

“UNA VEGADA NO ÉS PROU”: EL RECICLATGE DE RESIDUS ALS EUA

per

A. GINER-SOROLLA

University of South Florida, Tampa, Florida

“Per a l’home blanc la terra no és la seva mare, sinó la seva enemiga. No sap que tot el que afecta la terra afecta els fills de la terra. Quan els homes escupen al sòl, escupen a ells mateixos.”

(D’una carta del cap indi americà de la tribu Suwamish de Seattle, al President dels EUA, 1855)

INTRODUCCIÓ

L’home, a través de la història, ha estat en constant lluita amb la Natura, explotant-la per al seu manteniment i expansió. La tònica fins a temps recents ha estat en la majoria dels pobles un seguit d’escassedats, fams i epidèmies. L’afluència portada en temps recents per la revolució industrial en la majoria de països d’Europa i Amèrica i alguns d’Àsia, ha fet que, de la penúria que caracteritzava els segles passats, s’ha saltat a la sobreabundància. La gent es moria abans –i encara ho fa avui dia a països del Tercer món– de fam; ara s’ofega en la fartea, conduint a malalties de malnutrició i sobrealimentació (cardiopaties, càncer, diabetis) i a més, la societat es veu cada vegada en ritme creixent, voltada d’escombraries, respirant un aire contaminat, menjant aliments adulterats i addicionats de tota mena de conservants i colorants, i bevent aigua que pertot arreu està pol·lucionada...

S’han anat exhaurint, per l’explotació en massa, els recursos de la Mare Terra, asfaltant, “urbanitzant” i “desenvolupant” –aquests eufemisme que les empreses de construcció usen en la profanació de la Natura–.

De les comunitats primitives de caçadors i recollidors (activitats que des de l’aparició de l’*Homo sapiens*, foren la forma de sosteniment de l’economia), es passa a les societats on l’agricultura predomina durant 10.000

anys, fins al segle XVIII, quan s'encreta la revolució industrial, i és al segle present quan, pel desenvolupament tecnològic i l'energia barata (el petroli), s'ha experimentat l'exacerbació del consum i, amb ella, la proliferació universal de residus amb la consegüent pol·lució.

L'estructura i els rerafons de la societat nord-americana té un dels fonaments en el concepte anglès individualista de "la llar és el meu castell" (*My home is my castle*), que condueix a preferir habitatges aïllats, individuals i escampats per la *suburbia*, amb jardí i sovint piscina. Això pressuposa la dependència absoluta de l'automòbil, ja que el transport públic és ben reduït, trobant-se així l'*American dream* centrat en la casa i el(s) cotxe(s) (perquè cada membre de la família en sol posseir un). D'aquí que la va a l'Amèrica del Nord es basi en el concepte de la *car society* on l'economia depèn en gran part del consum que representa l'automòbil. És aquest adminicle l'índex de la prosperitat del país; com més se'n produeixen i se'n venen, millor va el país, arribant a considerar la prosperitat de les companyies manufacturadores de cotxes i dels elements energètics, com el baròmetre de la situació econòmica del país. "El que és bo per a la General Motors, és bo per a la nació" diu l'eslògan freqüentment citat. És clar que aquest *American dream* s'ha propagat arreu del món; teníem abans de la guerra, fins i tot a casa nostra, el "somni català" com el proposava l'"Avi", Francesc Macià, amb allò de l'ideal de "la caseta i l'hortet per a tothom".

ENFOCAMENT DEL PROBLEMA DELS RESIDUS I POTENCIAL DE SOLUCIONS

Un dels factors bàsics que s'han desenrotllat per a la industrialització i la proliferació de productes de consum i amb ells, els residus, ha estat la introducció de la cadena de muntatge (*assembly plant*) que aprofita la divisió del treball per a incrementar la productivitat. Fou al segle XIX quan, a conseqüència de la gran producció i consum de carn als EUA, es va introduir la primera cadena de muntatge aplicada a la indústria càrnica, a l'estat d'Ohio. Aquest mètode va ésser utilitzat al començament del segle en major escala per Henry Ford en la fabricació d'automòbils; desenvolupament que ben bé es pot considerar el causant de la gran proliferació d'articles de consum tots produïts pel procediment de fabricació en sèrie. D'aquesta proliferació i assequibilitat per l'abaratiment de productes, resulta com a conseqüència l'abundància de residus. És lògic que la mateixa societat que ha introduït aquest nou tipus de producció, sigui alhora la que constitueix el paradigma de la disbauxa i del malmetre de recursos naturals, com mai no s'havia experimentat a la història. A aquest respecte, cal citar en primer lloc el concepte de l'economia americana actual (i la imitació i mal exemple es propaga a tots els països industrialitzats) amb l'eslògan de *more is best*, exemplificat en aquella contestació a una pregunta feta al president Eisenhower de com mi-

llorar el panorama econòmic dels països: “compreu” va dir; i demanaven els periodistes: “però, què?”, i els responia: “qualsevol cosa, la qüestió és comprar, gastar, consumir...” Comprar articles que per a la mentalitat de malgastament de la indústria signifiqui produir-los amb el que es diu la *built in obsolescence* (manufacturats per a ser obsolets en curt temps) d’una qualitat tal que necessitin ésser reemplaçats en un breu temps d’ús i també que siguin en molts casos “disponibles”, d’un sol ús, fet que pressuposa una gran quantitat de deixalles.

Els EUA, per raons històriques, ha estat un país de pragmàtics i d’inventors, com s’exemplifica amb un Edison, Franklin, Jefferson, i d’industrialistes com els Ford, Carnegie, Rockefeller, essent la nació nord-americana una projecció de pobles del Nord d’Europa a un nou continent inexplorat fins ara fa dos-cents anys i abundant els recursos naturals. No és gens d’estranyar per tant, que d’allí sorgeixin les grans innovacions tecnològiques i les produccions en sèrie que van des de la llum elèctrica, el telèfon, gramòfon, ràdio, avió, fins a la televisió, un conjunt d’electrodomèstics i a més, les primeres armes nuclears. Amb tot això, són els EUA el país que amb una població d’un 4% de la mundial, consumeix més d’un terç de l’energia i el 40% dels recursos naturals del món. Com a conseqüència es produeix una enorme quantitat de residus sòlids, uns 160 milions de tones anuals, que corresponen a més d’1,5 quilos per persona i per dia. Aquesta situació dona lloc al problema de com disposar d’aquests residus, tant domèstics com industrials.

Han estat els últims dos decennis, i com a conseqüència de la crisi del petroli dels anys 70, que s’ha produït una reacció tant en el sector públic com per part de les corporacions en el sentit d’evitar l’exhauriment de recursos naturals, el malbarament d’energia i la concomitant acumulació de residus i pol·lució. Així s’ha notat una sensible disminució en l’ús d’energia, per les campanyes de conservació empreses tant per estaments oficials com l’*Environmental Protection Agency* (EPA), com per organitzacions ecològiques (com els “verds” europeus) entre les quals cal comptar en primer lloc la fundada per Ralph Nader, un veritable apòstol del moviment contra els excessos del consum, una mena de Savonarola del partit ecologista, que des de fa molts anys fustiga els mals de l’allau tecnològica. A més, cal citar el *Sierra Club*, el *Natural Resources Defense Council*, la *Common Cause*, entre els conjunts de societats i clubs ecologistes més destacats. Més significatiu i de major pes ha estat el fet que en anys recents, la majoria de les grans corporacions s’han ajuntat a aquesta tendència proposant el reciclatge com a l’únic mitjà d’aturar l’exhauriment de recursos i d’evitar l’ofegament causat per la multiplicació de residus. Així s’ha format un consorci de les majors indústries, entre les quals figuren les proveïdores d’energia (Amoco, Chevron, Exxon, Mobil, Occidental), les de productes químics, (Union Carbide, Dow, Eastman Kodak, Du Pont, Hoechst, Celanese, ARCO, Goodrich

BASF), de paper i envasos (Scott, American Can), de detergents (Procter-Gamble) que constitueixen *The Council for Solid Waste Solutions*, que representen més d'un milió d'empleats i "que tracten de respondre al repte que representa l'allau de residus sòlids".

L'ORIGEN I DISTRIBUCIÓ DELS RESIDUS

Quant a la producció i diferents tipus de residus als EUA, figuren en primer lloc els procedents de la mineria: els de les mines de coure són els primers, seguits pels del carbó i dels fosfats. El total dels residus és de 2.200 milions de tones anuals, cosa que representa una acumulació en els últims 10 anys de més de 22.000 milions de tones. D'aquests residus els més perillosos són els d'urani (160 milions de tones anuals) i els de major potencial per a recuperació posterior amb noves metodologies són els residus de les mines d'or, 15 milions de tones anuals. Els residus de les mines de carbó són els que més augmenten proporcionalment a causa del major ús, tant substituint el petroli per a evitar una crisi d'energia com per la campanya contra les centrals nuclears, de les quals, des dels accidents de Three Mile Island i Txernòbil, hom ha aturat la construcció de noves instal·lacions i prohibit de projectar-ne de noves.

La segona font de residus pel que fa al volum de producció és la dels produïts per l'agricultura i la ramaderia. Des de la Segona Guerra Mundial, per la major mecanització de l'agricultura i l'increment en l'ús de fertilitzants i pesticides, s'ha produït un augment en la producció d'aliments i llur abaratiment. Amb tot això, s'ha malmés l'equilibri ecològic, amb un augment considerable de deixalles, que el 1982 arribava a uns 700 milions de tones. Avui dia, als EUA, uns 5 milions d'agricultors abasten les necessitats alimentàries de prop de 250 milions d'habitants, i a més hi ha un gran sobrant que s'exporta. El bestiar aquí (uns 60 milions de caps) produeix una gran proporció dels residus (més de 200 milions de tones anuals) de contingut elevat en nitrogen i fòsfor, que ocasiona la consegüent pol·lució d'aigües subterrànies, rius i llacs. A aquesta contaminació s'ajunta la presència en aquests productes metabòlics (orines, matèries fecals) d'una certa proporció d'antibiòtics que hom empra per a augmentar el rendiment en carn. A aquests productes d'origen animal s'ajunten els residus de collites, entre les quals destaca la palla, les corfes de blat de moro, la bagassa de la canyamel, etc. En el cas de les corfes del blat de moro cal indicar que, des de fa molt de temps s'han anat utilitzant per a extraure'n furfural; tota una química especialitzada es va desenvolupar als EUA a partir d'aquest material. La palla ha trobat un nou ús com a substitut de l'asbest, barrejant-la amb guix per a diverses aplicacions en la construcció. De la indústria forestal s'han aprofitat tota mena de deixalles, serradures, etc. per a preparar contraplacats.

Quant las residus produïts pel consum als EUA, es distribueixen així: (en pes) un 35% són paper i cartró; un 30%, fusta; un 9%, metalls; el vidre és un 8%; els plàstics, un 10%; la resta, deixalles de menjar, i diversos (cautxú, textils, deixalles de jardineria). Encara que els plàstics tan sols constitueixen un 10% del total dels residus, ocupen el 30% del volum i, a més, no són biodegradables i llur obtenció és costosa, procedint del petroli; d'aquí que s'hagi fet un esforç i atenció particular al reciclatge d'aquests materials.

A més dels residus líquids procedents del metabolisme animal, cal afegir-hi els procedents de la indústria que causen la contaminació de rius, llacs i oceans; a ells s'adreça als EUA el programa federal d'ajut financer, el *Superfund*. Cal considerar així mateix els residus "invisibles", els gasosos que constitueixen la font de pol·lució atmosfèrica; d'ells el més quantios és el diòxid de carboni procedent de la combustió (la majoria, dels motors de combustió interna, als quals s'atribueix el 60% de l'emès i que són el major contribuent a l'efecte d'hivernacle). El gas carbònic, tan sols pot ésser reciclat per la funció clorofil·lica, absorbint l'excident, fins a un cert límit, les aigües dels oceans. Altres fonts de residus invisibles el constitueixen el monòxid de carboni i l'anhídrid sulfurós, tots dos, productes de la tecnologia; altres contaminants són els tan debatuts cloroforo derivats de carboni als quals hom atribueix la disminució de la capa d'ozó en l'estratosfera. En aquests casos, per la impossibilitat d'un reciclatge, l'única solució és la disminució del consum o la substitució per altres compostos menys danyosos.

DEPOSICIÓ I RECICLATGE DELS RESIDUS

El terme "residu" és definit al Diccionari Fabra en la primera accepció com "allò que resta d'un tot després de sostreure'n una o més parts" i en una tercera accepció: "en una operació química, allò que s'obté al mateix temps que el producte principal (p.e., coc a partir del carbó)". El terme anglès *waste* conté un significat més ample (hi ha un grapat d'accepcions a l'*Oxford Dictionary*); essencialment aquest terme considera el concepte de residu juntament amb el de malgastament, disbauxa, etc. i per implicació amb tota mena de deixalles i escombraries. En aquest ample sentit del concepte de residu hom comprèn el calor no usat, els gasos emesos per la combustió, i també les partícules tant de combustió com de processos industrials, les substàncies dissoltes en desaigües industrials etc. Aquest concepte també té en compte el sòl que es perd per l'erosió, les escòries de la metal·lúrgia i les escorrials de mineria (*tails*). Com a xifres indicant la quantitat de residus als EUA hom pot citar: (1982):

Pèrdua de sòl per erosió	4.000 milions de tones/any
Deixalles de mineria	2.200 " " "

Residus agrícoles	700 milions de tones/any
Enderrocs d'urbanització	180 " " "
Escombraries industrials	180 " " "

Això forma un total d'uns 7.300 milions de tones anuals de residus que corresponen a un país on el 50% de la superfície total d'uns 8 milions de km² es dediquen a l'agricultura, 30% són boscos, 5% parcs nacionals i 0,02% llocs per a dipositar residus. Aquests residus formen el que s'anomena *landfills*, clots grans on es dipositen les deixalles de tota mena, que es cobreixen amb terra i/o ciment així es tracta de conservar espai. Aquest sistema de dipositar residus sol xocar sovint amb l'oposició de les comunitats veïnes, pel fet que freqüentment es produeixen desprendiments de gasos tòxics dels residus enterrats. Així i per raons del cost dels terrenys emprats es comprèn que han d'ésser a llocs amb un subsòl impermeable per a evitar la contaminació de les aigües subterrànies, i que es tendeixi al reciclatge, a la incineració prèvia o a la transformació biològica de les deixalles. Molts dels *landfills* han hagut d'ésser tancats perquè no complien aquestes normes preconitzades per l'EPA. Amb tot això, i malgrat que els esforços tant de les autoritats com de la indústria per a reciclar, solament s'aconsegueix de recuperar un 15% dels residus sòlids, en contrast amb el Japó, on s'arriba al 50%; és clar que aquest país no es pot permetre de tenir *landfills*, per la seva gran densitat de població. Als EUA, amb la intensificació de les campanyes ecologistes i disposicions i incentius tant de la indústria com de l'administració, si ha projectat d'arribar a un 25% de reciclatge de residus sòlids per a l'any ("màgic") 1992. Així s'espera dels esforços combinats dels idealistes ecologistes, els "verds", i dels pragmàtics de l'EPA.

Es concep el reciclatge com comprenent els estadis següents:

- 1) Recol·lecció dels materials.
- 2) Classificació dels diversos tipus (paper, vidre, plàstics, etc.)
- 3) Conversió del residu utilitzable així separat per diferents manipulacions en els respectius productes originals.
- 4) Distribució final del material reciclat per a usar-lo "una vegada més".

La recol·lecció de materials es fa bé al nivell domèstic o bé per centres de reciclatge. Hi ha organitzacions voluntàries, com els *Boy Scouts*, que es dediquen sovint a aquesta tasca. En molts estats de la Unió hi ha lleis per al reciclatge de tota mena d'envasos, per bé que en altres encara impera l'antiga disbaixa de no tornarles per reciclar-les. Els estats que tenen aquesta legislació imposen un sobrepreu dels envasos, que és reemborsat en tornar-los als establiments. En algunes grans ciutats com ara Nova York, la recollida d'envasos constitueix l'única font d'ingressos per a certs grups com ara la gent desposseïda de sostre on viure. El reciclatge ha passat d'ésser una empresa voluntària a convertir-se en obligatòria. Representarà això un canvi profund

en l'habitual *leitmotiv* de llibertat per a malmetre i malgastar recursos, passant a la concepció que es condensa en l'eslògan de *less is best*.

La consecució d'un reciclatge eficient s'obté per la integració dels quatre estadis del procés: recollecció, distribució, transformació i col·locació del producte per al consum. Si es posa un cert èmfasi en la recuperació de plàstics no és tan sols per les raons d'economia, d'evitar el volum que ocupa, i perquè són refractaris a la biodegradació, sinó per la novetat d'experimentar un nou tipus de procés de reciclatge, ja que el d'altres materials (paper, vidre, metalls, etc.) és ben conegut. A més, com que hi ha la tendència a l'ús cada vegada més extens de l'envàs i empaquetament amb plàstic, és d'interès prioritari tractar d'afrontar el problema abans que empitjori. Ha estat precisament la gran difusió dels envasos de tereftalat de polietilè i el polietilè d'elevada densitat per a tota mena de begudes gasoses, olis, detergents, llet, suc de fruita, etc., la qual cosa ha originat l'atenció a aquest problema. Això mateix es pot aplicar a l'espuma de poliestirè i similars de gran difusió en l'ús per a envasos i empaquetament. El total de recuperació pel mètode desenvolupat per les companyies Mobil i Amoco, consisteix en la recollecció dels objectes de plàstic en una cinta transportadora que passa per un tambor rotatori que separa les partícules de petita grandària, com àra restes de menjar. D'aquí passa contínuament a un classificador basat en un corrent d'aire que separa els objectes lleugers, de paper i d'espuma, dels envasos més pesants; el paper es converteix en polpa que se separa després de la immersió en aigua. El plàstic és trinxat en petits flocs, que són així matèria prima per a la reutilització.

L'interès de la indústria per al reciclatge en general i el dels plàstics en particular no és tan sols per economia ni per ecologia, és un motiu més aviat polític, de relacions públiques, en els quals les empreses volen millorar la imatge negativa que una bona part del públic sosté d'ésser els causants principals de la contaminació de l'ambient. Així, s'explica la formació de l'esmentat *Council for Solid Waste Solutions*, a la que s'ha ajuntat la d'altres independentment, com el programa *Plastics Again* de la companyia Mobil, propulsora de la recuperació del poliestirè. Aquestes organitzacions actuen com a fundacions independents de les indústries que les suporten i tenen la missió de facilitar capital i consell tècnic en el programa de reciclatge i d'educació del públic per a crear una consciència d'estalvi de recursos; a aquesta tasca s'adreça d'una forma especial la *National Association for Plastic Container Recovery* (NAPCR) que difon per les comunitats programes per la reciclatge. Fruits d'aquestes campanyes ha estat el fet que en un nombre creixent d'estats de la Unió es passi legislació en el sentit de procurar el reciclatge de les deixalles. Així han aparegut reportatges mostrant en aquesta aglomeració que és tan típica dels EUA, la suburbia, famílies dipositant les deixalles en bosses de diferent color, cadascuna amb residus diferents, paper, vidre, metalls i brossa. De major novetat és encara el disseny de l'ano-

menada *metabolic house*, un habitable que seria el *desideratum* de reciclatge, o sia l'esmentat *American dream*, posat a treballar a favor de la conservació i el reciclatge. A la figura 1 es mostra un esquema d'aquesta casa, on, començant per una caiguda de reciclatge (*chute*) a la cuina, va a un processador de la brossa (*mulch*), i d'aquí a un recollidor que el transfereix al camió municipal de les escombraries. Hi ha també al soterrani un processador per al paper/combustible, detergent biodegradable, i a la casa una *toilette* sense paper (sistema molt aristocràtic i modern i no massa ecològic). Per a major confort d'aquesta mansió de somni hi ha un transportador horitzontal i un altre de vertical, no massa ecològics tampoc, i finalment filtres de control de contaminació. No s'indica en l'article el cost de la instal·lació ni el consum d'energia que aquest disseny pressuposa.

ELS RESIDUS TÒXICS: PROBLEMES I SOLUCIONS. LES CASES ECOLÒGIQUES"

Un problema especial el posen els residus tòxics de la indústria; l'EPA amb la llei de conservació i de recuperació de recursos té cura de fer complir les normes encaminades a neutralització, destrucció i/o reciclatge per transformació dels residus tòxics. Amb aquesta finalitat ha estat instituit l'esmentat *Superfund*, al qual es destinen 10 mil milions de dòlars per als dos pròxims anys per a cobrir el cost de l'eliminació dels residus tòxics i que ha de ser sufragat per impostos sobre els productes químics que donen lloc a residus tòxics. L'any 1988, prop de 300 milions de tones de residus perillosos entraren dins les regulacions de les normes de l'EPA, de les quals un 5% corresponien a residus sòlids, i la resta a aigües residuals; i d'aquest total, el 99% era produït pel 2% de les 650.000 companyies que tracten en productes químics. Aquesta concentració en un nombre relativament reduït d'empreses responsables per a un control dels residus majorment líquids, facilita la tasca de l'eliminació dels residus tòxics que han de ser convertits en innocus abans de permetre'n la deposició en els clots d'escombraries (*landfills*) o ser injectats en pous profunds o llançats en alta mar. Contrariament als EUA, a Europa se solen eliminar residus per incineració; això és necessari per la gran concentració d'indústria química com ara a Suïssa i Alemanya; en tot cas les cendres dels residus són dipositades a les coves formades per les mines de sal exhaurides existents a Alemanya oriental (Stassfurt). En general, es troba a Europa una major laxitud en comparació amb les lleis i normes dels EUA sobre le maneig de residus, si bé en els últims temps s'ha fet notar l'impacte de certs grups ecologistes com ara els *Grüne*, els verds, que s'esforcen a poder influir sobre el control dels residus. Als EUA i malgrat els esforços, tant del sector privat com de l'administratiu, a disminuir la quantitat de residus, aquests van en augment: s'estima que ho fan en un 5% anual, que arribarà a uns 500 milions de tones l'any 2000 comparat amb uns 300 mi-

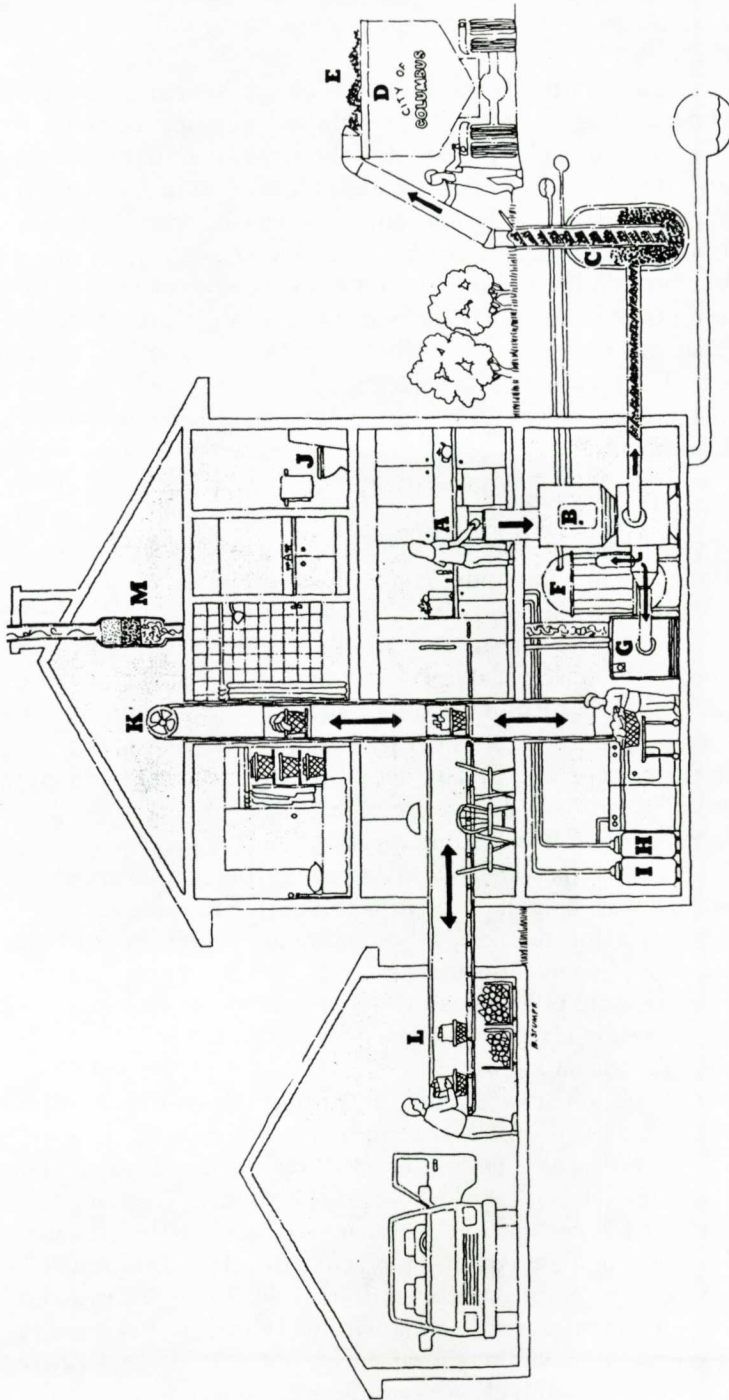


Fig. 1. Making Space for Trash: A new frontier of design.

A Key to the House:

- A. Recycling chute. B. Mulch processor. C. Mulch collector. D. Mulch pickup. E. Mulch. F. Paper/fuel processor tank. G. Furnace/boiler. H. Piped-in biodegradable detergent. I. Water recycling and distilling system. J. Paperless toilet. K. Vertical conveyor. L. Horizontal conveyor. M. Pollution control filters.

lions en l'actualitat, la qual cosa requerirà augmentar els *landfills* i els incineradors en un 100% en 10 anys.

Un cas especial de control de residus tòxics el representen aquells productes extremament perillosos i de gran estabilitat química, com ara les dioxines; és tal la magnitud del problema de l'eliminació d'aquest producte, com es va demostrar en l'accident a Seveso, que pel gran cost implicat moltes fàbriques n'han restringit la producció i àdhuc han deixat de produir-lo. Les empreses han tractat d'aconseguir que l'EPA considerés una modificació de les normes en el sentit d'establir diferents classes de toxicitat de major a menor, però el Congrés de Representants s'hi ha oposat; un producte és tòxic ono ho és, i gradacions en el seu perill és fora de tota discussió: "no es mor a mitges", ha estat la resposta de la legislatura.

El problema de la deposició i reciclatge es complica encara més quan es tracta de les deixalles radioactives bé de les centrals nuclears o bé de fàbriques d'armes nuclears. Diversos procediments han estat proposats per a l'emmagatzematge d'aquests residus, cap d'ells no totalment satisfactori, ja que tant per les característiques de la radiació, la seva potència de penetració, la llarga duració de les emissions, fins a milers d'anys de mitja vida, de decaïment, no es troben solucions acceptables. Els procediments de vitrificar les deixalles o tractar-les amb ceràmica, si bé semblen segurs a primera vista, amb el temps s'ha observat que la radiació es transmet als materials protectors. S'empren coves de mines abandonades a gran profunditat, però sempre hi cap la possibilitat de fuites per corrosió, com també si es procedeix a dipositar-les a gran profunditat a l'oceà. Més cap al futur i vorejant la ciència ficció, hom ha proposat de recollir les deixalles radioactives en contenidors, transportar-los amb llançadora espacial (*Shuttle*) i col·locar-los bé en òrbita o bé amb un coet llançar-lo cap a l'espai interplanetari o cap al Sol. Pel cost tan elevat de posar 1 kg en òrbita (uns 15.000 dòlars) aquesta solució per ara és prohibitiva. Amb tot això, si hom compara els residus entre les deixalles produïdes per l'energia nuclear i la tèrmica com es va exposar en la VI Trobada (Taula I), hom pot demostrar que, si bé l'eficiència de les centrals tèrmiques és superior a la de les nuclears, tanmateix la quantitat de deixalles és molt més elevada en les primeres.

Des del punt de vista històric, és obvi que ha estat la revolució industrial la causa primària de la producció de residus tòxics. El primer cas que hom descriu en la literatura és la de producció de carbonat sòdic emprat en la manufactura del sabó i del vidre pel mètode de Leblanc, a la meitat del segle XIX, consistent en la calcinació del clorur sòdic amb carbonat càlcic, operació que desprenia una gran quantitat d'àcid clorhídric, produint efectes tòxics en l'ambient que es reflectien en la destrucció de plantes i intoxicació del bestiar, la primera instància de pluja àcida en la història. Per a contrarestar aquest efecte nociu, es varen emprar purificadors (*scrubbers*) que recuperaven l'àcid clorhídric, amb el resultat que esdevenia el producte prin-

Taula I
COMPARACIÓ ENTRE CENTRAL NUCLEARS I TÈRMQUES
 (CAPACITAT GENERADORA: 1000 MWE*)

	NUCLEAR	TÈRMICA
ÚS DE TERRENY	5 hA	450 hA
CONSUM COMBUSTIBLE	1 TONA	3×10^9 TONES
DEIXALLES	1 TONA	2×10^8 TONES
EFICIÈNCIA	33%	40%

(*) Electricitat per a una ciutat d'un milió d'habitants (C.R. Richmond, Radiation Res., 73: 395, 1978)

cipal per les nombroses aplicacions i el carbonat sòdic es convertia en un derivat secundari. Un cas similar es va presentar també a la meitat del segle XIX amb la descoberta dels primers jaciments de petroli a Pennsylvania (l'Àrabia Saudita del segle passat), i el començament d'una nova era de fonts d'energia, els combustibles fòssils líquids, "l'or negre", el petroli. D'aquest, per destil·lació fraccionada s'obtenia com a producte en major proporció la fracció intermèdia, el querosè, que hom emprava per a làmpades i que fou la font inicial de riquesa dels magnats del petroli com ara els Rockefeller. La gasolina era la fracció més volàtil a la qual per la seva inflamabilitat i el perill d'incendi, hom no trobava cap ús i per tant en disposava cremant-la –que com de semblant al que hom fa ara en les refineries de petroli cremant els gasos residuals– com a subproducte sense cap utilització. La tercera fracció obtinguda a més alta temperatura era considerada el "coc del petroli" i contenia l'oli lubricant, ceres i el residu final, l'asfalt, tots ells utilitzables. Així que l'únic residu com a deixalla era la gasolina. Qui havia de preveure que aquest subproducte que es rebutjava, ocasionaria amb la introducció del motor d'explosió, una de les més grans i decisives innovacions de la revolució industrial. L'obtenció de la gasolina constitueix un dels exemples més espectaculars de la història de la recuperació de materials i el de la major transcendència, ja que la mobilitat de la civilització actual depèn del motor de combustió interna i del de reacció, l'època de la *car society* i del *jet set* i la conquesta de l'espai amb els *Sputniks* i els *Shuttles*. La lliçó d'aquest fet és senzillament que mai no es pot afirmar que un residu és inservible, ja que en el futur hom li pot trobar una utilització.

Com a subproducte de la destil·lació del petroli per a obtenir gasolina, es troba el sofre. Aquest element, en el petroli, fou un dels problemes amb

què es va haver d'afrontar la indústria petrolífera al segle passat als EUA, ja que el gran contingut de sofre al petroli cru el feia inadequat per al seu ús en làmpades (ja que aquest era l'ús primari, com ja hem indicat, del querosè separat per destil·lació). La introducció del mètode de purificació de Frasch al final del segle XIX va resoldre aquest problema, però en va crear d'altres, per exemple, com disposar del sofre obtingut com a subproducte; i encara més inconvenient fou que el mètode emprà purificadors amb òxids metàl·lics que s'combiaven amb el sofre i que s'han de calcinar per a recuperar-los amb la consegüent pol·lució. Per a obviar a aquest inconvenient, es varen desenvolupar uns nous tipus de purificadors amb la capacitat d'aïllar el sofre elemental que s'ha anat produint en grans quantitats (el 1970, la producció mundial per aquest mètode arribà a 12 milions de tones: en comparació, la producció de sofre a partir de mines era, el mateix any, de 16 milions de tones. Així es trobaven les indústries petrolíferes amb una gran quantitat de subproducte que era emmagatzemat i en part era llançat al mar. Recentment hom ha pensat d'utilitzar el sofre com a material de construcció, com a ciment. Així han estat construïdes als EUA les anomenades "cases de 500 dòlars" tot utilitzant pots d'alumini o de llauna recuperats i lligats amb sofre fos que serveix com a argamassa. Això mateix ha estat fet amb un altre material tan abundant com pneumàtics usats de cotxes, amb els quals es formen parets de "cases ecològiques".

L'empresa Reynolds, que és una gran fabricant d'alumini, ha estat la pionera en el reciclatge d'aquest metall en els centres esmentats, i atreu el públic que constantment acudeix a aquests centres amb els eslògans: *recycling pays* i *treasury hunt game*. Aquesta empresa, amb l'afany de tenir bones relacions públiques i alhora de fer utilitzar alumini i altres materials reciclats, ha dissenyat la *Reynolds house*, un model de reciclatge integral, on tots els materials emprats, dels fonaments a la teulada, són reciclats o procedents de residus industrials. Així s'hi troben, a part de l'alumini reciclat a partir dels envasos recuperats, vidre a partir de botelles, ciment i sofre de residus industrials, paper i asfalt per a la teulada, pis de vinil recuperat, el camí d'entrada fet de vidre i porcions de pneumàtics usats, la fusta de residus forestals formant contraplacats, les moquetes de niló recuperat, la gespa feticitzada amb brossa processada, etc. Un model similar ha estat dissenyat al Canadà amb el nom d'*Ecol house*. Caldrà veure en el futur si aquests habitacles són rendibles i estables. De tota manera marquen un camí per a la major utilització de residus que ha de servir de norma per a l'esdevenidor.

COMENTARIS CONCLUSIUS

El fons del problema dels residus no és altre sinó la interacció entre les forces de l'economia de consum i les del possible reciclatge per a la reutilit-

zació, tot això davant la constant històrica del que sembla que és un progrés tecnològic il·limitat i en ritme creixent. Vivim en un Vaixell-Terra (*Starship Earth*) que hom considera, segons el concepte de la *Gaia*, un organisme global orgànic i viu i que com a tal requereix un equilibri entre les diverses funcions biològiques. És, a més, com a organisme viu, aïllat i surant per l'infinit de l'espai, al maig d'un Sistema Solar on no sembla que es trobi vida (estem sols a l'univers?), un cos fràgil, dependent del metabolisme planetari, limitat de recursos i potser no dotat d'immortalitat. Tenint en compte aquesta limitació i unicitat de l'organisme Vaixell-Terra, ha estat concebut per ments visionàries el "reciclatge" de la població humana per a afrontar el problema amenaçant de la superpoblació, transportant-la a altres planetes o formant colònies espacials autònomes. Més agosarada encara ha estat la proposta del més gran reciclatge, com seria el de convertir el present Sol mitjançant un potent sincrotó, d'un estel comés de la classe corresponent als de vida curta (8 mil milions d'anys) a un de major longevitat, permetent així una major evolució tant humana com tecnològica a la Terra. Dins els mateixos somnis, han suggerit el reciclatge i conversió per desmantellament dels combustibles d'aquells planetes i satèl·lits (Júpiter, Saturn), etc. rics en combustibles (hidrogen, metà). Tot ciència-ficció, si es vol; però, no és la ciència-ficció d'ahir, la tecnologia d'avui?

No és tot, però, tan rosat com sembla a primera vista, ja que el progrés tecnològic comporta un pagament costós i possiblement un dany irreversible. Hem vist com, p.e., d'un producte de reciclatge, la gasolina, encara que el seu ús per al motors de combustió interna semblava una nova forma d'energia eficient, hom va voler augmentar-ne el rendiment addicionant-hi compostos com el tetraetil plom amb la qual cosa aconseguia una major eficiència i un gran estalvi de combustible. Va semblar això una gran innovació i millora fins que es va determinar que l'ambient s'anava contaminant amb nivells perillosos d'una substància tòxica com és el plom, recordant a aquest respecte que, segons una hipòtesi, la decadència i posterior caiguda de l'imperi romà fou causada per la innovació tecnològica d'emprar plom per a les canonades d'aigua i per al glaçat de vaixelles, comparant-lo així, amb la present situació. Si bé el plom és ara en vies d'eliminació en la gasolina arreu del món, tanmateix roman la gasolina, que com a combustible d'automòbils genera el 60% del gas carbònic emès a l'atmosfera i al qual s'atribueix l'efecte d'hivernacle.

Com a conclusió, la qüestió del control i reutilització dels recursos naturals ha de tenir en compte els dos vessants següents: els primer la realitat de la limitació de materials i per tant la necessitat imperiosa de llur recuperació, i segon, la necessitat de controlar els residus "invisibles" com ara la pol·lució atmosfèrica i de les aigües i sòls, no únicament per productes químics, sinó també per radioactius. Els efectes climàtics, genètics i carcinogènics que pot produir la creixent contaminació són motiu de preocupació. El

control de la tecnologia i la consecució d'un equilibri de consum i el respecte a la natura és d'urgent necessitat; cal esperar que l'home amb la seva intel·ligència sabrà afrontar aquest repte i respondre-hi.

BIBLIOGRAFIA

1. BRIDGWATER, A.V. (1979). "Waste recycling and pollution control Handbook". Nova York.
2. BROWN, M. (1980). "Laying waste: the poisoning of America with toxic chemicals". Nova York.
3. DEERHAKE M. i KINGSBURY, G. (1984). "Waste analysis plan: a guidance manual" Environmental Protection Agency. Washington.
4. GIEDION, S. (1948). "Mechanization takes command". Oxford.
5. GINER-SOROLLA, A. (1986). "Contaminació carcinogènica i potencial de prevenció" (Contribució a la IV Trobada sobre la recerca experimental en Física i Química a Prada, 1985), Bull. Soc. Cat. Cièn. VII, 393.
6. HANSON, D.J. (1989). "Hazardous waste management" Chem. Eng. News July 31, p. 9.
7. PACKARD, V. (1960). "The waste makers". Nova York.
8. PAWLEY, M. (1982). "Building for tomorrow: putting waste to work", Sierra Club, San Francisco.