



## Lliçó magistral

### Lliçó del doctor Felicià Fuster ENERGIA I ELECTRICITAT (des d'avui)

Aquesta és una síntesi d'algunes reflexions —a manera de testament inajornable i, per tant, tardà— de qui de jove va voler ser enginyer i de qui, com a enginyer, es va voler posar al servei de la societat. Una voluntat que va donar sentit a la seva vida, però que truncà una trajectòria familiar que encara avui el fa sentir culpable.

He dit tardà, però a més és endarrerit, i ho justificaré amb una coartada: presumia que deixant passar el darrer decenni podria donar més contundència al meu relat. En el meu cas, a la gratitud emocionada d'una persona molt gran, s'hi afegeix el profund afecte acumulat al meu cor per aquesta universitat, en la qual i per a la qual he treballat alguns anys des del Consell Social.

Per la meva presència aquí, moltes gràcies.

### INTRODUCCIÓ

Què ens va deixar el segle XX? Què podem fer?

Certament, no hem heretat del segle passat un camí ben traçat. Ans al contrari, és un camí tot just insinuat davant d'un panorama inquietant.

L'herència de l'energia nuclear no es pot qualificar d'èxit.

Els avenços en conversió energètica es limiten a les turbines de gas, una aportació sens dubte molt interessant, però a costa de posar més èmfasi en el subministrament d'energia que en la demanda de la societat.

S'ha fet molt poc, o quasi res, per deslligar el creixement econòmic del creixent consum d'energia, per reduir la ineficiència característica de la societat consumista, en la qual simplement es desaproveiten grans quantitats d'energia.

Les economies d'Àsia, Àfrica i Amèrica Llatina necessiten nous increments d'energia, a més de proveir els 2.500.10<sup>6</sup> individus de població addicional que hi haurà el 2050.

I els països desenvolupats tendeixen a augmentar encara més aquesta demanda.

Ens trobam enfrontats a grans canvis en el medi ambient a escala global. Aquest impacte antropogènic sense precedents, ens exigeix basar les nostres decisions a partir d'una informació insuficient i, a més, lluitar amb incerteses importants. Pareix que la millor aproximació és actuar amb prudència, reduint la nostra pesant càrrega damunt el medi ambient.

Això només ho aconseguirem si ens esforçam a reduir el consum d'energia.

La situació és urgent i té pocs graus de llibertat.

El sistema polític i econòmic no és el més idoni, i els instruments utilitzats no han demostrat ésser gaire eficaços.

Les desigualtats entre els nivells de benestar dels països rics i pobres no han disminuït prou per garantir un equilibri social i polític.

La migració és un clar exponent del problema, i hem d'esperar que acceleri i catalitzi solucions més justes.

La manca d'educació (deseducació) de la societat addicta al consum és un seriós obstacle.

Els darrers cinquanta anys, i particularment a les últimes dècades, ha fet irrupció una necessària actitud respectuosa envers la Naturalesa, que restringeix la llibertat de l'home pel que fa a les seves actuacions certament abusives sobre la Terra i que exigeix un canvi de conducta.

Els anys vint del segle passat, la Terra era per a molts un complex sistema de fenòmens naturals i humans que instava a fer-ne la classificació i valoració.

A començaments dels anys trenta el planeta fou considerat, en gran mesura, com un recurs o una font de recursos a desenvolupar. Els anys seixanta va començar a ésser vist com a sotmès a un risc de degradació. I a finals dels anys vuitanta n'hi havia que ja el contemplaven com un lloc per compartir i protegir a perpetuïtat.

Com una llar, material i espiritual, per a tots. Aquesta és la visió de Gilbert White, un home que va lluitar contra la presumpció que la Terra havia d'ésser dominada i domesticada.

A la progressiva vigència d'aquest concepte religiós de la nostra relació amb el planeta —que ja iniciava un retorn d'actuacions més agressives cap al nostre entorn físic—, s'hi ha sumat, gairebé sense solució de continuïtat, el reconeixement de l'acumulació de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera amb conseqüències greus, de caràcter prevalentment humà i amb un cert component d'irreversibilitat.

Des d'aquesta perspectiva, els combustibles fòssils són la gran contradicció i disjuntiva. Per una banda, interessa la seva presència perquè són els primers que contribueixen a les nostres necessitats energètiques, però per l'altra són proscriuats perquè són considerats els responsables màxims del canvi climàtic.

Amb què comptam aquest primer decenni del segle per diagnosticar la major o menor gravetat de la nostra situació, i per donar-li el tractament adequat?

## **EL MODEL**

En la meua experiència he conegut qui pareix que aporta alguna contribució a la història, qui de qualque manera la dicta i qui, sobre les troballes no sempre casuals, l'escriu.

Hi ha moltes històries poc *estrictes*, perquè tenen a veure amb ambicions institucionals i personals, que pretenen persuadir i fins i tot pontificar, però no informar i relatar.

Els qui fan la història o contribueixen a fer-la, no es veuen *a si mateixos en ella*, perquè estan «absents» en la seva tasca apassionant. No tenen relators pròxims, el seu missatge és el seu treball, en silenci, i sovint aïllats.

Aquesta «diversió» en un terreny no del tot propi, però que he viscut, o almenys «habitat», pretén suscitar l'adopció de cauteles davant una sèrie de procediments, polítiques, idees i fórmules que es donen per absolutament provades, i que, segons el meu parer, dificulten *l'evolució* a millor d'un servei molt singular sotmès a freqüents disfuncionalitats, i la no menys important per inoportuna, el model per afrontar-la.

La privatització de l'energia elèctrica a la Gran Bretanya es va presentar com la recerca d'una més bona eficàcia del servei. Llavors, el servei públic anglès era el millor dels que he tingut l'ocasió de conèixer.

Per què el Govern va prendre aquesta decisió?

De fet, la raó de la privatització anglesa va consistir a eludir el poder dels sindicats del sector miner.

Aquesta circumstància no existia en altres països que varen seguir l'exemple per les raons esgrimides, no les reals, sense esperar ni tan sols una avaluació dels resultats.

*Per a d'altres governs, les causes reals varen ésser tant ideològiques com una forma de captació de fons, una alternativa política a l'augment dels impostos o a la reducció de la despesa pública.*

A Espanya, aquesta decisió la va prendre un govern socialista, però per una raó diferent: generar una homogeneïtat desitjable dins el sector i salvar la difícil convivència pública-privada.

A Austràlia, la justificació de la privatització es va basar també en una manca d'eficiència, encara que no es va poder al·legar un mal servei.

La millora de l'eficiència no es podia dur a terme, segons anàlisis, sense la privatització prèvia.

També es formulava el postulat que s'havien de separar les àrees de generació i distribució — seguint la moda procedent dels Estats Units, que es va importar sense conèixer-ne ni les causes reals ni les conseqüències.

També la desregulació del sector formava part del paisatge que es preconitzava.

Una de les forces més grans que varen impulsar la privatització i l'ambiciós projecte Victòria a Austràlia, varen ser les empreses elèctriques pesants dels Estats Units, amb mercats interns madurs, que cercaven projectes i inversions de més llarg recorregut.

Per aconseguir incrementar el valor en venda, el Govern en garantia la rendibilitat, l'anomenada «certesa del rendiment». Així se subordinaven els interessos de *l'usuari del servei* als del futur accionista.

Probablement, la gestió privada és millor que la pública, però l'estratègia és una altra i també són unes altres les prioritats.

En la meua experiència d'empresari públic, em donava una gran tranquil·litat i un gran assossec la coincidència dels clients amb els accionistes.

Quan vaig ser responsable de l'empresa privada, vaig haver d'assumir compromisos que habitualment vaig resoldre a favor de l'usuari. Entenia que, indirectament, era la millor opció per a l'accionista. Les diferències eren de termini.

El món anglosaxó, pioner en l'àmbit energètic i específicament en l'àmbit elèctric, ha proporcionat uns avenços considerables, però a la vegada ha difós modes i prejudicis.

El fracàs econòmic de les centrals nuclears als Estats Units va posar en situació de crisi grans empreses privades d'àmbit estatal, totes de cicle complet. La reticència a fer noves inversions i l'ànsia de no perdre la part de negoci que en una economia de mercat es prenia per la millor, la de la distribució, varen permetre la creació de les IPP (*Independent Power Producer*), unes empreses que, amb equips de generació de vida prorrogada o grups de gas (tots d'inversió reduïda), varen assumir el paper abans assignat exclusivament a les «*Utilities*».

Una situació «conjuntural» aprofitada per les «Utilities» americanes per alliberar-se d'invertir en temps de crisi, s'ha convertit en una exigència de modernitat en els sistemes elèctrics avançats.

Així s'ha debilitat la qualitat del servei i la responsabilitat de l'empresa elèctrica.

La mateixa confusió s'ha creat amb la desregulació, propòsit permanent de les empreses «regulades», amb la reticència dels governs i de les administracions a perdre el paper de «reguladors» i supervisors del servei, d'altra banda necessaris. La història nuclear, que ha tingut tants efectes col·laterals, també va provocar la «desregulació».

Les administracions, després de la seva implicació en els fracassos en l'àmbit nuclear en establir determinades planificacions de compliment obligat, o almenys indicatives, la varen acceptar per desfer-se d'una complicitat en decisions de risc i d'alta responsabilitat.

A Europa, des de Brussel·les, aquesta és la filosofia i aquest és el missatge (comú a altres àmbits econòmics) que els països de la comunitat hem acceptat amb expectatives, llevat d'alguns, i no precisament els més «febles».

Entre d'altres seqüeles de la desregulació i de l'*unbundling*, la que em pareix més greu és la desaparició d'una activitat planificadora del sistema.

La planificació s'ha convertit en una acció tan anatematitzada com la gestió pública.

La seva absència també treu responsabilitat als actors, empreses i administracions, abandonant l'usuari a la intel·ligent ceguesa del mercat, per a qui el món energètic no emet senyals de fàcil interpretació.

L'economia de mercat segurament constitueix la millor aproximació a la correcta assignació de recursos, però té limitacions.

En el camp de l'energia, específicament en l'elèctric, són espectaculars.

Citant Paul Krugman, «l'absolutisme liberal de Friedman ha contribuït a crear un clima intel·lectual en el qual la fe en els mercats i el menyspreu pel sector públic sovint s'imposen a les dades objectives».

Aquest nou model elèctric no ha assajat més bones virtuts, ni capacitat per la qualitat de servei, ni els costos, en condicions de «tot com abans».

Però és que avui «gairebé res no és com abans». Al problema de les fluctuacions dels preus dels recursos energètics, cada vegada més acusades, i a la circumstància de l'aparició de noves potències econòmiques demandants de recursos, en un món on els països més mal situats econòmicament ni tan sols hi tenen accés, s'hi suma:

El canvi climàtic, que exigeix un canvi de mix energètic i una ràpida evolució des de l'ús de combustibles fòssils per a la generació i el transport, en què el sector elèctric també haurà de participar. Segurament, el pitjor que té el sistema és que no ha anticipat mínimament el present i el futur a la societat.

La inexistència d'unes directrius de política energètica a nivell mundial consensuades entre els països avançats en el coneixement, manté un grau d'ignorància, de confusió i de falsa llibertat que retarda decisions urgents que afecten el consum i les inversions i contribueix a la creació i a la realimentació de la crisi econòmica actual.

La responsabilitat per omissió, encara que amb sensibilitats diferents de la Comunitat Europea i dels Estats Units, és gran. El president electe dels Estats Units ha parlat per primera vegada de recuperació econòmica basada en tecnologies sustentables.

Tot plegat accelera una divergència entre els objectius de negoci i les necessitats de la societat. Aquest ja *dèbil* equilibri es converteix en una *quasi* impossible congruència.

Hauria de ser un objectiu l'afirmació del professor Colombo: «en les societats avançades i riques d'avui, cada augment de la renda per càpita s'ha de vincular a un creixement cada vegada menor de la quantitat de matèries primeres i d'energia utilitzades. El coneixement més avançat ens permet aconseguir més amb menys».

Amb paraules de P. Drucker, «el coneixement s'ha convertit en el recurs». «És el que transforma la nostra societat en postcapitalista», diu.

El problema energètic només és part d'una situació de desequilibri social i econòmic afegida a una conducta poc responsable amb la naturalesa, de la globalitat de les quals l'energia anticipa símptomes preocupants. Què li podem demanar, al mercat?

Per ventura el mercat està en condicions de preconitzar el no consum, d'adoptar una actitud d'anticipació operativa davant l'escalfament global, o tal vegada propiciarà la solidaritat per igualar les rendes entre països rics i pobres?

El que és més preocupant encara no ha arribat. Ja no es tracta de donar un bon servei a un bon preu, tot i no ser gens fàcil a causa dels costos creixents i de l'aleatorietat en el subministrament d'alguns combustibles.

Es tracta d'encarar la societat a una nova actitud, necessària i inevitable per aportar l'energia més neta, més barata i més educadora, l'anergia (energia no consumida).

Té a veure amb allò d'aconseguir més amb menys, aplicat al desenvolupament i al benestar.

Quina és la resposta d'un negoci privat basat en un servei que s'hauria de contreure per evitar perjudicis més grans a la humanitat? Quin és el paper de la competència, a la qual s'ha subordinat la regulació?

## **LA SOCIETAT**

No es pot ésser excessivament optimista pel que fa a la conducta de la societat davant la recomanació de sostenibilitat fruit de noves investigacions. Les experiències anteriors no permeten bons auspícis. Tal vegada el tema del forat d'ozó ha estat una excepció, però no és un precedent vàlid.

S'ha generat un grau de coneixement i de conscienciació que, tot i ser positiu, ni de molt és suficient.

La societat està fragmentada verticalment i horitzontalment, i no facilita l'adopció de pautes de consum energètic orientades cap a un desenvolupament sostenible, ni la responsabilització a nivell individual i col·lectiu de l'empremta ecològica de les nostres decisions i del sentit ecològic del nostre comportament.

Un canvi d'actitud global alleugeraria substancialment el pes sobre el planeta de les economies pròsperes.

El projecte de societat dels 2.000 W patrocinat per l'Institut Federal Suís de Tecnologia, respon a dues preguntes clau: quin nivell d'energia seria sostenible i com s'hi pot arribar?

Aquest projecte ens conduiria a una societat diferent i sens dubte millor, edènica, però, sorprenentment, poc desitjada.

Una vegada més, costa d'entendre que, procedint d'un edèn, haguem construït una torre de Babel energètica, amb una mitjana de 12.000 W als Estats Units, de 6.000 W a l'Europa occidental, de 1.000 W a l'Índia i de 300 W a Bangla Desh.

Reduir el consum als 2.000 W seria una quarta part de la solució.

Les altres tres quartes parts exigirien que 1.500 W d'aquesta dieta energètica procedissin de fonts lliures de carboni.

El suport de la societat occidental a un desenvolupament sostenible i a un cert grau de solidaritat implícit, ha estat caracteritzat com «una milla d'amplada per una polzada de profunditat».

Que la ciència sorgeixi d'un mix de desigualtats presents en el poder i en la societat, redueix l'eficàcia dels seus missatges i fa molt difícil el pas a l'acció per un canvi de conducta.

Pel que fa al consum, les enquestes donen resultats contradictoris. A escala mundial, el 54% de la gent manifesta que s'ha de posar «menys èmfasi en els doblers i en les possessions materials», i el 65% diu que «gastar els diners en ells i en les seves famílies és un dels plaers més grans de la vida».

Sembla que la gent vol canviar, però fins a cert punt.

Vol que el pes del canvi el suportin les espatlles institucionals (no només la família i els individus).

Aquestes consideracions pretenen valorar l'actitud de la humanitat econòmicament més ben posicionada, una actitud exigida de l'esforç d'un canvi de costums i d'objectius, que faci possible acurçar la distància entre humans i facilitar un comportament globalment acceptat davant l'energia suficient per a un desenvolupament sostenible i quasi sinònim d'hospitalitat amb l'entorn.

## **TECNOLOGIA I INNOVACIÓ**

La innovació i la tecnologia han contribuït a millorar la condició humana al llarg dels darrers cent anys.

La innovació energètica no és discutible com una necessitat general, sinó en el sentit de veure en quina mesura i amb quines prioritats, a quines necessitats respon, amb quina urgència, com es pot fer més eficient i efectiva, qui l'ha de dirigir i com s'ha d'implementar.

De quina manera es poden omplir els buits entre el que es necessita i el que es fa?

Durant les properes dècades, si la civilització ha de superar els grans esculls als quals s'enfronta, en l'àmbit de l'energia se li demanarà que redueixi la dependència del petroli i subministri l'energia necessària per mantenir la prosperitat per a tothom sense alterar el clima global.

Els perills d'una gran dependència d'un combustible els majors recursos extraïbles del qual es concentren en regions políticament inestables, són grans. La magnitud de la vigència del petroli és alarmant: a nivell mundial se'n gasten 85 milions de barrils/dia. Segons l'EIA (Agència Internacional de l'Energia), el 2025 se'n gastaran 120 milions.

Més enllà de qualsevol dubte raonable, el clima de la Terra està canviant a un ritme que és altament inusual, i la primera causa n'és l'acumulació de GEH (gasos d'efecte hivernacle) des del començament de la Revolució Industrial.

Els qui avui haurien de prendre decisions, o inspirar-les, si no ho fessin serien acusats pels seus descendents de no haver parat esment a l'obvietat de Gibbons: «Si no canvies el rumb, arribaràs allà on et dirigeixes.»

Però canviar el rumb no és fàcil. Prop del 80% de l'energia primària és subministrada per combustibles fòssils; essencialment tot el CO<sub>2</sub> de la combustió s'aboca a l'atmosfera.

El problema es compon de la dificultat tècnica i de l'alt cost de substitució dels combustibles fòssils, de les tecnologies per capturar el CO<sub>2</sub>, de les incerteses relatives al cost, de l'efectivitat de les alternatives per segrestar el CO<sub>2</sub> capturat i del llarg temps de substitució dels equips de combustió utilitzats (10-15 anys per al transport) (50 anys per a les plantes generadores). Tot plegat fa que l'accés a les noves tecnologies sigui lent.

El repte del canvi climàtic es nodreix de la combinació dels avenços en eficiència energètica (mesurats pel descens de la relació energia/PIB) i de l'aparició de fonts d'energia lliures de carboni.

No ultrapassar la xifra raonable, fins i tot modesta, de 550 p.p.m., suposaria, en igualtat de les altres variables, un increment de sis vegades el subministrament d'energia lliure de carboni per a 2050, en relació amb el del 2000, per a un 1% anual de millora d'intensitat energètica.

Un 2% de millora d'intensitat energètica permetria arribar al final del segle amb un increment de tres vegades.

Es fa evident la gran necessitat de la innovació pel que fa a la demanda.

Això implica l'assumpció d'una responsabilitat de gestió per part dels científics en la innovació i en el canvi de la societat, per a una transició a un sistema energètic i a un món sostenible.

I a més requereix que el científic s'apropi a la societat, una tendència que ja s'ha iniciat.

La ciència no ha de ser neutral, ha d'estar codificada amb els valors positius de la vida. «El coneixement», diu Malone, «es convertirà en un *principi organitzatiu per a la societat al segle XXI.*»

## **COMBUSTIBLES FÒSSILS**

Probablement, ni la disponibilitat ni els costos seran raons que ajudin automàticament a alliberar el sistema energètic global de l'ús de combustibles fòssils en aquest segle.

Les possibilitats s'estimen en excés de 1.600 Gtep.

Aquesta quantitat és gairebé cinc vegades més gran que el consum des del principi de l'era del carbó, a la meitat del segle XIX. Teòricament, les reserves actuals podrien subministrar energia a la humanitat, en exclusivitat, durant 160 anys. El carbó aportaria el 60%, i el petroli i el gas es repartirien, a parts iguals, el 40%.

Les consideracions mediambientals haurien de restringir l'ús de combustibles fòssils per davall dels nivells actuals molt abans que l'escassetat es converteixi en un factor limitador.

L'era del petroli pot durar més enllà del termini suggerit per les últimes reserves recuperables. La pressió o la volatilitat dels preus del petroli no les causarà la proximitat del seu exhauriment.

Aquesta conclusió és vàlida pel que fa al gas natural i al carbó, atesa la gran quantitat de reserves base (reserves + recursos).

Si fins a l'any 2100 l'oxidació del carbó o dels hidrocarburs segueix essent la font dominant del subministrament mundial d'energia, i la preocupació dels governs han estat la continuïtat de l'abastament i els criteris econòmics (amb preus reflectint només parcialment el cost social i ambiental de la seva producció i ús), durant aquest període la humanitat haurà elevat les concentracions de CO<sub>2</sub> atmosfèric per damunt de 700 p.p.m., nivell que doblaria les concentracions actuals.

El 2100, un observador experimentaria una situació climàtica global diferent de la present, i probablement desitjaria que la percepció d'escassetat de recursos fòssils de principis del segle hagués estat real.

En l'absència de constriccions mediambientals i costos internalitzats, la humanitat es troba ben posicionada per augmentar substantivament la desestabilització del clima i la qualitat de l'atmosfera pel CO<sub>2</sub>.

Com diu Yamani Sheik, «l'edat de pedra no es va acabar perquè haguessin quedat sense pedres. Es va acabar perquè la gent es va fer més intel·ligent».

## **ENERGIA NUCLEAR**

La fissió nuclear torna a ser objecte d'anàlisi i discussió en els àmbits polític, científic i tècnic.

Un cert nombre de països de tot el món —inclosos el Regne Unit, els Estats Units, l'Índia i Finlàndia— mostren un interès creixent en el paper de l'energia nuclear per afrontar els reptes dels pròxims trenta anys.

La Comissió Europea afirma que Europa no pot aconseguir una reducció significativa de les emissions de diòxid de carboni si no acudeix a l'energia nuclear.

Mentre la demanda d'electricitat creix més ràpidament que la de l'energia, per a la reducció de les emissions de carboni, tant l'energia nuclear com les energies renovables són dues fonts potencials.

Les energies renovables avui no poden substituir les centrals base de combustibles fòssils o nuclears a causa de la seva discontinuïtat.

L'energia nuclear ha estat marcada pel rebuig i els dubtes referents a la seguretat i els residus.

Durant dues dècades, la seguretat nuclear ha millorat significativament. La presa de decisions sobre el futur mix energètic dependrà dels objectius i de les prioritats pel que fa al canvi climàtic, de l'eficiència energètica, de la millora de les renovables, del desenvolupament de tecnologies d'ús net del carbó (captura i emmagatzematge de CO<sub>2</sub>) i de la valoració de la component de fissió nuclear.

França, el país amb la més gran potència nuclear instal·lada del món, 65.000 MW, ha expressat el propòsit de mantenir oberta l'opció nuclear fins a 2020, amb una nova generació de reactors disponible el 2015.

Les tecnologies nuclears disponibles per al període 2010-2030 no són radicalment diferents de les actuals, però són millors pel que fa a: vida, disponibilitat, risc d'accidents i protecció personal. Són aigua en ebullició i aigua a pressió, i la potència unitària és del mateix ordre, 1.600 MW.

L'aparició dels reactors de III generació, amb una utilització millor del combustible (2%), requerirà R+D en la tecnologia del combustible i del reactor.

Els reactors ràpids de cicle tancat de IV generació, capaços d'utilitzar fins al 80% de l'energia continguda en el combustible nuclear, no s'esperen fins després de 2040.



Reduiran els residus radioactius de vida llarga.

Des de 2003, la "International Partnership for Hydrogen Economy" (EUA i alguns països de la CE) prepara programes de R+D per a la producció d'hidrogen amb energia nuclear.

Això no obstant, els riscos de l'energia de fissió segueixen essent presents: un atac contra qualsevol segment de l'estructura nuclear constituïria un risc seriós.

El tema dels residus és preocupant. Cap país amb un programa nuclear o que tingui centrals nuclears no ha iniciat l'operació d'un dipòsit permanent de combustible nuclear usat.

Els sistemes d'emmagatzematge provisional són enormement diferents segons els països, amb unes condicions de seguretat també variables.

Les instal·lacions de reprocessament tenen un doble risc: el d'accident provocat i el de robatori.

L'amenaça més gran de l'energia nuclear és la proliferació, la utilització del combustible, o de residus, per confeccionar armes nuclears o radiològiques. Quan es parla de la internalització de costos com un avantatge per a l'energia nuclear, s'adopta un concepte de seguretat relaxat que no cobreix la gravetat d'alguns riscos, en particular el de la proliferació.

El sisè programa marc de R+D de la Comunitat Europea FP6 (2002-2006) i el setè FP7 (2007-2011) han dotat la fusió nuclear amb una quantitat doble que la fissió. Això posa en relleu l'evolució de l'esforç europeu, associat amb la resta del món desenvolupat, per anar cap a la fusió. (Pot variar en funció de la situació econòmica internacional i de l'encariment i/o el retard del projecte.)

Els esforços internacionals relatius a la fusió nuclear es concentren en l'ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), un projecte en el qual participen la Xina, la Comunitat Europea i Suïssa (representades per EURATOM), l'Índia, el Japó, la República de Corea, La Federació Russa i els Estats Units.

ITER és l'etapa experimental entre els estudis actuals de física del plasma i les centrals de fusió productores d'electricitat del futur.

Consisteix en un *tokamak* (Confinament magnètic toroidal) operat amb deuteri i triti a temperatures superiors a 100 milions de graus C° de 500 MWt de potència de fusió. La planta es posarà en servei el 2018.

El funcionament d'ITER el 2018 i el del reactor de fusió de demostració (DEMO) cap a 2035, mostren itineraris de R+D comuns amb els reactors avançats de fissió.

No s'espera una primera generació de reactors de fusió deuteri/triti que sigui viable abans del darrer quart del segle. Una segona generació de reactors de fusió deuteri/deuteri amb comportament de plasma millorat obrirà unes perspectives de recursos de combustible inesgotables. Els residus finals seran exclusivament materials estructurals del reactor activats amb isòtops de vida curta i mitjana.

## **VERS UN FUTUR DESITJABLE**

Des de la realitat actual, el sistema econòmic vigent, les disparitats socials i de riquesa, la tecnologia disponible, la dinàmica de la innovació, els recursos energètics i l'actitud de la societat del món desenvolupat, seria una temeritat dissenyar o pronosticar la contribució del segle XXI a l'hora de conformar l'escenari futur.

En canvi, sí que es poden fer aproximacions o més aviat expressar desigs.

L'acceleració del procés del canvi climàtic implica grans incerteses tant per la previsible acumulació de CO<sub>2</sub> i d'altres gasos d'efecte hivernacle (recents comprovacions de l'emissió de metà provocada al seu torn pel desglaç a l'Àrtic) com pel seu efecte real sobre la temperatura de la biosfera.

Aquest procés s'haurà de correlacionar amb la capacitat de reacció del món desenvolupat per assumir actuacions solidàries de reducció d'emissions que no tindran per aliats ni el mercat ni el nivell de consum instal·lats en aquesta parcel·la de la humanitat. La solidaritat tampoc no harmonitza bé amb la versió econòmica de la poderosa competència (1700·10<sup>6</sup> de persones que avui no poden accedir a l'electricitat).

Un escenari ideal, tal vegada un miratge més que una previsió, consistiria en l'evolució òptima cap a un consum energètic sostenible per a tota la humanitat, en el sentit que augmentassin la dieta els països pobres i en desenvolupament i que la rebaixassin els països emergents. No és d'ocurrència gaire probable.

El pla de creixement immediat per als països en desenvolupament s'hauria de recolzar en una combustió neta i una electricitat distribuïda amb una participació preponderant de renovables.

Les ajudes del món desenvolupat als països en procés de desenvolupament no haurien de consistir a desplaçar el nostre model, sinó a transferir-los les nostres tecnologies blanques, acompanyades d'una formació científica perquè puguin planificar els seus sistemes sense fer-los incórrer en errors que ens són específics.

El paradigma orientat al creixement, vist des del subministrador, dirigit al consumisme, no hauria d'influir en el plantejament dels governants dels països en procés de desenvolupament.

La tecnologia actual, sense alguns vicis del poder i algunes incapacitats del mercat, podria encertar més bé la solució intel·ligent i responsable.

La reducció de consum als països amb una sobredieta energètica, consistiria a rebutjar de forma decidida el dispendi, restituir a l'energia les característiques de necessària i escassa; exigiria un consum individual sostenible, activitats i processos industrials i oci poc energèticointensius, substituir energia per coneixement, i repercutiria molt negativament en el transport aeri. La millora de l'eficiència energètica és una part substantiva de la sostenibilitat. Una vegada més, necessitat d'innovació del costat de l'usuari final.

Disposam del que és necessari per fer-ho bé; és cert que, per ara, ens manca el que és més important: la voluntat col·lectiva.

Ja he esmentat la presa de posicions de la ciència en les decisions. L'acostament de la ciència a la societat, d'una ciència sensible, erigint-se responsable davant la humanitat. En ocasions pretèrites, la ciència havia pres un partit equivocat.

Ara l'error és més fàcil d'evitar, se n'ha après. Però la tasca és ingent.

Aquesta trajectòria ideal podria ser suportada, tecnològicament, per eficiència energètica, energies renovables, combustibles naturals o sintètics, i H<sub>2</sub>.

Suposaria eliminar, amb urgència, el petroli i el gas, especialment del transport (un altre servei a contreure), cas en què els consums i el rendiment són aberrants i agreugen de forma decisiva les emissions a l'atmosfera.

Té d'atractiu el fet d'esser una bella història en la qual la «humanitat responsable» reacciona amb decisió davant un problema de tota la humanitat.

Si el que s'ha apuntat no ocorregués, la situació es pot millorar d'una manera més realista amb el cost de mantenir el planeta i els qui l'habitam a riscos no calculables, però més petits.

Es tractaria de reduir progressivament la dosi de petroli, amb la incorporació d'altres combustibles menys rics o exempts de carboni i renovables.

La presència de grans unitats de generació elèctrica seguirà essent invocada, com també la fórmula actual d'electricitat centralitzada amb grans xarxes de transport i distribució. Aquests centres produiran l'energia base, i, per reduir l'ampliació del sistema, es podria desenvolupar pràcticament el concepte de *distributed electricity*, centres de producció pròxims al consum i recolzats en la xarxa existent, amb subministrament d'energia neta, capacitat d'acumulació i gestió de la demanda. Així es reduirien pèrdues, s'evitarien noves estructures i es podria iniciar l'educació del consum.

En aquest punt pren sentit el concepte de *Smart Grid*, una xarxa intel·ligent prevista per transportar electricitat en dos sentits: macrocentrals – demanda - generació distribuïda, inclòs el consum del transport terrestre elèctric i de resposta automàtica a les fluctuacions de càrrega i als incidents externs, capaç de prendre decisions, una xarxa robotitzada.

Els grans centres de conversió elèctrica es podran substituir per centrals de carbó netes, sense emissions, apel·lant a la neutralització o l'emmagatzematge del CO<sub>2</sub>, després de conèixer més bé el cicle de carboni, per poder aplicar més bé estratègies de gestió, ja sigui en terra o a la mar.

Els grups de fissió nuclear es podrien substituir, un cop desmantellats, per reactors més segurs. Al final del primer terç del segle, les ampliacions de potència nuclear podrien recórrer a reactors de III generació, i a partir de la meitat del segle, als de IV generació, amb millores de rendiment de combustible, importants en un cas i decisives en l'altre, que reduirien la pressió sobre les reserves d'urani.

L'opció nuclear (si s'accepta públicament) podria contribuir a cobrir la demanda elèctrica a la primera meitat del segle pel dèficit d'altres fonts d'energia.

La seva capacitat per a la segona meitat dependrà de l'èxit dels projectes de R+D en curs, especialment pel que fa a la seguretat i a la col·laboració internacional.

Per a la humanitat, segueix oberta l'angoixa deguda a la proliferació per a usos no pacífics, que ja té una tràgica irreversibilitat.

Com a contrapartida, la presència d'un component nuclear en el mix de conversió elèctrica facilitaria el transport elèctric i la introducció del H<sub>2</sub> com a combustible net.

Aquesta darrera alternativa suposa dues rutes, diferents per als països pobres i els rics. Els primers, com que començarien sense condicionaments, amb la tecnologia actual poden aspirar a un futur energètic conseqüent amb la sostenibilitat. Els rics, si no accepten un canvi radical d'usos, seguiran un itinerari menys consumista, podran pal·liar les emissions de CO<sub>2</sub> acudint a les tecnologies d'avui i del futur.

Aquesta actitud no exclou un canvi a una conducta ulterior més responsable. En qualsevol cas, es construiria un món més estable i menys agressiu.

L'energia de fusió nuclear no estarà presumiblement disponible per ser protagonista al segle XXI, però dóna pas a una millor expectativa de macrocentrals i constitueix un clar element de distensió que potencia el paper de la ciència.

Tant per al petroli com per a la fusió s'utilitza el mateix algorisme per a esdeveniments antitètics: quaranta anys de vida per al petroli, quaranta anys per néixer la fusió. Aquesta xifra es confirmarà cada any durant dècades.

M'agradaria poder descartar una tercera possibilitat:

Fins ara no hem considerat la capacitat de l'ésser humà, esgrimida per biòlegs i sociòlegs, d'adaptar-se amb relativa facilitat a canvis importants en el medi; això permetria considerar menys lesiva per a l'home l'amenaça del canvi climàtic, i llevar dramatisme subjectiu a l'entorn que anam fabricant. Seguirem amb una conducta hostil envers la naturalesa.

Personalment no em pareixeria sorprenent, però sí en certa mesura frustrant.

Conclusió: l'home seria més capaç d'adaptar-se a les conseqüències de la seva conducta que de corregir-la. Això tal vegada seria una bona nova, però tan dur com afirmar que, davant el fet de no poder decidir el nostre destí, hem desenvolupat la capacitat de suportar-lo.

Acabaré dient —juntament amb Amulya Reddy, un dels científics que s'han apropiat a l'ésser humà—, que amb emoció i sentiment «faig vots perquè l'energia adquireixi una faç humana i contribueixi a eixugar cada llàgrima de cada rostre».