

ENERGIA SOLAR

FOTÒTROFS EN AJUT DE LA INDÚSTRIA

per

JOSEP M.^a ROQUÉ

De la Secció de Química de la SCCFQM

A causa dels augments dels preus del petroli s'ha notat un interès renovat de la comunitat científica i tècnica mundials en mètodes que usin elements biològics per a captar l'energia solar i emmagatzemar-la. La possibilitat de fer ús de la riquesa vegetal al nostre país, per tal d'esmoreir els problemes derivats de la contaminació, sembla menyspreada o ignorada, en contraposició clara a l'actitud dels països més desenvolupats, on aquesta possibilitat s'ha anat estudiant en els darrers anys. Aquest retard ens pot permetre de seguir uns camins ja desbrossats i aprofitar-nos d'alguns resultats obtinguts. Però, realment val la pena?

PER QUÈ L'ENERGIA SOLAR?

L'energia solar és de totes les fonts d'energia disponible a la superfície de la Terra (a nivell del mar) quantitativament la més important. La comparació amb altres fonts d'energia es pot veure a la Taula I.

Les longituds d'ona de la radiació solar són compreses en un interval ampli. La distribució de l'energia corresponent no és uniforme, sinó que es rep més energia a la zona de la llum visible (vegeu Taula II), en una quantitat que representa un 50% de l'energia incident total. En canvi la radiació ultraviolada amb prou feines representa un 5% del total. Al nivell del mar, la diferència de percentatges és més gran a causa de l'absorció de radiació ultraviolada pels gasos de l'atmosfera.

TAULA I. Fonts d'energia assequible a la superfície de la Terra per cm^2 i any.

Radiació solar directa ¹	331 kcal
Altres fonts energètiques (radioactiva, volcànica, elèctrica, meteorits i raigs còsmics).	16 cal

TAULA II. Distribució de l'energia segons la longitud d'ona de la radiació solar abans de travessar l'atmosfera.

Intervals de longituds d'ona, nm	Percentatge d'energia incident	Valors absoluts kcal/cm ² /any
total	100.0	1.062
150-350	4.3	45
350-400	5.4	57
400-700	37.0	390
700-1.000	24.5	270
1.000	29.0	300

EFICIÈNCIA DE LA RADIACIÓ SOLAR

Les radiacions solars poden provocar reaccions fotoquímiques, induïdes principalment per les ultraviolades, però també hi poden intervenir les visibles.

Indirectament l'energia solar provoca les descàrregues elèctriques en l'atmosfera i també la cavitació sònica, com un efecte cooperatiu amb les mares.

Cenyint-nos a les reaccions fotoquímiques, recordem breument que

1. Hi ha a la bibliografia un fort confusió respecte a les dades de la radiació solar, pel fet que no se sol especificar si hom fa referència a la de la part més alta de l'atmosfera (R), a la que arriba al nivell del mar com a radiació directa (0.27 R) o bé a la radiació difusa (0.33 R). El valor que dono ha estat calculat a partir de la constant solar a nivell del mar.

la capacitat d'una substància per a absorbir llum depèn de la seva estructura molecular, especialment de la disposició (configuració) electrònica dins la molècula. Quan un fotó soca (interacciona) amb un electró, aquest passa a un nivell d'energia superior si el fotó té una longitud d'ona (o freqüència) adequada (energia suficient). La molècula es troba aleshores en un estat excitat. La llum que no és absorbida no afecta la molècula.

L'existència d'estats excitats facilita la reacció de les molècules que s'hi troben, bé mitjançant reaccions de síntesi o bé de degradació. Cal remarcar, però, que la radiació ultraviolada és més efectiva en reaccions de descomposició (degradació) que de síntesi.

DESPLAÇAMENT DE L'EFICIÈNCIA DE LA RADIACIÓ

En la Terra primitiva, fa uns 4 Ga,² els únics compostos capaços de (amb l'estructura adequada per a) captar energia solar eren els gasos de l'atmosfera i altres substàncies simples (de complexitat molecular molt limitada), les quals absorbeixen la llum ultraviolada i no la llum visible. Els compostos orgànics més complexos, formats fotoquímicament o per altres mitjans (com per exemple la calor d'origen volcànic), eren fàcilment degradats per la llum ultraviolada.

Aquest efecte destructor sobre el vapor d'aigua permeté de protegir altres molècules, a causa de la formació d'oxigen, el qual forma fotoquímicament ozó. L'acumulació progressiva de l'ozó en la atmosfera provocà l'afebliment de la intensitat de les radiacions ultraviolades que arribava a la superfície de la Terra. Avui dia només hi ha una *finestra* en la zona de 240-290 nm.

Per tant, tingueren lloc dos processos d'importància cabdal en l'evolució posterior del planeta. Primer, el fet d'evitar l'arribada de les radiacions ultraviolades destructores. El segon procés l'examinarem tot seguit.

COMPLEXACIÓ DELS CAPTADORS DE RADIACIONS

Paral·lelament al procés anterior, la llum visible passà a ésser la radiació més efectiva per a la síntesi de sistemes més complexos, tot desplaçant

2. Ga és la forma abreujada de gigaany equivalent a mil milions d'anys.

la ultraviolada d'aquesta comesa. Aquests dos processos es considera que foren necessaris per a l'aparició de la vida sobre la Terra.

La fotosíntesi aprofità, per primera vegada fa uns 3.3 Ga, probablement mitjançant bacteris porpra o verds, la radiació solar en la zona del visible, gràcies a un llarg procés (superior a 1 Ga) d'evolució (transformació) i selecció de substàncies orgàniques cada cop més complexes.

Un exemple d'aquestes substàncies, químicament molt relacionades amb les que realment feren possible l'aparició de la fotosíntesi, són els pigments verds clorofil·les, els grocs carotenoides i els blaus o vermells ficobilines. Aquestes substàncies representen un invent de la Natura, quasi perfecte, de molècula apta per a absorbir la llum visible d'origen solar. En la fotosíntesi, d'una manera encadenada, en una sèrie de reaccions d'oxidació-reducció, els electrons d'energia elevada són transportats fins a sintetitzar substàncies clau, NADPH i ATP,³ que reduiran als acceptors diòxid de carboni, nitrogen o nitrats.

Hi ha una classe de clorofil·la, la P 700, que es troba en quantitats molt inferiors a les altres clorofil·les. Això, no obstant, li està reservada la funció d'enllaç del sistema més primitiu (fotosistema I) amb el més evolucionat (fotosistema II) dins l'aparell més complex de fotosíntesi en les plantes superiors. El fotosistema I conté clorofil·la i carotenoides capaços d'absorbir directament els fotons de la llum, i és en canvi incapaç de produir oxigen. En les plantes, el fotosistema II accepta els electrons procedents en darrer terme de l'aigua, mitjançant un acceptor Q. A través d'una sèrie d'intermediaris, els electrons són acceptats per la P 700 del fotosistema I. Aquest procés fotosintètic de les plantes ajudà, juntament amb la fotòlisi de l'aigua, a la formació de la capa d'ozó atmosfèric.

En el cas que, en el procés fotosintètic, l'acceptor sigui el diòxid de carboni, es formen en els fotòtrofs corresponents hidrats de carboni (assimilació).

BALANÇ ENERGÈTIC

És interessant de veure quina és l'envergadura del procés fotosintètic en l'actualitat (Taula III). Destaca el valor, prop de 7 vegades superior, de

3. Formes abreujades de la forma reduïda del fosfat de nicotinamida-adenina-dinucleòtid i de l'àcid adenosina-trifosfòric.

les plantes marines, el qual no és solament imputable a la diferència de superfície entre el mar i la terra ferma. Aquesta producció d'energia ($3 \cdot 10^{21}$ J) equival a deu vegades el consum mundial (1970), però l'ús que se'n fa en el consum d'aliments suposa només un 0.5 % ($1.5 \cdot 10^9$ J).

Qui és, però, el responsable d'aquest enorme bescanvi d'energia? Hi ha organismes fotòtrofs que són procariotes i d'altres que són eucariotes. D'aquests darrers podem distingir les plantes superiors i, en un segon grup, els organismes unicel·lulars —euglenoides, dinoflagel·lats, diatomees i algues (verdes, brunes, vermelles—. Les algues són les que duen a terme més del 50% de tota l'activitat fotosintètica de la Terra. Cal remarcar, però, que llur medi és exclusivament l'aquós.

TAULA III. Assimilació anual de diòxid de carboni per les plantes

Plantes marines	$4.6 \cdot 10^{11}$ tones
Plantes terrestres	$0.6 \cdot 10^{11}$ tones
Total	$5.2 \cdot 10^{11}$ tones
equivalent a	$3 \cdot 10^{21}$ J

VIDA VEGETAL I CONTAMINACIÓ

Les aigües brutes de les nostres cases i indústries són ideals per a fer créixer algues fotosintètiques. Les algues poden ésser usades com a pinso per al bestiar, cremades per a donar electricitat o bé fermentades per a donar metà. Alhora que s'aprofiten les deixalles, l'aigua en resulta purificada. Hom ha observat a Califòrnia que aquest sistema costa de la meitat a tres quartes parts del cost d'un sistema purificador convencional. Mitjançant aquest sistema, han estat aconseguits rendiments aproximats de 60 tones pes sec/Ha/any que donarien 74 MW/h d'electricitat. Hi ha instal·lacions per a bestiar i aviram, la femta dels quals és tirada a piscines on

creixen algues; un 40% del nitrogen d'aquestes deixalles és recuperat en forma d'algues, les quals serveixen d'aliment un altre cop als animals. Les algues verdes que actualment hom fa servir contenen un 50-60% de proteïnes, però hom podria explotar encara les algues blau-verdes que tenen un 60-70% de proteïnes. Actualment hom està treballant per tal de seleccionar la més adient. Aquest procés de depuració és a l'abast de cada municipi independentment.

Al Japó, des de fa uns quants anys, hom conrea diverses espècies d'algues en vivers situats en badies; algunes d'aquestes algues són directament comestibles per l'home (les *Porphyra*).

Moltes plantes desenvolupen tolerància per a certs contaminants. Per exemple, *Agrostis tenuis*, tolerable al coure que s'acumula en les arrels i no passa a altres parts de la planta. El desenvolupament d'aquesta tolerància és important, puix que, altrament, a nivells de contaminació elevats, fóra eliminada la població normal. Aquest fet pot ésser aprofitat per a afermar piles de deixalles metàl·liques, bo i reduïnt-ne la contaminació.

Altres plantes, com *Marchantia polymorpha* i *Senecio vulgaris*, presenten una adaptació específica molt notable a contaminants com el plom i els herbicides derivats de triazina.

VIDA VEGETAL I CRISI ENERGÈTICA

S'ha calculat que per a satisfer la dieta d'una persona de nivell social (nord-americà) mitjà calen 2.240 m² de terra (inclosos aliments, fibres, tabac, gra i fusta). Per tant, als Països Catalans caldrien, per a alimentar a aquest nivell la població actual, 20.484 km², els quals equivalen a la meitat aproximadament de la superfície del Principat. Paral·lelament amb la població actual del Principat serien suficients 12.992 km², aproximadament la superfície de Lleida, per a satisfer aquelles necessitats. Sembla doncs que és possible a casa nostra un més gran aprofitament de l'explotació agrícola i forestal.

A causa de la manca de proteïnes arreu, fins i tot al país desenvolupats, motivada pel creixement de la població i, a més, pel baix rendiment del procés d'obtenció de proteïnes càrniques a partir de vegetals, cal tendir al consum cada cop més elevat de proteïnes vegetals. La primitiva dificultat segons la qual no tots els aminoàcids essencials es trobaven en les proteïnes vegetals, fou superada amb l'explotació de la soia. A partir

d'aquesta planta ha estat posat a punt un procés industrial que obté *carn vegetal* amb l'aspecte i el paladar de carn magra fresca.

L'any 1979 hom ha observat que *Psophocarpus tetragonolobus*, planta originària del Sud-est asiàtic, és superior a la soia per a ésser utilitzada per a l'alimentació. La seva aclimatació a Europa encara no ha estat duta a terme.

Una altra font important de proteïnes són les fulles. Hi ha procediments que obtenen fins a 25 tones/Ha de proteïnes de l'alfals. Durant el procés hom obté també fibra, hidrats de carboni i compostos nitrogenats.

Un altre aprofitament és destinar les plantacions a combustible. Amb aquesta finalitat es destinen normalment pantans, terrenys fangosos i aiguamolls, on es fan créixer les plantes adequades, que són segades periòdicament.

Finalment vull remarcar que la conversió de fusta en productes químics per a la producció de la majoria de plàstics sintètics i fibres és tècnicament possible. A partir de fusta hom obté etanol (intermediari en la fabricació d'etilè i butadiè), fenol i furfural. Aquest procés, amb l'increment del preu del petroli, està arribant a ésser econòmicament rendible. Aquesta aplicació fa possible, a més, d'utilitzar la fusta menys valuosa.

CONCLUSIONS

He exposat en primer lloc alguns aspectes relacionats amb l'energia solar més amb la intenció de fer pensar que amb la de donar resultats sense volta de full.

En segon lloc, i relacionat amb la primera part, he indicat alguns mitjans biològics concrets amb els quals crec que hauríem de comptar per tal d'esmoreir alguns problemes que la nostra societat industrial (dita avançada) té plantejats. Entre aquests voldria destacar:

1. Es considera molt important l'aclimatació de *Psophocarpus tetragonolobus*, de riquesa proteínica superior a la soia, no solament per raons estrictament econòmiques sinó també polítiques, les quals no puc analitzar ací.
2. La purificació d'aigües brutes per mètodes biològics més rendibles que els tradicionals.

3. L'explotació de les aigües somes de les nostres costes amb espècies comestibles.
4. La producció de proteïnes vegetals per tal d'obviar la necessitat ja tradicional d'importació de carns.
5. La fabricació de plàstics i altres productes a partir de la fusta, la qual cosa suposa de retruc una millora en el sector forestal tradicionalment escassament rendible.

Els detalls dels diversos procediments i altres dades es troben a la bibliografia que indico a continuació.

BIBLIOGRAFIA

1. C. GONZÁLEZ, *Quím. Ind.*, 1978, 24 (5), 366-72.
2. J. DE ROSNAY, *Recherche*, 1973, 4 (32), 278-80.
3. M. DE MEURON-LANDOLT, *Recherche*, 1972, 3 (24), 510-6.
4. J. POSTGATE, *Recherche*, 1976, 7, 355-47.
5. World Energy Conf., *World Energy Resources 1985-2000*, IPC Science-Technology Press, Guildford, 1978.
6. J. M. ROQUÉ, dins *Soluciones Químicas a la contaminación*, I Congr. Nac. Quím. Vigo, 1977, Asoc. Nac. Quím. España 1978.
7. A. D. BRADSHAW, dins *Effects of Air Pollutants on Plants*, T. A. Mansfield, ed., Cambridge Univ. Press, 1976.
8. I. S. GOLDSTEIN, *Science*, 1975, 189, 847-52.
9. Verband der Chemischen Industrie, *Umwelt und Chemie*, Herder, 1975.