L'eficiència energètica al futur de l'alimentació humana

SCO i SCP: olis i proteïnes monocel·lulars

Josep Alfons Canicio
Dr. Canicio Consulting Chemist, SA / IQS

Tracta de com determinats greixos i proteïnes extrets d'organismes monocel·lulars podrien resoldre la crisi alimentària i de desenvolupament que ha de provocar l'exhauriment del sòl de conreu.

La situació

En els cent anys d'història de l'Institut d'Estudis Catalans, la població humana ha crescut en un factor de 3,5. Durant la nostra generació —els darrers quaranta anys—, la població s'ha duplicat. Tot sembla indicar que la població humana —després de mig segle de creixement exponencial— s'estabilitzarà, cap als anys trenta d'aquest segle, en un altiplà amb deu mil milions de persones.

En els anys setanta del segle XX, a l'inici de la duplicació de la població, érem del tot conscients de la terrible crisi maltusiana que amenaçava la humanitat. Calia implementar l'eficiència dels conreus per a poder millorar l'alimentació de dos terços de la humanitat, aleshores subalimentada, i, a més, atendre les necessitats alimentàries derivades de l'allau demogràfica que feia preveure l'augment de la supervivència dels nascuts. La resposta de la tecnologia humana va ser la Revolució Verda: l'aplicació de diverses noves tecnologies que varen permetre multiplicar la producció alimentària bàsica per 2,5-3, mentre que la població tan sols es duplicava. La Revolució Verda canvià totalment la tecnologia agrícola: introduí l'ús de noves varietats de cultiu més eficaces, millorà els procediments d'irrigació, va promoure l'ús generalitzat d'herbicides i pesticides, fent augmentar, sovint, fins a un 50 % el rendiment de les collites que eren depredades per plagues i, finalment, augmentà substancialment la productivitat mitjançant l'aportació de nitrogen als camps de conreu en forma d'adobs nitrogenats.

Això permeté no sols afrontar la crisi maltusiana d'augment de tres mil milions de persones en quaranta anys sinó també un augment de les calories per capita, disponibles en un 25 % més en l'àmbit mundial o un 30 % més si s'obvia la catastròfica realitat de l'Àfrica subsahariana, que ha minvat en un 10 % els recursos alimentaris disponibles en els darrers anys.

La base de la Revolució Verda va ser, en realitat, la tecnologia química: d'un costat, l'ús de pesticides i herbicides, i de l'altre, molt especialment, la generalització d'ús d'adobs nitrogenats. Per a reflectir la importància cabdal dels adobs, cal dir que el nitrogen no elemental —biodisponible— present naturalment als camps de conreu és prou per a produir aliments per a sòls de tres mil milions de persones o poc més. Som 6,5 milions d'humans: la població humana és el doble del que pot suportar el nitrogen natural present als camps de conreu. La meitat del nitrogen que conforma les proteïnes de la humanitat és d'origen sintètic: prové d'una planta, Haber-Bosch, de síntesi d'amoníac de nitrogen de l'aire i hidrogen (de l'aigua descomposta sobre carbó ardent o, modernament, per reformació per vapor del metà). Així, doncs, es podria dir que la meitat de la humanitat —i de les persones de la sala— és de síntesi: un exemple clar de la no prou ben ponderada, socialment, contribució de la química a la vida humana.

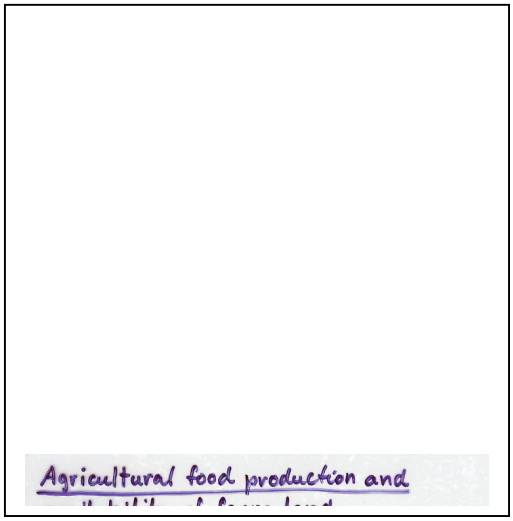
El repte

Però, des d'ara i fins als anys quaranta del segle XXI, en trenta anys —una vida quan es miren des de davant, un sospir quan es miren des de darrere—, la població humana ha de créixer des de sis mil cinc-cents milions fins a deu mil milions: arriba una altra allau humana d'uns tres mil milions de persones més. La població humana creixerà, encara, en un factor d'1,5 i cal preveure, doncs, no sols nodrir els nouvinguts, sinó també estendre arreu del món el nivell alimentari estàndard del qual gaudeixen avui els països desenvolupats. És ineludible, a més, promoure l'augment de la renda per capita fins als nivells mínims que garanteixin la vida digna de tota la humanitat, entesa com la satisfacció assegurada d'altres necessitats bàsiques diverses a les alimentàries, com ara sanitàries, d'educació, de la llar, de llibertat i, àdhuc, de lleure. Aconseguir-ho exigiria, com a mínim, duplicar el PIB per capita del planeta, el que suposa, per a un creixement demogràfic previst de l'1,5, un creixement absolut del PIB de 2,9 en els propers trenta-cinc anys. Quasi triplicar el PIB en trenta-cinc anys significa un creixement econòmic sostingut del 3,1 % anual. En concret, doncs, el desenvolupament social passarà per poder mantenir un creixement mundial sostingut del 3,1 % durant trenta-cinc anys i distribuir més equitativament la riquesa.

En l'àmbit alimentari, la producció actual de cereals és de 2.050 megatones anuals. Uns 900 grams avui i uns 600 grams per persona i dia per a la futura població de 9,5 milions de persones. Suficient per a garantir el manteniment bàsic de la població, però del tot insuficient per a estendre arreu una alimentació de qualitat amb ingestió generalitzada de 25 grams de proteïna animal al dia, quantitat que recomana l'OMS. Produir 25 grams/dia (9,1 kg/any i persona) per 3 milions de persones més i 1.500 milions que encara avui no gaudeixen d'alimentació prou adequada suposa produir 40 megatones/any més de proteïna animal en forma d'aus, bestiar o peixos. Unes 300 megatones d'animals que consumirien aproximadament 1.400 megatones de recurs primari expressat en cereal: dos terços de la producció! Podrà la tecnologia emprada en la Revolució Verda assolir encara un creixement de la producció primària del 66 % (x 1,7 addicional) per a abastar l'objectiu?

Hi ha diversos ítems que condicionen que aquest objectiu no es pugui aconseguir mitjançant la tecnologia agrícola actual. Des del punt de vista mediambiental, els fertilitzants nitrogenats produeixen problemes seriosos en temes tan delicats com les reserves d'aigua dolça per contaminació dels aqüifers per nitrats i l'eutrofització de corrents fluvials, llacs i embassaments. D'altra banda, l'excés de nitrogen al sòl, promou la pluja àcida, que malmet boscos. L'aplicació d'agroquímics és fonamental per a no perdre fins a un 30 o un 60 % de les collites, i molt més com més alta és la temperatura de cultiu. Però, malgrat la millora enorme de l'impacte ambiental dels pesticides emprats, l'ús i l'augment de l'ús pertorba, òbviament, la cadena tròfica. Malgrat tot, la millora de les tècniques d'aplicació, la cura creixent en l'aplicació i les regulacions legals en podrien minimitzar els efectes col·laterals i fer suportable l'impacte d'ambdós pilars de la Revolució Verda: adobs nitrogenats i pesticides. Hi ha, però, altres limitacions més difícils d'obviar centrades en l'exhauriment progressiu de dos recursos bàsics en la producció agrícola: la disponibilitat d'aigua dolça i la de sòl de conreu. L'aigua dolça esdevé, progressivament, un bé escàs per la humanitat. Àdhuc sense tenir en compte possibles efectes del canvi climàtic el 2040, la disponibilitat d'aigua dolça serà un problema per vora el 40 % de la humanitat. En aquestes circumstàncies, la implementació de regadius com a solució sembla problemàtic. Els experts, a més, no confien que la introducció de noves varietats més productives —modificades genèticament— i amb menys necessitat d'aigua puguin augmentar enllà el 20 % la productivitat dels conreus. Però és la disponibilitat de sòl de conreu la dificultat que sembla insalvable per l'aplicació de la tecnologia de la Revolució Verda per a obviar la nova crisi maltusiana (una fita ara més complexa si hom proposa exigir, a més

de l'alimentació, l'extensió de la qualitat alimentària arreu i per a tothom) dels propers trenta-cinc anys.



Les terres assequibles al conreu suposen sols un tres per cent de la superfície total del planeta i, a més, un recurs en regressió per causa de l'expansió humana que l'empra per altres usos, especialment, al voltant de les ciutats. Afortunadament, l'augment de productivitat del sòl produït per la Revolució Verda excedeix de molt la disminució provocada per la minva de terres de conreu. El problema de la disponibilitat del sòl de conreu és estudiat des de l'anterior crisi maltusiana: la duplicació de població des dels anys setanta fins al segle XXI. Les prediccions de l'informe del Club de Roma, *Els límits del creixement —The limits to Growth—* de l'any 1972, que estudià la necessitat i disponibilitat de sòl, resulten vàlides quan se n'actualitzen les dades d'entrada: tot partint de la corba prevista de creixement de la població, construeix la corba de necessitat de sòl disponible en funció de l'augment de la productivitat en la producció primària respecte a la producció del 1972. Trenta-cinc anys després, tot establint el límit d'augment de la productivitat previsible mitjançant les tecnologies disponibles d'aproximadament tres respecte al 1972, hom conclou que, a tot estirar, el recurs de sòl s'exhaurirà entorn dels anys trenta: sembla que cal, doncs, un nou imaginari —una nova tecnologia agrícola— que permeti garantir el manteniment de la població humana davant possibles —probables— contingències. Efectivament, cal advertir que el gràfic de disponibilitat de sòl no té en compte la millora i extensió de la qualitat alimentària, sinó la suficient producció primària. És en aquest sentit que hom pot afirmar que, per a assolir l'objectiu d'extensió de l'estàndard econòmic i alimentari dels països desenvolupats arreu i per a tothom, el recurs del sòl ja està pràcticament exhaurit. Tampoc no té en compte l'ús de terres de conreu per a produir biocombustibles, tal com veurem, extrem precís per a garantir un augment del PIB d'aproximadament el 3-5 anual sostenible.

La solució no sembla altra que augmentar l'eficàcia de la producció de la limitada superfície disponible. De moment, no sembla que hi hagi cap més alternativa —vist que la producció de glúcids en forma de cereals sembla resolta— que augmentar l'eficàcia en l'obtenció de greixos i proteïnes per metre quadrat de conreu. Això vol dir una millora en l'eficàcia de la captació energètica que, en últim terme, suposa tota producció d'aliment.

Assolir els objectius en l'àmbit del desenvolupament econòmic també es presenta problemàtic. *A priori*, l'objectiu d'aconseguir un creixement mundial sostingut del 3,1 % anual no sembla quelcom poc realitzable: el món creix avui a una mitjana molt superior; si bé aquest 2-3 % és l'ordre de creixement dels països desenvolupats, els països emergents (l'Àsia) creixen a un ritme molt superior (8-9 %), i l'economia global, entre el 4 i el 5 % anual. És sostenible, però, aquest creixement? La resposta és que no. El model de desenvolupament —i encara més als països que creixen més ràpidament— implica un consum energètic creixent que comporta efectes mediambientals indesitjables: l'escalfament global sembla una realitat certa i perillosa. L'informe *Stern*, sobre els efectes del canvi climàtic, conclou que, si no es prenen de manera immediata mesures per a apaivagar les emissions de CO_2 —mesures que costarien un 1 % del PIB mundial anual—, a curt termini, gairebé immediat, el canvi climàtic suposaria la pèrdua d'un 5 % del PIB anual amb possibilitat que l'efecte fos de fins al 20 %. En aquest context, no fóra possible assolir un creixement net de l'economia mundial del 3,1 % anual ni tampoc no es podria atènyer l'objectiu de la millora del nivell de vida fins a un mínim digne arreu i per a tothom. Just aquesta setmana, però, s'ha presentat el tercer informe

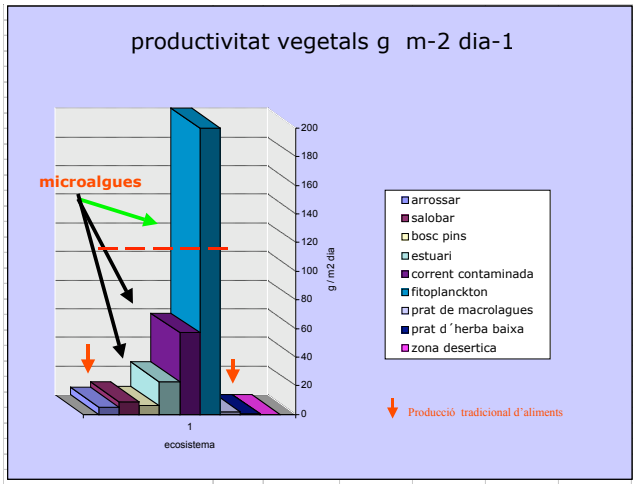
del grup d'experts de l'ONU sobre el canvi climàtic (IPCC Bangkok 2007). El darrer informe desdramatitza el cost de remeiació fins a un 0,12 % anual, si progressivament s'opta per l'ús de l'energia nuclear, renovable, i els biocombustibles d'origen agrícola com a substituts dels combustibles fòssils. La notícia és encoratjadora, però comporta l'ús massiu del recurs de sòl per a produir combustibles en detriment de la producció d'aliments.

Avui sembla clar que el desenvolupament econòmic sostenible sols és possible si és extremadament curós amb el medi ambient. Malgrat l'actualitat aparent, la idea no és nova en absolut. Els efectes, molt negatius, sobre el desenvolupament de la degradació ambiental ja fou recollit a l'informe, abans citat, sobre els límits del creixement, a l'albada de la darrera crisi demogràfica a principis dels anys setanta: el control de la degradació mediambiental és indispensable per a conjurar la crisi demogràfica.

Una solució plausible

Tota la problemàtica esmentada rau en l'eficiència escassa en l'ús humà de l'energia: en la manca d'eficiència en l'ús de l'energia solar en la producció d'aliments i en la producció de biocombustibles. Al planeta hi ha quinze milions de quilòmetres quadrats de superfície de conreu. L'energia captada és el limitant per a produir aliments i combustibles. L'eficiència en la captació i l'ús d'aquesta energia està molt lluny de les possibilitats teòriques: termodinàmiques. Com a exemple, en la producció d'aliments, l'energia de radiació mitjana per metre quadrat és de 140 w. Això vol dir que, suposant una energia en els aliments de 3,4 Kcal/g, la biomassa que teòricament hom podria produir per metre quadrat fóra de 380 g m^{-2} dia^{-1}. L'arròs, el cultiu més estès de la humanitat, rendeix 5 g m^{-2} dia^{-1}. El rendiment és, doncs, de l'1,3 %! Aquesta catàstrofe esdevé esfereïdora quan hom calcula l'eficiència de l'energia en la producció de carn i peix: de proteïna animal. Mentre que una hectàrea nodreix trenta-tres persones si mengen arròs, en nodreix sols 7,4 si mengen vedella. Hi ha un factor de transformació —de degradació de l'eficiència en l'energia emprada— de 4,4. Menjar proteïna animal suposa malbaratar el recurs limitat de sòl de conreu.

La manera d'obviar aquesta realitat, rauria a fer augmentar l'eficiència en la captació de l'energia primària; o bé a fer augmentar la velocitat de producció de biomassa, o be a emprar energia solar condensada (de baixa entropia i continguda als enllaços químics) d'altra biomassa produïda als mateixos camps de conreu i al 97 % de superfície planetària que no ho és. La biomassa —el material lignocel·lulòsic— és un polímer de sucres, *a priori,* susceptible de ser transformat en SCO i SCP per organismes monocel·lulars.



Els SCO —*single cell oils*—, els olis de microorganismes monocel·lulars, i les SCP —*single cell proteins*—, les proteïnes de microorganismes monocel·lulars, es configuren com a candidats ideals si es considera l'enorme velocitat de producció que tenen. La figura 2 mostra la productivitat en grams de biomassa per dia i metre quadrat de diversos ecosistemes. Es nota com n'hi ha tres que —de molt— sobrepassen els altres en productivitat: es tracta de medis aquàtics —estuaris, corrents contaminades i cultius de fitoplàncton— en els quals la biomassa és produïda per micròfits

—microalgues— i no pels macròfits del medi terrestre. En concret, els cultius en *batch* de fitoplàncton —afegint-hi els nutrients necessaris— produeixen entre trenta i quaranta vegades la biomassa de cultius bàsics com l'arròs. *A priori*, a més, la qualitat alimentària d'aquesta biomassa és extraordinària: rica en greixos i proteïnes, com mostra la taula adjunta que compara cultius de fitoplàncton amb cultius terrestres, com l'alfals o l'arròs: unes quaranta vegades més de proteïna que l'alfals per dia i metre quadrat. Així, doncs, sembla que la producció de microorganismes podria ser una via per a millorar l'eficiència en la producció d'aliments, emprada com a base o complement dietètic per a obtenir proteïna animal de consum humà.

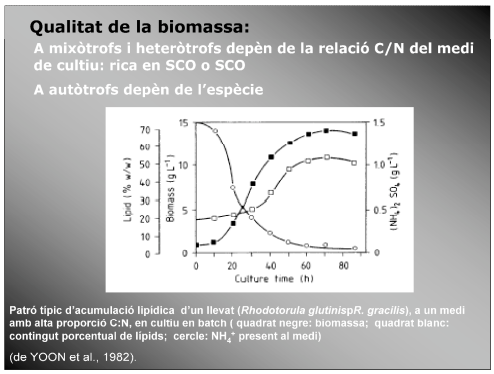
Producció de SCO i SCP

Segons la font d'energia i de carboni que empren els microorganismes, es cataloguen en autòtrofs (la font d'energia que tenen és la llum solar, i la de carboni, el CO_2 atmosfèric), heteròtrofs (la font d'energia i de carboni que tenen és matèria orgànica que descomponen) i mixòtrofs, que usen llum solar com a font d'energia, però no CO_2 com a font de carboni, sinó compostos orgànics que degraden i que els aporten energia complementària.

A grans trets, els autòtrofs són fitoplàncton: microalgues. A escala industrial, els rendiments dels cultius a l'aire lliure són baixos: unes 100 t/ha i any (el mateix que l'alfals, però amb el doble de proteïna); malgrat tot, això suposa una productivitat dues vegades la dels macròfits. Si el conreu es fa en estanys plans oberts amb circulació (*carrusel*), la productivitat puja, però 8 g de proteïna m^{-2} dia^{-1}. Respecte a un macròfit ben productiu, com la colza, amb 700 kg de proteïna/ha i any (0,2 g de proteïna per m^2 i dia), la productivitat del micròfit conreat en *carrusel* és quaranta vegades més alta. El conreu en estanys plans tancats amb policarbonat rendeix unes setanta vegades més que la colza.

Des del punt de vista de l'eficàcia, l'heterotròfia i la mixotròfia es presenten com a mecanismes mes adients per a produir SCP i SCO: en la mixotròfia, l'energia és aportada per la llum, però simultàniament per la font de carboni, que és matèria orgànica —diferent que el CO_2— que conté energia química que també deriva del sòl; això condiciona una velocitat més elevada de producció, ja que hi ha una aportació complementària d'energia. Per exemple, la *chlorella sorokiniana* produeix 250 vegades més de pressa les proteïnes que la colza.

A l'heterotròfia (fermentació) no hi ha limitació de creixement per manca de llum: la llum ja ha estat prèviament absorbida del sòl i emmagatzemada als enllaços químics del substrat que és degradat (fermentat). L'energia és de baixa entropia. És concentrada i és independent del flux solar. Se'n pot aportar tanta com concentració hi hagi de matèria orgànica. El limitant pràctic de la velocitat de producció rau en l'aportació d'oxigen que cal per a oxidar el substrat: lliure de les limitacions del flux solar d'energia (que ja ha absorbit), la fermentació presenta la màxima velocitat de producció de cèl·lules i, per tant, de SCO i SCP. En producció de greixos, s'han descrit fermentacions en els quals la velocitat de producció de llevats és deu vegades la típica dels macròfits oleaginosos i amb composicions referibles.



Un mecanisme interessant associat a la mixotròfia i l'heterotròfia és la possibilitat d'induir la formació selectiva de proteïnes o greixos segons la concentració de la font de carboni: si la relació C/N es alta es produeixen greixos —fins a concentracions cel·lulars del 65 %—, mentre que si la relació és baixa —rica en nitrogen— la cèl·lula s'enriqueix en proteïnes. Això permet

optar per produir SCO o SCP, segons la naturalesa del substrat carbonat que se subministra a les cèl·lules.

Qualitat de proteïnes i greixos monocel·lulars

No sempre, les proteïnes monocel·lulars són directament digeribles pels humans ni sanes com a aliment; sovint, el contingut en cel·lulosa de les parets cel·lulars condiciona dificultats en la bona digestió per humans de SCP. D'altra banda les SCP també solen ser riques en àcid úric, la ingestió del qual provoca problemes de salut. L'espirulina és una excepció: conté fins a un 60-70 % de proteïnes directament digeribles i un contingut d'úric del 4 % referible al dels vegetals. Ordinàriament, l'ús de SCP en alimentació humana requereix pretractaments onerosos. Contràriament, semblen del tot aptes per a alimentar remugadors, peixos i altres gèneres animals.

Respecte a la qualitat dels greixos monocel·lulars, molt sovint és referible a la composició de greixos vegetals, com la colza o la soja. En molts casos, rics en fosfolípids, com la soja, i quasi sempre especialment rics —i molt— en omega tres i omega sis insaturats. Semblen convenientment refinats – com els olis vegetals- una matèria primera apta per a ser usada com a additiu (omega tres i sis) en alimentació humana i base de greixos per a alimentació animal.

La similitud que té amb els greixos obtinguts des d'oleaginoses condiciona, però, una nova aplicació d'enorme importància socioeconòmica i mediambiental: la seva transformació en biocombustibles —biodièsel— mitjançant un procés de transesterificació amb metanol que els converteix en barreja d'esters metílics d'àcids grassos, és a dir, biodièsel.

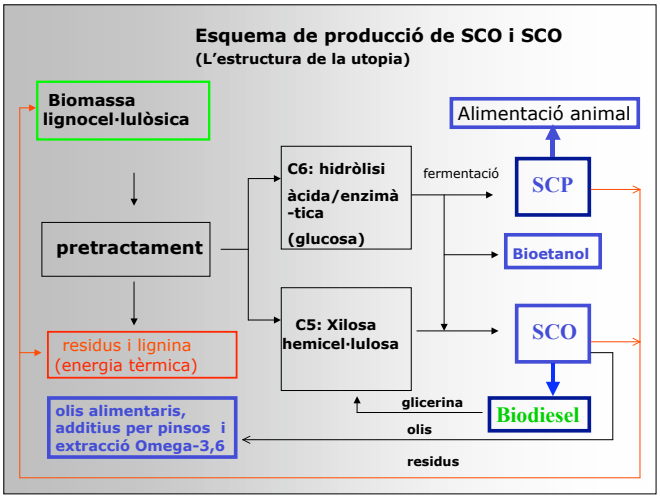
Eficiència i matèria primera

Els mixòtrofs i els heteròtrofs —llevats— presenten una alta productivitat anòmala, especialment els llevats heteròtrofs. L'última causa rau en el fet que, en aquest cas, la producció no depèn del flux lluminós, que és, en definitiva, una restricció del flux energètic disponible; es tracta d'emprar el flux natural solar, no de produir energia química —aliments— des de llum obtinguda amb despesa d'energia. Des d'aquest punt de vista, l'energia emprada a la fermentació —llevats heteròtrofs— ja ha estat captada i, naturalment, concentrada per a la fotosíntesi, a la vegada que emmagatzemada en enllaços químics: la matèria orgànica fermentable és, doncs, un recurs amb baixa entropia i, per tant, d'alt rendiment.

Si al planteta hi ha un recurs renovable és el material lignocel·lulòsic, és a dir, el substrat estructural —llenyós— dels vegetals: palla, residus agrícoles de tota mena, branquillons, fusta, etc. Es generen de 25 a 50 t anuals d'aquesta mena de residus per persona. La composició química d'aquest material és, fonamentalment, cel·lulosa, un polímer cristal·lí de sucres d'anell de sis baules, hemicel·lulosa, un polímer de xilosa, un sucre d'anells de cinc baules, i un material propil fenòlic amorf conegut que es coneix amb el nom de *lignina*. El material lignocel·lulòsic es presenta, doncs, com una immensa font i recurs natural renovable de sucres de cinc i sis baules: la matèria orgànica que, naturalment, al cicle del carboni, degraden els heteròtrofs fins a retornar a l'atmosfera el CO_2 que s'absorbí fotosintèticament per l'acció dels vegetals. Vista la capacitat dels heteròtrofs —llevats— per a convertir els sucres en SCP o SCO, segons la relació C/N del medi de cultiu, *a priori*, hom pot imaginar un procés que, partint des de residus vegetals i nitrogen Haber-Bosch, aconseguís produir proteïnes per a l'alimentació animal (SCP) i, a la vegada, biocombustibles des de SCO —sense aportació fòssil de CO_2 a l'atmosfera—, milers de vegades més ràpid i eficaç que la tecnologia agrícola actual i independent de l'ús del recurs de sòl, quasi exhaurit. La figura 20 exemplifica

l'estructura del possible procés en el qual la lignina s'empra com a combustible per a escalfar els licors i aportar l'energia per a iniciar el procés de fermentació.

El desenvolupament d'aquesta tecnologia exigeix, primer separar el material lignocel·lulòsic en els components de cel·lulosa que té, hemicel·lulosa i lignina; es tracta d'un repte relativament senzill. La dificultat ve després. En el cas de la cel·lulosa, el problema tecnològic rau avui a disposar d'un procediment senzill d'hidròlisi del polímer en sucres fermentables: glucosa. La naturalesa cristal·lina de la cel·lulosa fa la hidròlisi difícil, encara que el producte obtingut —glucosa i oligosacàrids— es degrada molt fàcilment pels llevats i, per tant, es converteix en SCO o SCP. Contràriament, l'hemicel·lulosa s'hidrolitza molt fàcilment, fins a xilosa, però els sucres de quatre àtoms de carbó a l'anell (pentoses com la xilosa) no es fermenten tan fàcilment com les hexoses, com la glucosa. Aquesta dificultat fa que calgui desenvolupar (trobar o produir genèticament) soques de microorganismes susceptibles de degradar les pentoses o bé produir des de pentoses glicerina, que es degraden molt fàcilment pels microorganismes.



Biocombustibles

El desenvolupament humà dels tres milions dels nats d'ençà fins als anys quaranta exigeix, però, un augment del PIB, a més d'aliments i proteïna animal. Aquest augment del PIB sols és possible en un escenari de control de les emissions de CO_2 i cura del medi ambient i, en aquest esquema, la producció de biocombustibles és una eina clau. El biodièsel és una barreja d'esters metílics d'àcids grassos obtinguda per transesterificació dels greixos vegetals (o SCO) amb metanol. S'obté glicerina (subproducte, a la vegada, fermentable) com a subproducte.

La producció massiva de biocombustibles és, però, incompatible amb la producció massiva d'aliments amb la tecnologia agrícola actual; entre altres motius, per l'exhauriment del recurs de sòl de conreu. En aquest escenari, els SCO són la base de biocombustibles que no empren el recurs del sòl a partir de residus lignocel·lulòsics, i no des de grans (bioetanol) o oleaginoses (colza, soja), que impedeixen produir aliments i, en tot cas, els encareixen amb el problema cap a una economia globalitzada que això comporta. En concret, en els darrers sis mesos, els pinsos ramaders bàsics han passat de costar 180 €/t fins a 220 €/t com a efecte, sembla, de l'impuls a l'ús de grans per a obtenir biocombustibles líquids.

Conclusió

La introducció de la nova tecnologia d'obtenció de SCO i SCP, des de residus lignocel·lulòsics renovables, es podria, doncs, constituir en l'eina adequada per a conjurar la nova crisi maltusiana des d'ara i fins a l'estabilització de la població d'aquí a trenta o quaranta anys. Podria proporcionar l'energia neta i la proteïna animal que cal a la humanitat per a assolir, arreu i per a tothom, el veritable objectiu del desenvolupament: generalitzar de manera sostenible les condicions de vida indispensables per a realitzar lliurement la mateixa dimensió humana.

Podria ser la font de biocombustibles líquids —sense ús del recurs exhaurit del sòl de conreu— la clau per a aturar —conjuntament amb l'ús generalitzat de l'energia nuclear i l'increment d'ús de les altres renovables— el canvi climàtic i, per tant, per a garantir un creixement sostingut i sostenible del PIB que reparteixi i incrementi la qualitat de vida de l'espècie humana. Una utopia que sembla imprescindible.