o tóxicos, cuando se llevan a cabo ciertas actividades y cuando se ataca al medio ambiente deliberadamente.

INTRODUCCIÓ

Els efectes que l'activitat humana provoca sobre el medi ambient són una gran preocupació de la comunitat internacional i des de fa anys s'estan aplicant mesures per a reduir les emissions de productes contaminants i per a un ús més racional dels recursos naturals. Mentre la major part de les activitats més perjudicials sobre el medi estan regulades o en procés de regulació, els efectes que causen les guerres són massa sovint oblidats i poc tinguts en compte en relació amb els danys personals. Aquest fet, tot i acceptar l'existència de prioritats, no deixa de ser un greu error i una contradicció, ja que, per una banda es tracta de protegir al màxim la vida humana i per l'altra, es descuida el medi en el qual ha de viure.

OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest text és posar de manifest el fort impacte que els conflictes bèl·lics causen sobre el

medi ambient, analitzant especialment aquells modes de contaminació que es podrien evitar o almenys, els efectes dels quals es podrien reduir.

Aquesta anàlisi es durà a terme en tres grans blocs:

1. Danys causats pel desenvolupament dels conflictes armats.
2. Atacs directes sobre el medi ambient.
3. El medi ambient com a font de conflicte.

Un cop analitzats aquests tres àmbits d'actuació, s'extrauran les conclusions oportunes i es proposaran les mesures que es creguin necessàries per tal d'aconseguir disminuir l'impacte que causen sobre el medi ambient.

DANYS CAUSATS PEL DESENVOLUPAMENT DELS CONFLICTES ARMATS

El desenvolupament d'un conflicte bèl·lic comporta danys col·laterals al medi ambient que gairebé mai són tinguts en compte per les parts participants en el mateix ja que són considerats com a inevitables. Sí bé és cert que és impossible no afectar al medi ambient, sí que hi ha activitats parcialment o totalment evitables que provoquen importants danys (en temps i espai) que no poden quedar encobertes sota la declaració de la guerra, entre les quals destaquen:

1. Ús d'armament químic i nuclear en armament convencional. Els seus efectes estan presents en totes les fases de l'activitat bèl·lica: fabricació, emmagatzematge, transport i utilització. La utilització d'elements químics altament contaminants (Urani, Beril·li, Plutoni, ...) en armament convencional és un gravíssim problema que s'ha posat de manifest en els darrers conflictes. Un cas d'especial interès és l'ús d'urani empobrit ja que els efectes causats sobre la salut humana i ambiental, sobretot a mig i llarg termini, són molt importants. És per això, que aquest cas s'exposarà més detalladament en el següent capítol.
2. La col·locació de mines terrestres. Els danys causats sobre les persones i el medi són més importants amb el pas del temps que durant la pròpia celebració del conflicte ja que un cop acabat aquest, les mines segueixen al terreny i

no "reconeixen" el nou estat de pau. Això provoca lesions i morts a la població civil, impossibilita l'ús agrícola del terreny i acaba afectant també a la fauna i la flora. Tot i els importants avanços que s'ha fet arran de l'entrada en vigor el dia 1 de març de 1999 del "Tractat de prohibició de mines" que prohibeix internacionalment l'ús, la producció, l'emmagatzematge, el comerç, la transferència o exportació de mines terrestres, la problemàtica no està ni molt menys resolta. La gran quantitat de mines dispersades sobre el planeta (es calcula que superen els 110 milions) afecten encara avui en dia a grans extensions de terreny. A més, aquestes extensions són difícils de delimitar pel continu moviment de les mines pels efectes de les pluges.

3. La destrucció de fàbriques o dipòsits de substàncies químiques. És un problema crític quan les substàncies són altament contaminants (material radioactiu, residus tòxics, ...) ja que s'alliberen al medi natural directament (sense tractaments previs) cosa que contamina fortament el medi atmosfèric i aquàtic. Aquesta activitat, perfectament evitable amb la tant precisa tecnologia militar actual, afecta l'entorn natural de manera global degut al caràcter mòbil dels medis contaminats. Algunes conseqüències directes d'aquest procés són el retorn a la superfície terrestre de la contaminació emesa a l'atmosfera amb el fenomen conegut com a pluja àcida i la contaminació de les aigües, tant superficials com subterrànies, degut a l'escolament i infiltració del petroli i els seus derivats.
4. Gestió dels residus humans i bèlics. És evident que al tractar-se d'una activitat humana tan destructiva, és impossible no generar residus nocius pel medi ambient però sí que és possible reduir el seu impacte amb una mínima gestió. La precarietat de les instal·lacions militars provoca múltiples riscos pel medi ambient bàsicament degut a la temporalitat de les instal·lacions i al fet que en la majoria dels casos, el tractament dels residus generats no és ni tingut en compte i es menyspreen els seus efectes. A més, la pròpia naturalesa mòbil dels conflictes provoca que els residus que es generen es dispersin pel territori de manera que es fa impossible un tractament eficient dels mateixos.

Les fonts de contaminació en aquest context són variades. Els residus que genera la pròpia vida humana són sovint exclusivament enterrats, fet que a la llarga, acaba contaminant les aigües subterrànies en processos difícilment solucionables que tindran greus conseqüències que es manifestaran amb els pas del temps.

El problema s'agreuja quan s'aboquen materials que flueixen amb facilitat com olis, pintures,

dissolvents, o altres amb un marcat caràcter altament contaminant (per exemple, urani empobrit o altres compostos radioactius). D'altra banda, els residus bèlics derivats del conflicte (restes de projectils, armament, vehicles, ...) són abandonats de manera que els elements contaminants utilitzats en la seva fabricació acaben anant a parar al medi.

ÚS DE L'URANI EMPOBRIT EN LA FABRICACIÓ D'ARMAMENT CONVENCIONAL

L'urani empobrit és un residu obtingut de la producció del combustible destinat als reactors nuclears i les bombes atòmiques. El material que s'utilitza en aquesta indústria és l'urani U-235 que és l'isòtop que pot ser fissionat. Donat que aquest isòtop es troba de manera natural en unes proporcions molt baixes, el mineral d'urani ha de ser "enriquit", és a dir, s'ha d'augmentar de manera artificial la proporció de l'isòtop U-235.

Aquest procés, produeix una gran quantitat de residus radioactius d'urani "empobrit", anomenat així perquè està format principalment per l'isòtop d'urani no fissionable, l'anomenat U-238 i en proporcions residuals per l'U-235. Aquestes residus de la indústria nuclear són també radioactius i tenen una vida útil estimada d'uns 4,5 mil milions d'anys de manera que cal emmagatzemar-los de forma segura durant molt de temps, procés d'uns elevats costos econòmics.

Aquest fet, unit a la gran quantitat d'aquests residus que existeixen (només als EEUU n'hi ha emmagatzemades 500.000 tones) com a conseqüència de la producció massiva d'energia nuclear i armes atòmiques durant la segona meitat del segle XX, va provocar que es busquessin alternatives al seu simple emmagatzematge. Així, des de finals dels anys setanta, la indústria americana va començar a revestir municions convencionals amb urani empobrit, aprofitant que té unes característiques molt útils per a la indústria militar.

Quan un projectil reforçat amb urani empobrit xoca contra un objectiu, l'urani es volatiliza en micropartícules altament radioactives i tòxiques. Aquestes partícules són extremadament volàtils, de manera que es poden contaminar fàcilment grans extensions de terreny. A la llarga, aquestes partícules acaben dipositades al sòl, a l'aigua o són ingerides per algun ésser viu de la cadena tròfica, produint-se una contaminació del medi ambient a nivell global. Una contaminació d'aquest tipus és gravíssima i de difícil solució, i quan es troba present als éssers vius, els provoca malalties cel·lulars que acaben degenerant en càncers i mutacions genètiques que comporten l'aparició d'anomalies genètiques en els seus descendents.

Els danys causats són pràcticament irreversibles ja que perduren durant milers d'anys degut a la llarga vida útil radioactiva que té l'urani empobrit que altera de manera continua els cicles naturals i biològics.

Aquests efectes tan nocius es van posar de manifest de manera molt significativa a la Guerra del Golf (1991). L'aparició de noves malalties de difícil diagnòstic i l'augment espectacular de les malalties congènites i càncers, tant entre la població iraquiana com entre els soldats nord-americans i britànics, en allò que es va anomenar Síndrome de la Guerra del Golf. Després de diversos estudis internacionals, i en contra d'allò que asseguraven els responsables de la política militar americana, es va demostrar la relació existent entre l'ús de l'urani empobrit i l'aparició d'aquestes malalties.

Tot i que hauran de passar anys per conèixer amb exactitud els danys causats sobre el medi i la salut humana (es calcula que a la zona encara resten 300 tones de residus radioactius que ja podrien haver afectat directament a uns 250.000 iraquians), avui ja ningú dubte dels efectes tan devastadors d'aquest tipus d'armament, de manera que es demana des de diverses institucions la prohibició d'utilitzar l'urani empobrit amb aquesta finalitat. Actualment, l'única normativa que podria regular aquest tipus d'armament és l'article 35 de "La Convenció de Ginebra" de 1977 la qual prohibeix "l'ús de tot armament que pugui causar danys seriosos a llarg termini al medi natural". La poca definició de la prohibició i el fet que les conseqüències a llarg termini encara no hagin estat determinades amb exactitud fa que la normativa sigui difícilment aplicable.

ATACS DIRECTES SOBRE EL MEDI AMBIENT

Causar danys al medi ambient durant el desenvolupament d'un conflicte bèl·lic és inevitable però sí que es poden evitar els danys ocasionats pels atacs deliberats sobre ell. Aquest fenomen, contràriament al que hom pot pensar, no és precisament nou. Ja en el temps dels romans aquests abocaven sal sobre les terres que rodejaven Cartago per a fer-les més estèrils; els turcs destrossaven els boscos del Líban per a construir ferrocarrils o més darrerament, els Estats Units arrasaren grans extensions forestals al Vietnam com a conseqüència de l'ús de Napalm.

Sí que és cert però, que els nivells als quals s'ha arribat en els darrers conflictes és preocupant essent especialment significatiu el cas de la Guerra del Golf on es va produir el punt àlgid d'aquestes activitats. La crema de més de 700 pous de petroli per a reduir la visibilitat de les tropes enemigues i l'abocament al mar d'entre sis i vuit milers de tones

de cru per a dificultar les seves maniobres marines van provocar l'alliberament de 80.000 tones de gasos responsables de l'efecte hivernacle i van causar grans danys a la fauna marina al llarg de 500 quilòmetres de costa. No cal dir, que el recent conflicte a la zona ha contribuït ha accentuar encara més la problemàtica ambiental, com es recull en diversos informes del "Programa de Nacions Unides pel Medi Ambient" (PNUMA).

Si com ja hem vist els efectes que provoquen les guerres sobre el medi natural de manera "involuntària" són molt greus, aquests acostumen a ser encara més perjudicials quan s'ataca al medi directament ja que s'acostumen a usar les maniobres més destructives. Resulta lògic pensar que aquesta activitat és totalment il·lícita, inclòs en el context d'una guerra, i susceptible de ser regulada i penada. Actualment però el dret internacional relatiu al medi ambient imposa als Estats únicament l'obligació de no causar danys mediambientals fora de la seva jurisdicció territorial en temps de pau. Així, els delictes ecològics comesos per les parts implicades en el conflicte queden sense càstig quan es cometen en temps de guerra.

EL MEDI AMBIENT COM A FONT DE CONFLICTE

Per últim, convé recordar que el medi ambient també juga un fort paper com a font de conflicte, especialment en països del tercer món. Nombroses guerres del continent africà estan relacionades amb l'ansia de controlar territoris naturals d'especial interès. En molts casos, a més, el conflicte està generat purament per interessos econòmics que acaben comportant una sobreexplotació dels recursos i causant greus danys als ecosistemes de la zona. Especialment significatiu ha estat la tala indiscriminada d'arbres, que ha reduït la dimensió de parcs i reserves naturals, mentre alguns obtenien importants ingressos econòmics per la seva exportació. La màxima preocupació actual és que aquesta espiral no acabi afectant als recursos hídrics, en els quals fins ara ha predominat la cooperació, ja que les seves conseqüències sobre el medi humà serien molt greus donat que es tracta d'un element imprescindible per a la vida.

CONCLUSIONS

1. Els conflictes bèl·lics són devastadors pel medi ambient ja que afecten al medi terrestre, atmosfèric i aquàtic així com als éssers vius.
2. Els efectes negatius es produeixen no només en el lloc i el moment on té lloc la guerra, sinó que acaben afectant als territoris veïns i durant períodes de temps que es poden allargar fins als milers d'anys.

3. L'armament utilitzat juga un paper molt important. L'ús d'armaments que provoquen danys durant llargs períodes de temps (mines terrestres, armament convencional recobert amb materials químics i/o radioactius, ...) requereixen una regulació específica del seu ús.
4. El atac a fàbriques i contenidors de substàncies tòxiques generen una contaminació ràpida i duradora que es podria evitar si es protegissin, en la mesura del possible, de manera similar a com es fa amb els edificis públics.
5. La falta d'una "consciència ambiental bèl·lica" provoca que s'agreugin els danys derivats dels residus generats per l'activitat humana i bèl·lica.
6. Els atacs directes sobre el medi ambient, que en molts casos són més perjudicials que els derivats del propi conflicte, són massa sovint oblidats degut a la desfasada legislació actual.
7. El medi ambient és també font de conflicte, especialment en països del tercer món, de nombrosos conflictes bèlics en la lluita per controlar territoris amb importants recursos naturals.

RECOMANACIONS

És evident que la única recomanació plenament satisfactòria per tal d'acabar amb aquesta font tant important de contaminació del medi ambient és evitar la declaració de nous conflictes. És important incidir en què és molt més efectiu evitar-los que no pas aconseguir reduir la seva durada ja que, com hem vist, un cop produïdes els seus efectes solen causar problemes a llarg termini de molt difícil solució.

Si no podem aturar la celebració del conflicte, hem vist que existeixen pràctiques que causen greus danys i que sí que es poden evitar, per tal de reduir els efectes causats sobre el medi ambient. En aquest context és on es fa més palesa la necessitat d'actualitzar i endurir la legislació internacional especialment pel que fa referència a:

1. Prohibir l'ús d'armament amb evidents perjudicis per a la població humana i el medi natural a llarg termini, quan la guerra ha perdut el seu sentit i no és lògic que se'n continuïn pagant les conseqüències. És especialment important prohibir l'ús d'elements químics o

radioactius en l'armament convencional així com l'ús de mines terrestres.

2. Establir una "cultura bèl·lica ambiental" per a fomentar el tractament dels residus bèlics generats pel desenvolupament del conflicte.
3. Perseguir i castigar els atacs directes i deliberats sobre el medi ambient, considerant-los com a crims contra la salut pública i ambiental.
4. Prohibir la comercialització de productes naturals obtinguts durant la celebració d'un conflicte armat per a evitar que s'usi el medi com a pretext per a causar-los.

Algunes d'aquestes recomanacions poden semblar massa frívoles quan es posen en el context d'un conflicte armat, però la idea del present text no és, ni molt menys, establir ni alterar les prioritats. Simplement recull la necessitat de regular l'impacte sobre el medi ambient de manera similar a la regulació que es va fer ja fa anys sobre els civils i els tractes a presoners de guerra. És a dir, es tracta de què, dintre d'algunes limitacions, els conflictes siguin menys destructius i la pau més duradora.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- http://www.lainsignia.org/2003/noviembre/ecol_009. Pita, A. (2003). El medio ambiente, otro daño colateral. Espanya.
- <http://www.tierramerica.net/2002/1117/articulo.s.html>. Rizvi, H. (2001). El medio ambiente, blanco bélico. Espanya.
- <http://www.cubasolar.cu/Editorial/editorial5.html>. Pérez, M. (2003). Impacto ecológico de las guerras. Cuba.
- http://www.webislam.com/numeros/2001/11_01/Guerras_contranatura.htm. Miranda, A. (2001). Guerras contra natura. Espanya.
- <http://www.icbl.org/es>. Avendaño, C. (2003). Campaña Internacional para la Prohibición de las Minas Terrestres. Canadà.
- http://www.iacenter.org/depleted/du_eurspan.htm. Comité de Solidaridad con la Causa Árabe (2000). Declaración final de la conferencia internacional sobre uranio empobrecido celebrada en Gijón el 26 y 27 de Noviembre de 2000. Gijón, Espanya.

Segundo finalista del Premio Marcel Brú i Turull de Ingeniería Ambiental, curso 2005-2006

EL SOL : FONT DE PROGRÉS, FONT DE PERILL

Ernest Bernat Masó

Xavier Virgili Grau

RESUM

El procés de fusió nuclear que s'esdevé en el Sol ha estat, és i serà motiu d'estudi per tal d'intentar-ne la reproducció a la Terra a fi d'obtenir una font d'energia neta i pràcticament inesgotable. No obstant, existeixen altres processos inherents al Sol que ens afecten més directament, com ara el vent solar i les emissions de massa coronària. El coneixement d'aquests fenòmens i dels seus possibles efectes negatius sobre els dispositius electrònics és de gran importància en una societat altament tecnificada.

El proceso de fusión nuclear que ocurre en el Sol ha sido, es y será motivo de estudio para tratar su reproducción en la Tierra con la finalidad de obtener una fuente energética limpia y prácticamente inagotable. Aún así, existen procesos inherentes al Sol que nos afectan más directamente, como por ejemplo el viento solar y las emisiones de masa coronaria. El conocimiento de estos fenómenos y de sus posibles efectos negativos sobre los dispositivos electrónicos es de gran importancia en una sociedad altamente tecnificada.

INTRODUCCIÓ

El Sol ha estat objecte de fascinació humana des de molt antic. Molts pobles en la història l'han associat a una deïtat, ja que la seva energia és utilitzada de manera directa o indirecta per tots els éssers vius de la Terra. És per això que el seu estudi és de gran importància. Però el Sol pot causar també perjudicis a aquests éssers vius. Les emissions de massa coronària, el vent solar i les tempestes electromagnètiques, en casos severes, causen efectes negatius sobre les persones, animals i components electrònics. Aquest problema preocupa cada dia més a causa de la progressiva electrificació de totes les activitats humanes, i és especialment important en el cas dels satèl·lits, ja que aquests es troben més desprotegits.

Per altra banda, tractarem el tema de l'energia solar no encarat a l'aprofitament de la radiació solar sinó a la generació d'energia dins el Sol mateix. Aquest procés de fusió nuclear és adoptat com a model pels científics, que estudien la possibilitat de la seva reproducció de forma controlada a la Terra.

Estudis recents suggereixen una relació entre la disminució del nombre de taques solars (provocada per la variació del camp magnètic) i les èpoques de glaciació i desglaç que hem patit a la Terra, la qual cosa remarca la importància que tenen per al nostre clima i consegüentment per a nosaltres les variacions que es produeixen al conegut com astre rei.

OBJECTIUS

L'objectiu principal d'aquesta comunicació és aprofundir en el coneixement del Sol. Els objectius específics són:

1. L'estudi de la generació d'energia al Sol i la possible aplicació a la Terra.
2. Els fenòmens que es produeixen al Sol i en particular les emissions de massa coronària.
3. Els possibles danys d'aquestes.

GENERACIÓ DE L'ENERGIA SOLAR. LA FUSIÓ NUCLEAR

La fusió nuclear és una reacció consistent en la generació d'un àtom pesat a partir de la unió de dos àtoms més lleugers. Aquesta reacció que allibera grans quantitats d'energia és la que es produeix en les estrelles. El procés de fusió permet convertir massa en energia segons la relació establerta per Albert Einstein el 1905 ($E = mc^2$). En el cas del Sol es produeix una reacció coneguda com a "reacció p-p", tal com es pot veure en la Figura 1. Aquesta reacció consisteix en l'impacte de dos protons contra un nucli d'hidrogen comú, la qual cosa provoca la creació d'un nucli d'heli-3 i l'emissió d'energia en forma de raigs gamma.

La reacció continua amb l'impacte de dos protons contra dos nuclis d'heli-3 (cada protó amb un nucli d'heli-3) creats segons el procés descrit anteriorment, la qual cosa permet la seva unió formant un nucli de beril·li-6 i alliberant energia també en forma de raigs gamma. Aquest nucli de beril·li-6 és inestable i es desintegra donant lloc a un nucli d'heli estable i dos protons que permeten la continuïtat de la reacció. És destacable que en la reacció intervenen 6 protons com a reactius i només s'obtenen dos protons com a producte de forma que durant el procés, 4 protons s'han convertit en energia en forma de raigs gamma segons la relació d'Einstein.

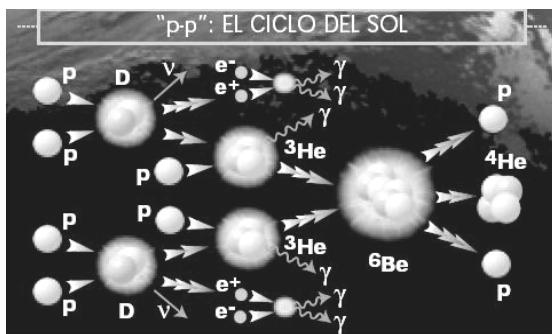


Figura 1. El cicle del Sol.

APLICACIONS DE LA FUSIÓ NUCLEAR A LA TERRA

L'home ha intentat reproduir el procés de fusió nuclear a la Terra des que va conèixer l'existència de la fissió, ja que aquesta produeix uns residus molt perillosos. La reacció més simple d'aconseguir es basa en aconseguir la fusió del deuteri (un protó i un neutró) i el triti (un protó i dos neutrons) per formar heli (dos protons i dos neutrons) i alliberar un neutró juntament amb una energia de 17,6 MeV, que equival a $2,820 \cdot 10^{-12}$ J. La Figura 2 il·lustra aquest procés. Aquesta reacció proporciona una font d'energia pràcticament inesgotable, ja que el deuteri es troba a l'aigua de mar i el triti és de fàcil producció a partir del neutró que escapa de la reacció.

Tot i que aquesta reacció és relativament senzilla, això no implica que sigui fàcil d'aconseguir, ja que els nuclis dels àtoms a fusionar es troben carregats positivament, i a major proximitat més grans són les forces de repulsió atòmica. Una possible solució seria accelerar-los mitjançant un accelerador de partícules, però d'aquesta manera es gastaria més energia en accelerar-los que la que s'obtidria amb la reacció.

Per solucionar aquest problema d'eficiència es comprimeixen esferes de combustible mitjançant feixos de làser o de partícules aconseguint així l'anomenada fusió per confinament inercial, en la qual s'obtenen densitats molt elevades,

aconseguint que els nuclis estiguin molt pròxims entre sí i es fusionin. L'altra forma per solucionar el problema descrit consisteix en escalfar els reactius fins a temperatures de milions de graus, de manera que els xocs entre les partícules esdevinguin per agitació tèrmica. Com que a tan alta temperatura el combustible es dissocia en partícules amb càrrega positiva i partícules carregades negativament, aquestes es poden controlar mitjançant un camp magnètic. Aquest procés rep el nom de fusió per confinament magnètic.

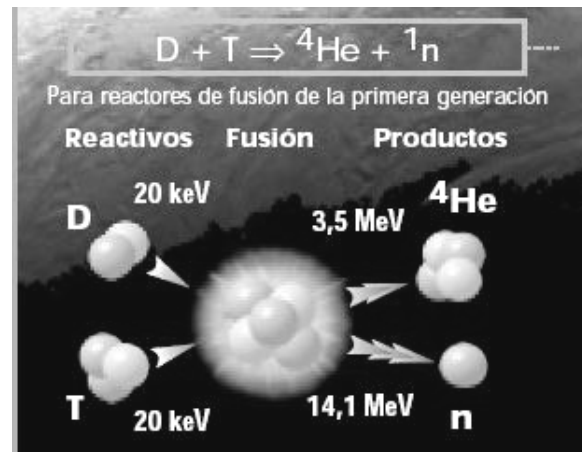


Figura 2. Fusió a la Terra.

Els principals avantatges de la fusió respecte de la resta de fonts d'energia són: el baix cost i l'abundància del combustible primari (aigua de mar i hidrogen), que permeten el funcionament del sistema de forma rentable durant milions d'anys; la seguretat intrínseca del sistema, ja que el reactor només conté en cada instant combustible per a mantenir el funcionament durant els deu segons posteriors d'operació; no hi ha emissions de contaminació atmosfèrica ja que el producte de la reacció (heli) és inert; i el fet de poder minimitzar la radioactivitat emesa per l'estructura a causa de la producció de neutrons, escollint acuradament materials de baixa activació, de manera que no serà necessari l'emmagatzematge d'elements perillosos durant milers d'anys.

Actualment existeixen dos dispositius de fusió nuclear: el JET (Joint European Torus), de la UE i amb seu a Oxfordshire, i el TFTR (Toroidal Fusion Thermonuclear Reactor), dels EEUU amb seu a Princeton. Ambdós dispositius són de fusió per confinament magnètic. Aquests aparells han demostrat que és viable científicament la producció d'energia mitjançant la fusió nuclear. El següent pas en el desenvolupament d'aquesta font d'energia és demostrar que és tècnicament possible la producció d'energia elèctrica a partir de la fusió nuclear, aquest és l'objectiu que persegueix el projecte ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), que encara es troba en fase de projecte.

EL SOL EN MOVIMENT: PRINCIPALS FENÒMENS

La majoria de fenòmens que es produeixen en el Sol estan provocats pel camp magnètic. Aquest es genera a la taoclina on la zona radioactiva, en la qual l'energia es transmet per radiació, i la convectiva, on l'energia es transmet per convecció, llisquen una sobre l'altra.

Les taques solars han estat des de fa molt temps motiu de curiositat científica. Una taca solar és una regió més fosca de la superfície solar, ja que és més freda que l'àrea que l'envolta. De fet, les taques solars es troben a una temperatura aproximada de 3.000 K mentre que la resta de la superfície solar ronda els 6.000 K. Aquest descens de temperatura es dona quan les línies de camp magnètic, que normalment es troben sota la superfície, sobresurten d'aquesta, inhibint el transport

convectiu de calor i indicant el lloc on el magnetisme és més intens. Aquestes taques solen aparèixer en grup, ja que les línies de camp magnètic travessen la superfície solar agrupades en feixos. El procés pel qual les línies de camp magnètic es corben i acaben sortint de la superfície del sol, com podem observar en la Figura 3, és el següent: el cicle s'inicia amb les línies del camp magnètic anant de pol a pol. Les capes superiors del Sol tarden menys en completar un gir prop de l'equador (26 dies) que prop dels pols (36 dies), això fa que les línies de camp s'estirin. A mesura que aquest procés augmenta, les línies es distorsionen més augmentant d'energia. Quan les línies es retorcen sobre sí mateixes s'eleven per sobre de la superfície solar en forma de bucle. Als extrems d'entrada i sortida d'aquestes línies és on trobem les taques solars.

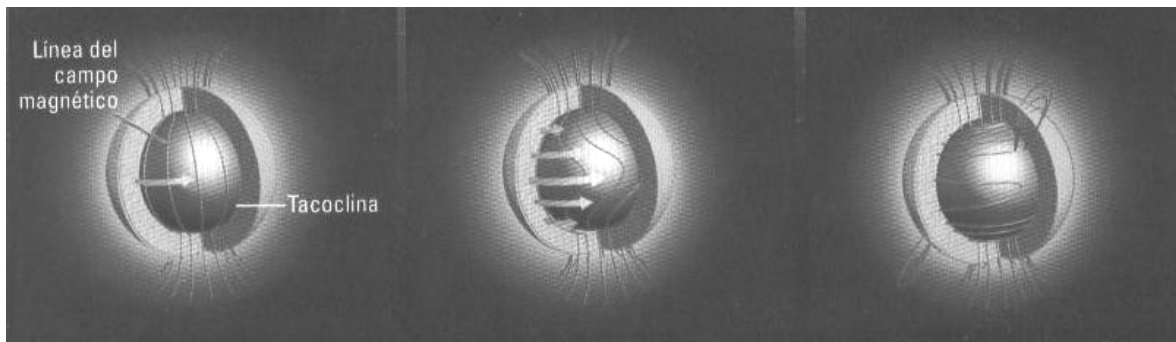


Figura 3. Procés de distorsió de les línies de camp magnètic.

Actualment, amb els nous mitjans d'observació d'alta tecnologia i models informàtics, s'ha observat que les taques solars evolucionen seguint cicles amb un període mitjà d'onze anys (encara que varia entre 8 i 15 anys) i que es corresponen amb la duració d'una inversió solar. En una inversió solar, el camp magnètic canvia de polaritat, el pol nord es converteix en el sud i viceversa. Un cicle magnètic solar és el temps comprès entre dues inversions de la polaritat del camp magnètic i, per tant, es produeix cada 22 anys. Aquestes inversions causen els anomenats màxims i mínims solars. En un mínim solar, el camp magnètic és més intens prop dels pols, mentre que un màxim solar es produeix quan la intensitat del camp magnètic és major a l'equador. Els màxims causen l'aparició de tempestes solars, que poden arribar a afectar la Terra, i la formació d'un major nombre de taques solars a la superfície.

Un fenomen sempre present a l'espai que envolta al Sol és el vent solar. Viatjant a una velocitat d'entre 800.000 km/h i 1.280.000 km/h, transporta una massa aproximada d'un milió de tones de matèria cada segon. Tot i que la seva densitat és milions de vegades més baixa

que l'aire de la Terra, el vent solar és capaç de deformar la magnetosfera terrestre gràcies a l'energia acumulada pel plasma i els camps magnètics que hi estan associats. Només un 1% d'aquest vent solar penetra la magnetosfera, però és capaç de generar milions d'amperes de corrent elèctric a l'atmosfera terrestre i crear tempestes magnètiques a la part més externa de l'atmosfera, causant danys que analitzarem al següent apartat.

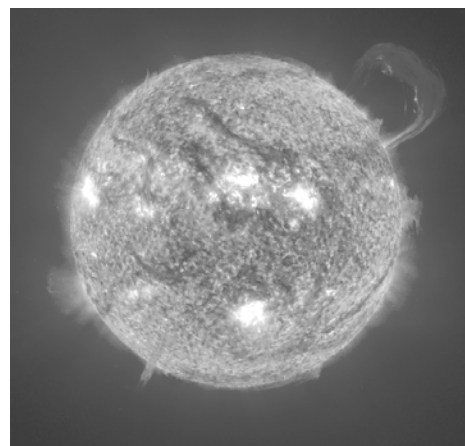


Figura 4. Emissió de massa coronària.

Un fenomen menys habitual però més perillós per a la Terra són les emissions de massa coronària (EMC). Una EMC consisteix en l'erupció de plasma solar que prové de la corona tal com es pot observar en la Figura 4. El plasma és un estat de la matèria que consisteix en la dissociació dels àtoms, els quals perden els electrons i queden ions amb una càrrega elèctrica positiva. La corona és una regió gasosa situada sobre la superfície solar la temperatura de la qual és superior al milió de graus Celsius, i és visible des de la Terra, sense instrumentació, durant els eclipses solars. L'explicació més acceptada actualment per entendre aquesta temperatura tan elevada és que es deu a un procés en el qual les línies de camp magnètic surten i tornen a entrar a la superfície solar subjectant el plasma i augmentant-li la temperatura, donant lloc a la corona. Quan algunes d'aquestes línies de camp magnètic interaccionen entre si, es cancel·len i formen un forat a la xarxa magnètica, permetent que el plasma s'escapi formant una EMC. Un cop alliberada de la gravetat solar, la EMC assoleix una velocitat aproximada de 400 km/s, encara que les més veloces poden arribar als 2.200 km/s. Una EMC típica desplaça de l'ordre de 10 milions de tones de plasma, i pot créixer fins a arribar a ocupar un espai de 50 milions de quilòmetres d'ample.

CONSEQÜÈNCIES I EFECTES SOBRE LA TERRA

L'efecte més visible de l'impacte d'una emissió de massa coronària sobre la Terra són les aurores. Aquest fenomen es produeix quan les partícules de plasma ionitzades penetren dins el camp magnètic terrestre a través dels pols, que és la part on la magnetosfera es troba parcialment oberta a l'espai. Un cop dins de l'alta atmosfera terrestre, aquestes partícules ionitzades xoquen amb els àtoms d'oxigen i nitrogen excitant-los elèctricament. És aleshores quan aquests àtoms excitats emeten radiació en forma de llum visible, generalment de colors verd, blau, vermell i blanc, colors característics de les aurores.

Però no tots els efectes de les EMC són tant benèvols com les aurores. Tenint en compte que una EMC mitjana pot descarregar una energia equivalent a 1.500 GW d'electricitat a l'alta atmosfera, és comprensible que això pugui ocasionar grans problemes en una societat depenent dels satèl·lits, els components electrònics i les comunicacions de ràdio, ja que aquests poden quedar inoperants davant l'arribada massiva de partícules ionitzades.

En el cas dels satèl·lits, les partícules ionitzades els poden deixar sense subministrament energètic en impactar contra els panells solars, o bé

sense control en interaccionar amb els seus comp-tadors. Dos exemples d'aquest problema els trobem en les grans EMC de 1.994 i 1.997, que van deixar inoperants dos satèl·lits canadencs i un d'americà respectivament. També les ones de ràdio pateixen les conseqüències de les EMC, ja que les partícules ionitzades reflecteixen les ones electromagnètiques a l'espai tal com ho fan les estacions de retransmissió. Per últim, les tempestes magnètiques creades per la interacció de les partícules ionitzades amb l'atmosfera, poden afectar la intensitat del camp magnètic terrestre. Això pot produir augments d'energia en les línies d'alta tensió, causant un excés d'electricitat que pot danyar els trans-formadors i provocar apagades generalitzades.

L'agència nord-americana NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ha creat una escala de clima espacial que relaciona la intensitat de tres successos amb els efectes que poden tenir sobre la Terra. El primer succés són les tempestes geomagnètiques que es valoren segons una escala de cinc nivells que van de G1 (menor) a G5 (extrem). Algunes de les seves conseqüències són la sobrecàrrega de les línies elèctriques i la pèrdua parcial dels sistemes de navegació i comunicacions. El segon tipus de fenòmens escalats són les tempestes solars, que es valoren també segons cinc nivells entre S1 (menor) i S5 (extrem). Poden tenir conseqüències com ara la pèrdua de memòria dels satèl·lits, el dany en els seus panells solars i problemes biològics per radiació als passatgers dels vols comercials a altes latituds. El darrer succés són els bloqueigs de ràdio que, de manera similar als altres dos, s'escalen en cinc nivells, de R1 (menor) a R5 (extrem). La principal conseqüència d'aquest fenomen és la distorsió dels sistemes de radiofreqüència i navegació.

CONCLUSIONS

Després de l'estudi dels processos naturals del Sol i les seves aplicacions i efectes sobre la Terra, podem concloure que:

1. El procés de fusió solar no és exportable a la Terra. Conseqüentment s'han de desenvolupar altres mecanismes que permetin la generació d'energia seguint el principi de fusió nuclear.
2. Encara no s'ha desenvolupat un procés de fusió nuclear que en permeti una explotació econòmicament viable.
3. Els fenòmens associats al Sol estan lligats a l'evolució del seu camp magnètic.
4. Successos solars puntuals poden comprometre la integritat de les xarxes de transport d'energia i telecomunicacions.

REFERÈNCIES

Suplee, C. (2004). El Sol. National Geographic.

Juliol 2004, pàg 2-33

<http://fusedweb.pppl.gov/CPEP/Images/CPEP-Fusion-1997-ES.pdf>

<http://www.exploratorium.edu/sunspots/research.html>

<http://www.phy6.org/stargaze/Msun7eng.htm>

<http://www.sec.noaa.gov/NOAAcales/index.html#GeomagneticStorms>

<http://www->

[istp.gsfc.nasa.gov/istp/outreach/cmeposter/sphhtml.html](http://www-istp.gsfc.nasa.gov/istp/outreach/cmeposter/sphhtml.html)

Terçer finalista del Premio Marcel Brú i Turull de Ingeniería Ambiental, curso 2005-2006

IMPACTE DE LES PLANTES DESSALINITZADORES SOBRE EL MEDI MARI

Gerard Gassol Quílez

Elena Pérez Rebollo

RESUM

La dessalinització d'aigua del mar com a alternativa per aconseguir aigua potable ha estat molt utilitzada durant els últims anys. Hi ha dos mecanismes per fer la dessalinització: evaporació i osmosi inversa. Malgrat els avantatges que suposa la potabilització aquestes plantes estan afectant les comunitats marines litorals, degut a l'abocament d'aigües residuals directament al mar.

La desalinización de agua marina como alternativa para conseguir agua potable ha sido muy utilizada durante los últimos años. Hay dos mecanismos para hacer la desalinización: evaporación y osmosis inversa. A pesar de todas las ventajas que supone la potabilización, estas plantas están afectando las comunidades marinas litorales, debido al vertido de aguas residuales directamente al mar.

INTRODUCCIÓ

L'escassetat d'aigua en alguns països de la conca mediterrània ha posat en primer pla informatiu la recerca de vies alternatives per obtenir aigua potable o per usos agrícoles. El desenvolupament industrial, el canvi d'usos del sòl i l'increment creixent del turisme han augmentat considerablement la demanda d'aigua potable. Per fer front a aquesta problemàtica, en els últims anys s'han projectat i construït diverses plantes dessalinitzadores en la conca mediterrània.

L'interès de fer aquest informe neix de la problemàtica generada pel PHN (Pla Hidrològic Nacional) i de l'alternativa proposada pel govern de construir 20 noves plantes dessalinitzadores en tot l'arc mediterrani. Tot i els avantatges que pot suposar l'ús d'alguna d'aquestes plantes en quant a abast i estalvi energètic, pot tenir un cert impacte sobre el medi ambient. En particular, pot tenir un cert impacte sobre la biodiversitat marina.

OBJECTIUS

L'objectiu principal d'aquest informe es basa en l'impacte ambiental de les dessalinitzadores. Per això analitzarem els següents punts.

1. Entendre els mecanismes de funcionament de les plantes dessalinitzadores
2. Veure la viabilitat econòmica del consum energètic d'aquestes plantes.
3. Valorar els inconvenients de l'ús la dessalinització
4. Veure com es pot reduir l'impacte produït per un abocament d'una dessalinitzadora.

REVISIÓ BIBLIOGRÀFICA

Les plantes dessalinitzadores d'aigua de mar han produït aigua potable durant molts anys. Les primeres plantes utilitzaven diverses tecnologies d'evaporació. Les dessalinitzadores per evaporació més avançades, de múltiples etapes, tenen un consum d'energia de més de 9 kWh per metre cúbic d'aigua produït. Per aquesta raó, inicialment les grans dessalinitzadores d'aigua de mar es van construir als llocs on el cost d'energia era molt baix, com a orient mitjà, o propers a plantes de processament amb calor sobrant disponible.

Als anys setanta, es va desenvolupar el procés d'osmosi inversa d'aigua de mar, amb el que s'obté aigua potable a partir d'aigua de mar que es força a passar, sota una alta pressió, a través d'una membrana semipermeable que filtra les sals i les impureses. Aquestes sals i impureses s'expulsen del dispositiu d'osmosi inversa en forma de solució concentrada de salmorra en un flux continu que conté una gran quantitat d'energia d'alta pressió. La major part d'aquesta energia pot recuperar-se amb un dispositiu adequat. Moltes de les primeres plantes dessalinitzadores d'osmosi inversa construïdes als anys setanta i a principis dels vuitanta tenien un consum d'energia de més de 6 kWh per metre cúbic d'aigua potable produït, degut al baix rendiment de la membrana, a les

limitacions de la caiguda de pressió i a la manca de dispositius de recuperació d'energia.

Durant els últims 20 anys, diversos inventors han intentat desenvolupar dispositius comercials avançats de recuperació d'energia que permetessin resoldre les limitacions de rendiment. Aquests dispositius utilitzaven combinacions de pistons, vàlvules i temporitzadors; alguns funcionaven bé inicialment, però presentaven molts problemes de manteniment. Llavors, es van desenvolupar programes d'intel·ligència artificial.

La reducció dels costos energètics i de capital suposa que per primera vegada es possible produir aigua potable a partir d'aigua de mar amb un cost inferior a un euro per metre cúbic a molts llocs del món.

L'aigua pura, o aigua destil·lada, no existeix en la natura. S'obté en indústries i laboratoris per a utilitzar-la en algunes aplicacions: és el tipus d'aigua que necessiten, per exemple, les bateries dels automòbils i les planxes de vapor. O la que s'utilitza en els laboratoris per a diluir.

Per a referir-nos a les aigües naturals, que mai són pures, parlem d'aigua salada i aigua dolça, que en realitat es diferencien en la quantitat i en el tipus de sals que porten en dissolució. La salinitat és la mesura de la concentració total d'ions en dissolució en un determinat compartiment d'aigua es diu.

La salinitat de l'aigua marina oscil·la entre 10 i 35 grams de sal per litre, amb casos extrems on pot ser major o menor. El principal ió en dissolució en l'aigua marina és el clorur (la sal que tots tenim al saler de la cuina resulta de la precipitació d'aquest ió en forma de cristalls de clorur sòdic). Però l'aigua de mar no és la més salina que existeix: alguns llacs com la Mar Morta arriben a contenir fins a 200 grams de sals per litre, tot i que, en aquest darrer cas, l'ió dominant és el sulfat, que acostuma a precipitar en forma de sulfat de calci (guix).

Com ja hem dit abans, hi ha dos processos bàsics per a extreure la sal de l'aigua: per destil·lació (evaporació) i per osmosi inversa. A les plantes que funcionen per destil·lació, l'abocament (la salmorra, fonamentalment) representa de 8 a 10 vegades el volum d'aigua depurat, mentre que a les plantes d'osmosi inversa aquest volum del residu és més baix, de 2,5 a 3 vegades el volum depurat, si bé el seu contingut en sals és molt més gran. En ambdós casos, l'abocament inclou alguns productes químics (biocides, antiincrustants i anti-escumejants) utilitzats en el tractament de l'aigua.

La destil·lació tèrmica o evaporació consisteix en convertir l'aigua salina en vapor d'aigua que seguidament es condensa per formar aigua dessalada. Aquesta tecnologia permet tractar un

gran volum d'aigua (55.000 m³/dia en general). Per una altra banda, el procés d'osmosi inversa, permet tractar un volum d'aigua salina comprès entre els 500 i els 5.000 m³/dia. Ambdós processos permeten dessalar aigua de mar amb concentracions de sal superiors a 30 g/l.

Els costos de les diverses tecnologies depenen del contingut de sal de l'aigua de mar i estan compresos en els següents intervals:

1. Evaporació d'aigua de mar a grans plantes: entre 1,0 i 1,5 €/per metre cúbic.
2. Osmosi inversa aplicada a aigua de mar: més de 1,5 € a petites plantes, de 1,0 a 1,5 € a plantes mitjanes i menys d'1,0 € a grans plantes.

Les tendències actuals mostren que els costos de la destil·lació tèrmica en grans plantes està disminuint, però els d'osmosi inversa, ho estan fent a un ritme més accelerat, a causa dels nous avenços tecnològics i de la competència. Els investigadors porten anys intentant minimitzar el problema de l'alt consum d'energia de les dessalitzadores.

Com hem esmentat abans, en el procés d'osmosi inversa, ja hi ha una tecnologia per a crear energia basant-se en la pròpia salmorra: un dispositiu anomenat PE (intercanviador de pressió, pressure exchanger en anglès), que transfereix energia directament de la salmorra al flux d'alimentació sense els problemes de rendiment dels eixos giratoris d'alta velocitat de les fàbriques actuals. Seguint aquest sistema, la reducció dels costos energètics i econòmics pot suposar la producció d'aigua potable a partir d'aigua de mar amb un cost inferior per metre cúbic que l'obtingut per altres vies (pantans, canals, transvasaments).

Els inconvenients de la dessalinització són:

1. En el procés d'extracció de la sal de l'aigua de mar es produeixen residus salins que, una vegada abocats al mar, perjudiquen la flora marina a causa de l'augment de la salinitat de les aigües.
2. Les complexes instal·lacions d'osmosi inversa requereixen un gran consum d'electricitat.
3. Les dessalitzadores s'instal·larien en llocs no ocupats per les urbanitzacions turístiques.
4. Com a fàbriques que són, tenen una vida limitada.
5. Caldria executar obres d'infraestructura noves i costoses per a traslladar l'aigua dessalada a les zones on és necessària.

Com que un dels principals objectius és l'estudi de l'impacte de les dessalitzadores parlarem a continuació del primer punt del inconvenient.

Les aigües residuals resultants de la dessalinització tenen un contingut major en sals que les d'origen, presenten diferències de temperatura, de pH,

d'alcalinitat i contenen substàncies químiques utilitzades durant el procés de depuració. En el cas de les plantes que funcionen per evaporació, l'abocament representa de 8 a 10 vegades el volum d'aigua depurat, mentre que en les plantes d'osmosi inversa el volum residual es menor que en les anteriors (2,5 a 3 vegades el volum depurat)

però l'abocament té un contingut en sals molt major. En els dos casos s'ha d'afegir l'abocament de productes químics, així com els abocaments puntuals que resulten de la neteja de membranes i que contenen altes concentracions de sòlids en suspensió i detergents. En la Taula 1 es pot veure els components dels abocaments i els seus efectes.

Taula 1. Substàncies afegides durant el procés de dessalinització.

Compostos	Origen/funció	Impactes
Metalls pesats: Cu, Fe, Ni, Cr, Zn	Corrosió	Acumulació al sistema, estrès a nivell molecular i cel·lular
Fosfats	Anti-incrustant	Macronutrient, eutrofització
Belgard'2000(Ac. Màlic)	Anti-incrustant	Desconegut
Cl ⁻	Antifouling	Formació compostos halogenats, carcinogens i mutàgens
Àcids grassos	Tensoactius	Membranes cel·lulars
Sulfur de sodi	Anticorrosiu, captura O ₂	Desconegut
Àcid sulfúric	Anti-incrustant	En grans quantitats baixa significativament el pH del sistema
Residus sòlids	Neteja de membranes	Terbolesa
Salmorra	Concentrat d'aigua de mar	Variable
Temperatura	Tractament	Variable

A les dessalinitzadores pròximes al litoral l'aigua de rebuig és abocada principalment al medi marí, on degut a la seva major densitat, forma una capa hipersalina que es dispersa sobre el fons, podent afectar els organismes allà presents. La magnitud d'aquest impacte dependrà de les característiques de la planta dessalinitzadora i del seu abocament, però també de la naturalesa física i de les condicions biològiques de l'ambient marí receptor.

Entre les comunitats més susceptibles a patir aquest impacte s'han de destacar les formades per les angioespermes marines. Els prats d'angioespermes marines són sistemes estructuralment complexos que juguen un paper molt important en la retenció de sediments i en la protecció de la línia de costa, així com el control dels cicles biogeoquímics del litoral. Els prats constitueixen també l'habitat per un gran nombre d'organismes, per aquest motiu se les considera refugis de biodiversitat.

Al mar Mediterrani, la Posidonia oceànica (tipus específic d'angioesperma marina), una espècie endèmica, protegida i de gran importància ecològica i biològica, és molt sensible davant les actuacions humanes a la línia de costa i als abocaments hipersalins. Els efectes negatius associats a un increment de la salinitat són que poden afectar el metabolisme del nitrogen i del carboni, així com una disminució de la fotosíntesi i de producció de la Posidònia. Als abocaments de salmorres sol anar lligat

temperatures elevades, amb la qual cosa existeix també un efecte negatiu combinat associat a la disminució de la concentració d'oxigen.

CONCLUSIONS

En vista de la informació exposada en aquest informe es pot entendre el gran avenç tecnològic que ha suposat l'ús de plantes dessalinitzadores. És a dir, l'evolució de l'alternativa de la producció d'aigua potable i de l'interès tecnològic per minimitzar el cost energètic, i evidentment, econòmic, en l'ús d'aquestes plantes. vista tota la informació podem:

1. Dels dos mecanismes existents per la dessalinització d'aigua del mar, el més rentable és el d'osmosi inversa.
2. L'efecte sobre el medi marí produït per la salmorra sobre les comunitats d'angioespermes marines és perjudicial.
3. Els possibles impactes ambientals associats a la descàrrega de salmorra d'una planta pot minimitzar-se mitjançant una planificació i recomanacions apropiades.
4. Les dimensions d'aquests efectes seran diferents segons el tipus i la mida de la planta, segons les condicions hidrogeològiques i de les comunitats presents en l'àrea de descàrrega.

RECOMANACIONS

Amb la finalitat de reduir els impactes d'un abocament d'una dessalinitzadora d'aigua de mar es recomana:

1. Diluir l'aigua de rebuig abans de la descàrrega al mar.
2. Realitzar la descàrrega preferentment a zones ja degradades.
3. Descarregar en àrees molt aerodinàmiques per tal de produir onades i corrents que actuen barrejant les diferents capes de salinitat.
4. Realitzar un correcte i estricte programa de vigilància ambiental.
5. La localització de les dessalinitzadores hauria de ser en zones on l'impacte sobre les comunitats sigui mínim. És important evitar badies tancades i de gran valor ecològic, com ara els prats d'angioespermes marines.

REFERÈNCIES

- Romero, J., Invers, Manzanera, M. 2000. Efectos Fisiológicos de los vertidos de aguas de rechazo de estaciones desaladoras en praderas naturales de Posidonia oceánica. Fase I. Informe proyecto de colaboración con el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ramos, A.A., Y. Fernández, J.M. González, J.E. Martínez y C. Valle (2001): Valoración ambiental de posibles zonas de vertido de planta desaladora en el litoral de Xàbia (Alicante). Informe técnico, Unidad de investigación de Biología Marina e Instituto del Agua y de las Ciencias Ambientales, Universidad de Alicante.