

# CIÈNCIA

ANY I

NUM. 11

REVISTA CATALANA  
DE  
CIÈNCIA I TECNOLOGIA

DESEMBRE

DE 1926

## EL CAUTXÚ I LA SEVA INDÚSTRIA

Amb aquest número de CIÈNCIA iniciem una sèrie d'extraordinaris que tenim en projecte, amb els quals aspirem a posar de manifest als nostres lectors l'estat actual del descabellament de les grans indústries que més han arrelat a Catalunya, a l'ensems que resumir les idees que han fet possible l'arribar al respectiu perfeccionament tècnic. Aquest esperit nostre que ens mena a una exposició fixant-nos en la nostra Terra, Catalunya endins, no ens privarà pas de portar a les planes de CIÈNCIA, agermanat amb aquest cop d'ull a la indústria catalana, el reflex del grau de perfeccionament que en el ram tractat ha estat assolit en altres països.

Hem escollit en primer terme d'aquesta projectada sèrie la indústria del cautxú, pel fet que es tracta d'un producte en ple desenvolupament tècnic i científic sobre el qual res o gairebé res no ha estat publicat en català i, per altra banda, perquè la indústria del cautxú, iniciada a Catalunya fa una cinquantena d'anys, és mereixedora d'una especial atenció per les seves amples possibilitats de creixement i perquè, situada en diversos aspectes al nivell de les existents fora de la península, en molts d'altres no ha agafat encara l'embranchida que els mercats capaços d'absorbir la seva producció fan desitjar.

Afegim a això l'interès que des del punt de vista científic presenta l'estudi químic i físic del cautxú, la seva vastíssima utilització en innombrables aplicacions i la fortament interessant qüestió del cautxú sintètic, tan prometedora, i quedarà a bastament justificada la preferència nostra devés aquesta important matèria prima.

El treball que inserim a continuació el teníem preparat per publicar-lo separatament; l'avinentosa, però, d'aquest número especial ens autoritza a donar-lo d'una sola vegada, tot i la seva extensió, amb l'objecte de què l'extraordinari de CIÈNCIA dedicat al cautxú sigui una síntesi, el més completa possible, de l'estat actual de la seva indústria. En el nostre article és tractada la qüestió des d'un punt de vista general; en fer-ho hem establert la següent divisió:

- I. Cop d'ull retrospectiu
- II. Els arbres productors de cautxú. La sagnia
- III. La coagulació
- IV. Les plantacions de cautxú
- V. El cautxú des del punt de vista físic i químic
- VI. Del cautxú brut al cautxú manufacturat.
- VII. El cautxú sintètic

Bons amics, tècnics caracteritzats en la manufacturació del cautxú, tractaran ací aspectes particulars de la seva indústria. A ells es deurà, principalment, que l'exposició general feta per nosaltres tingui l'interessant complement que és veure'n aplicades les idees a l'obteniment d'articles dels quals esguardem a diari l'extensa utilització.

## I

## COP D'ULL RETROSPECTIU

QUAN arran del descobriment d'Amèrica per Colomb els narradors que l'acompanyaren feren el reportatge del viatge i de la gesta realitzada, esmentaren entre les coses que els cridaren l'atenció i que, com a curiositat, creien dignes d'esment, l'existència de pilotes i demés objectes usuals, confeccionats amb un suc blanc, espès i viscós que en solidificar-se prenia consistència elàstica. Aquestes notícies són les primeres que arribaren a Europa d'aquest producte, del qual dos segles més tard LA CONDAMINE assenyala la denominació indígena *Cahut-Chou*, i que avui, en una constant progressió, es veu emprat en una gamma tan immensa d'aplicacions que ha passat a constituir un dels productes naturals amb els quals més ha de comptar l'economia dels països independents.

Per l'extensió que han de tenir aquestes notes, l'objecte de les quals no és altre que donar a conèixer el desenrotllament actual de la indústria del cautxú, (per als tècnics d'aquesta indústria no seran res més que una recopilació de fets que ells coneixen de sobres), no podem pas estendre'ns en aquest cop d'ull retrospectiu. Cal, però, assenyalar uns noms que fóra impropï de no esmentar. Són els de LA CONDAMINE, savi francès, qui publicà en 1745, en el seu llibre de viatges a través de l'Amèrica del Centre, les primeres informacions científiques exactes sobre el cautxú; els de GOODYEAR, americà, i HANCOCK, anglès, que en

1839 i 1844, respectivament, descobriren la vulcanització del cautxú i feren possible, per tant, la seva aplicació industrial<sup>1</sup>.

Sintetitzant, doncs, direm que correspon als exploradors espanyols la primícia de la narració anecdòtica; als savis francesos, LA CONDAMINE en primer terme, l'estudi científic i als anglesos i americans l'estudi industrial.

La descoberta de la vulcanització, en fer viable la gran indústria moderna del cautxú, fou l'inici d'estudis aprofundits sobre aquesta matèria. Un estol d'homes il·lustres s'hi llençaren guiats pel desig de posar en clar la seva constitució química, les seves propietats químiques i físiques, el procés íntim de la seva formació en l'arbre i de la seva coagulació... En aquesta tasca l'enumeració dels noms fóra molt llarga. En primer terme, mereixen d'ésser esmentats ALEXANDER, BAEYER, BARY, BEADLE, BREUIL, W. A. CASPARI, R. DITMAR, A. DUBOSC, HARRIES, V. HENRY, HENRIQUES, F. W. HINRICHSSEN, OSTROMYSLENSKI, J. S. PEACHEY, P. SCHIDROWITZ, D. SPENCE, P. STEVENS, D. F. TWISS, O. DE VRIES, C. O. WEBER...

És gràcies a aquesta plèiade d'estudiosos que aquelles propietats i característiques del cautxú ens són avui, si no conegudes totalment, quan menys en una extensió prou considerable per permetre el racional tractament d'aquesta matèria prima, que ha vingut a jugar un paper important en l'economia dels Estats.

## II

## ELS ARBRES PRODUCTORS DE CAUTXÚ. - LA SAGNIA

El cautxú és el producte provinent de la coagulació del suc lletós que s'escola, per mitjà d'incisions, de diverses espècies vegetals tropicals i subtropicals, que exigeixen per prosperar terra humida i una temperatura de

30-40° C. D'ací que les plantes productores de

<sup>1</sup> Malgrat la diferència de dates la vulcanització del cautxú fou descoberta independentment per GOODYEAR i HANCOCK. En quant a la prioritat, aquest darrer, en 1857, en *Personal Narrative of the Origin and Progress*, reconegué que pertanyia a GOODYEAR.

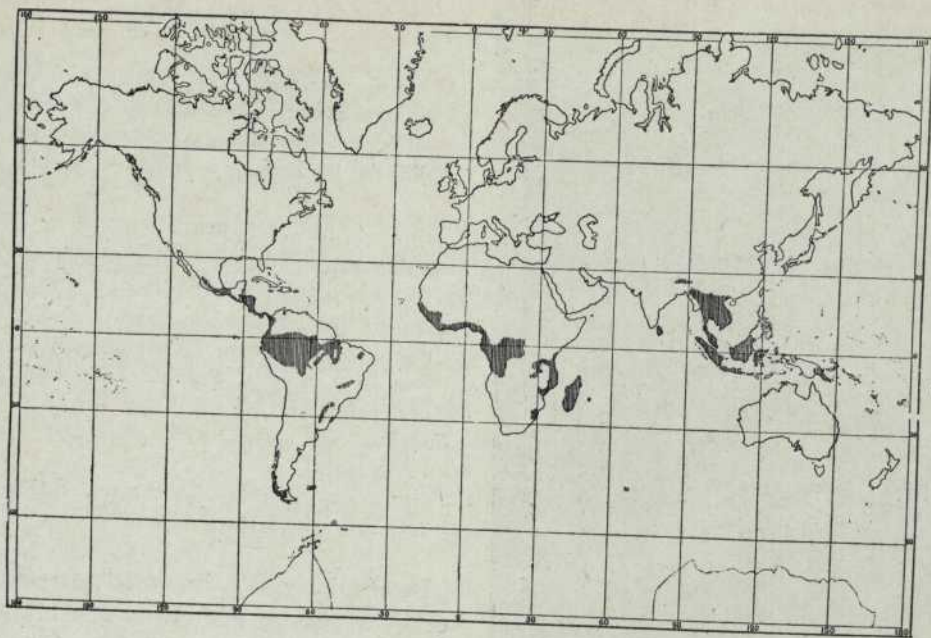


Fig. 1  
 Repartiment de la producció de cautxú. La part ratllada indica els països on l'explotació és industrialment desenvolupada

cautxú es trobin, principalment, en la faixa compresa entre els 30° Nord i Sud de l'equador, al Centre i Sud-Amèrica, Africa, Arxipèlag malai, Índia i Austràlia septentrional. Altres llocs podrien esmentar-se; però ens referim ací solament als susceptibles d'explotació industrial<sup>2</sup>.

Donem a continuació una relació de les principals plantes productores de cautxú, amb indicació de la família a la qual pertanyen i llur lloc de creixement.

I. Euforbiàcies

*Hevea brasiliensis* Müll. Arg., al Sud de l'Amazones.

*Hevea sp. (Itauba)* Ub., a la regió superior de l'Amazones, Perú i planells dels Andes.

*Hevea discolor* Müll. Arg., sobre les ri-

bes dels afluents esquerres de l'Amazones.

*Manihot Glaziovii* Müll. Arg., al Nord del Brasil.

*Sapium verum* Hemsl., a l'Oest de l'Equador i Sud de Colòmbia.

*Sapium Tapura* Ub., a la regió Sud de l'Amazones.

*Euphorbia Intisy* Dr. de Cast., al Sud de Madagascar.

II. Apocinàcies

*Hancornia speciosa* Müll. Arg., a l'Oest i Sud-est del Brasil.

*Landolphia Heudelotti* D. C.

*Landolphia Kirkii* Dyer.

*Landolphia Thollonii* Dew.

*Landolphia Droogmansiana* de Wild.

*Landolphia Gentilii* de Wild.

*Landolphia Klanei* Pierre.

*Landolphia owariensis* Pal. Beauv.

*Carpodinus chylorrhiza* R. Sehun, a Angola.

*Clitandra Arnoldiana* de Wild., al Congo.

*Kikckxia elastica* Preuss, a la Costa d'Or i Congo septentrional.

*Willughbeia firma* Blume, al Sud de Malaca i illes de l'Arxipèlag malai.

*Parameria glandulifera* Benth, al Sud-est d'Asia.

Africa Central i Madagascar

<sup>2</sup> Diversos autors han notat la presència de quantitats apreciables de cautxú en algunes espècies europees. Així SCHILLER (*Gummi Zeitung*, 30, p. 499, 1916 i *Chemiker Zeitung*, 41, p. 156, 1917) trobà en les plantes pertanyents a la família de les *compositae (Lactuca)* que viuen sobre la vall del Danubi i a la regió de Dresde, que el 19% del total de les matèries que d'elles pot extreure's, és format per cautxú.



### III. *Asclepiadàcies*

*Marsdenia verrucosa* Dcy. i *Cryptostegia madagascariensis* Boj. i altres d'importància secundària, a Madagascar, Illa de la Reunió i Indies Orientals.

### IV. *Moràcies*

denominades també *Artocorpàcies*

*Castilloa elastica* Cerv. a partir del Sud de Mèxic per tota l'Amèrica Central, oest de Colòmbia, oest de l'Equador i oest del Perú.

*Castilloa Ulei* Warb, a la regió sud de l'Amazones.

*Ficus elastica* Roxbg., a Assam, Sumatra, Burmah, Malaca i Java.

Demés dels que li han estat assignats, el sòl africà forneix altres vegetals secretors: arbustos com les *lianes* i altres plantes herbàcies diverses.

De totes les famílies que anteriorment hem relacionat, la que proporciona millors productes és la de les *Euforbiàcies*, puix que a ella pertany l'*Hevea brasiliensis*, productor del conegut tipus de cautxú *Parà*, nom que ha esdevingut genèric dins del comerç per significar

Fig. 2 i 3  
Exemplars d'*Hevea brasiliensis*, productors de cautxú *Parà*



les més bones qualitats; aquesta espècie és la que ha proporcionat també els plançons per a les plantacions industrials.

Les plantes detallades contenen el cautxú en forma d'un suc lletós anomenat *làtex*, que circula pels vasos lactífers que es troben principalment en l'escorça i la medulla, gairebé no mai en la fusta. En les *lianes* el làtex és trobat ja en les tiges aèries, com en els grans arbres, ja en les arrels; en canvi les espècies herbàcies sols ofereixen llur part soterrada rica en goma.

L'extracció del làtex es porta a terme per mitjà de sagnia. Aquesta té diverses formes, segons sigui el país i l'espècie vegetal tractada. La sagnia pot afectar les formes que són il·lustrades a la fig. 7; el làtex que s'escola de l'entalla, la qual és practicada amb eines especials i de guisa que no afecti la vida de l'arbre, és recollit en petits recipients apropiats que són posats al peu de cada entalla quan aquesta és feta en forma de V i al peu de l'arbre quan

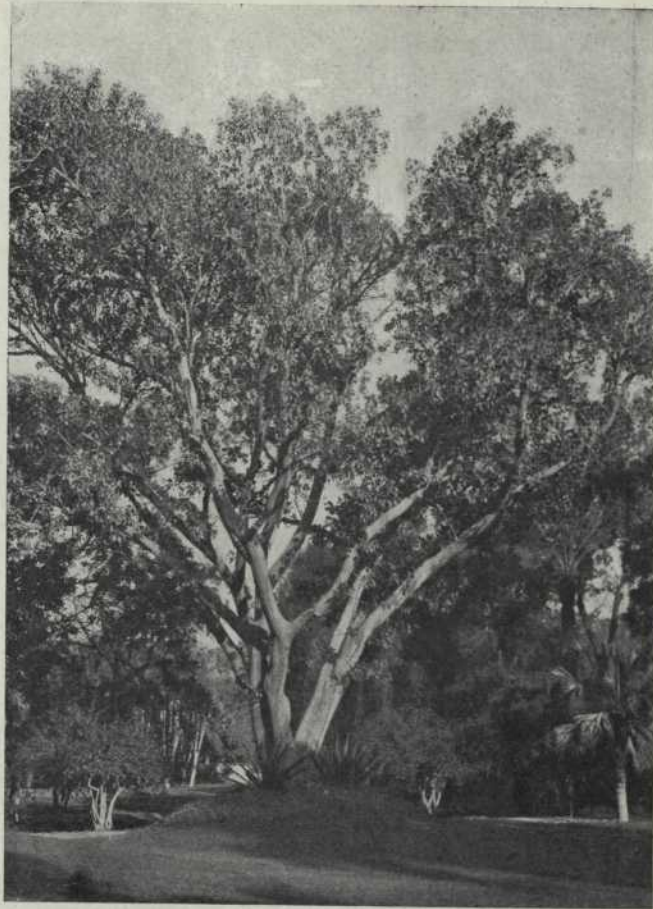


Fig. 4  
*Ficus Erybotryoides* del Jardí Botànic del Caire



Fig. 5  
Un exemplar de *Ficus Japonica* del Jardí Botànic del Japó



Fig. 6  
Seringueiro practicant una incisió en un arbre de cautxú

la incisió és en forma d'espiral o d'espina. El suc d'aquests recipients és traslladat a altres dipòsits de més cabuda i pot ja procedir-se a

la seva coagulació. Hem indicat ací el procediment racional d'extracció del làtex i el que és seguit en totes les explotacions industrials. Cal tenir en compte que en determinades regions productores, en les quals l'extracció no és regularitzada en visites al pervenir del rendiment i on l'interès de l'indígena no és subjecte a cap fre, es fa encara la recollecció tallant l'arbre. Així, és cert, el rendiment immediat és superior—el total que l'arbre pot furnir en aquell moment—; però la producció és d'aquesta guisa definitivament estroncada. Aquest sistema, degut a la contínua progressió de les companyies explotadores en les regions cautxutíferes i a la tasca d'ensenyament realitzada prop de l'indígena, el qual en molts indrets ha arribat a comprendre el seu real interès, va essent substituït pel de la sagnia anteriorment descrit, amb el qual, en respectar la vida de l'arbre i tenir una gran cura en el seu creixement i conservació, aquest dona periòdicament un bon rendiment. L'abatiment avui és solament recomanat per a les lianes i algunes poques espècies; però respectant les arrels per tal d'assegurar la reproducció de la planta.

### III

#### LA COAGULACIÓ

El làtex obtingut en la forma fins ací descrita, és un líquid blanc o groguenc i espès. No és pas format per cautxú sol; al contrari, les proporcions d'aquest element en la seva composició varien entre límits bastant apartats. Els altres constituents són aigua, resines, matèries gomoses i albuminoides, sucres i substàncies minerals. Veus ací la composició de dos làtexs diferents:

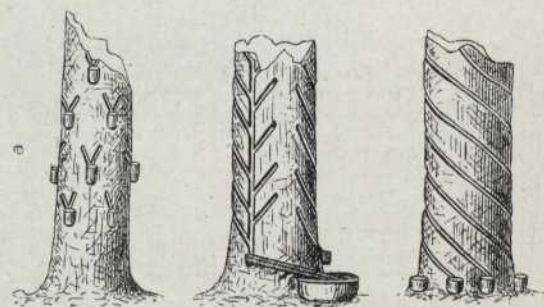


Fig. 7.—Maneres diverses de practicar la incisió sobre el tronc dels arbres productors de cautxú

	<i>Hevea brasiliensis</i> segons (Faraday):	<i>Hevea</i> plantació de Tonkin segons (Vernet)
Cautxú ... ..	31,70	37,91
Resines ... ..	7,13	0,62
Albuminoides i substàncies nitrogenades	1,90	2,30
Sucres ... ..	2,90	1,43
Aigua ... ..	56,37	54,38
Substàncies minerals		3,35



Fig. 9 Extracció del làtex d'un exemplar d'*Hevea madagascariensis*.

Aquests elements es troben a l'estat d'emulsió estable <sup>3</sup>. Atès que les emulsions són estabilitzades per la presència de col·loides emulsoides i tenint en compte que, en el cas del làtex, l'agent estabilitzant són les proteïnes, les quals, en embolcallar els grànuls de cautxú que estan en suspensió, eviten llur coalescència <sup>4</sup>, és evident que tot cos que pugui provocar la coagulació d'aquestes proteïnes, destruint l'emolcall protector dels grànuls de cautxú, originarà, a l'ensem, la precipitació d'aquests grànuls. Aquest estat del cautxú en el làtex el confirma l'examen microscòpic, el

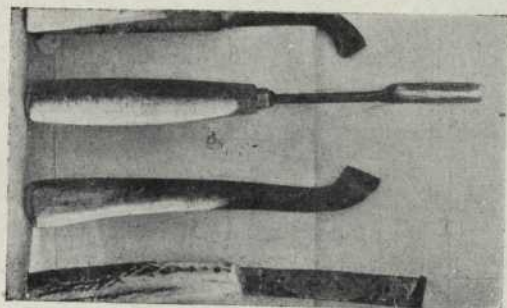


Fig. 8 Eines per sagnar els arbres

<sup>3</sup> Hom entén per emulsió una barreja de dos líquids insolubles l'un en l'altre i en la qual un dels dos líquids forma el *medi de suspensió* o *fase externa*, mentre que l'altre, reduït a l'estat de grànuls finíssims forma el *cos dispersat* o la *fase interna*. Una emulsió estable és aquella en què les dues fases no es separen per elles mateixes, mentre que la *inestable* és el cas invers.

<sup>4</sup> *Coagulació* i *coalescència* són dos termes que expressen idees diverses. La *coalescència* és la propietat per la qual la *coagulació* té lloc; és a dir que la unió dels grànuls de cautxú per coalescència no és un cas de coagulació. WEBER establí entre els dos estats la mateixa diferenciació que entre el fromatge i la mantega.

qual deixa veure els grànuls de goma a l'estat de petites partícules, aparentment esfèriques, en suspensió dins el sèrum aquós i afectades de moviments brownians (fig. 24). Aquestes partícules, segons les determinacions de W. HENRY, SPENCE i FICKENDEY, oscil·len, segons la procedència del làtex i edat de l'arbre productor, entre 0,5 $\mu$  i 4 $\mu$ , (generalment, 2 $\mu$  a 3 $\mu$ )<sup>5</sup>.

Tenim, doncs, amb això, una noció somera del mecanisme de la coagulació. Mitjançant aquesta operació els grànuls de la goma són isolats i precipitats en forma de coagul. El producte així obtingut no és tampoc el cautxú a l'estat pur, per tal com les matèries estranyes no han estat del tot eliminades; el cautxú, en la seva precipitació, ha englobat

<sup>5</sup> 1 = 1/1000 de mm.

Làmina fig. 11

Les plantes de cautxú

- I. *Kickxia elastica*. (Flor, branca florida, llevor, llevor amb plomall i fruit).
- II. *Hancornia speciosa*. (Branca i fruit).
- III. *Willughbeia coriacea*. (Branca i flor).
- IV. *Sapium verum*. (Llevor en secció long., branca, llevor en secció transversal i fruit).
- V. *Ficus elastica* (Branca, secció longitudinal d'un receptacle, flor femenina i flor masculina).

una proporció variable de resines, albúmines i aigua.

És en la coagulació on comença a notar-se la influència considerable dels factors físics i químics que regeixen el mecanisme íntim de les operacions a què és sotmès el cautxú en el curs del seu tractament industrial. Sortosament s'ha avançat ja molt en el coneixement d'aquest mecanisme, el què ha permès establir eficaços procediments de coagulació, dels que donarem ací un breu resum.

En primer terme, cal separar del làtex, per filtració, les impureses mecàniques procedents de l'extracció, com són fragments d'es-corça, sorra i terra.

#### APLICACIÓ DEL CALOR NATURAL

Aquest procediment fa costat, per lo antiquat i irracional, amb el de l'extracció del làtex per destrucció de l'arbre. Era el més primitivament emprat pels indígenes i, naturalment, que no podem fer-los-en retret. És practicat a l'Equador, diversos indrets africans i a l'Arxipèlag malai, en aquelles localitats on no han estat establertes encara factories per a la coagulació<sup>6</sup>. El sistema consisteix a deixar assecar el làtex dins el tronc d'un arbre, en una cavitat practcada en el sòl, en recipients de terra cuita o sobre grans fulles. No cal dir que el producte obtingut conté totes les impureses, llevat de la part d'aigua que ha estat evaporada pel calor ambient.

Els indígenes d'Angola, Congo i Africa Oriental, practiquen també l'evaporació del làtex sobre llur propi cos: pit, braços, cuixes, etc.

#### APLICACIÓ DEL CALOR ARTIFICIAL

##### I. Per ebullició del làtex.

Aquest procediment és un perfeccionament en vistes al major

<sup>6</sup> En aquests indrets l'indígena fa l'extracció i coagulació i porta els blocs de cautxú a la factoria d'embarc, on li és abonada la mercaderia.

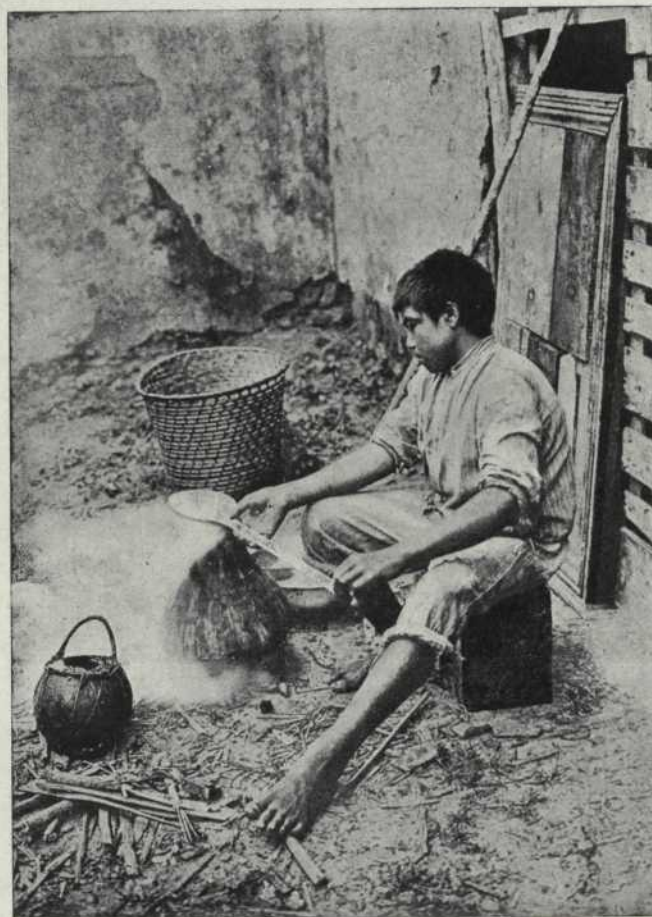


Fig. 13  
Seringueiro coagulant el làtex per fumigació







Làmina fig. 12

*Les plantes de cauté*

- VI. *Hevea guianensis*. (Branca, flor, flor en secció longitudinal i fruit).  
 VII. *Manihot Glaziovii*. (Flor masculina, flor femenina, branca, fruit, flors femenines i llevor en secció longitudinal).  
 VIII. *Castilloa elastica*. (Branca, peu masculí, llevor i inflorescència masculina en secció longitudinal).  
 IX. *Landolphia florida*. (Flor, branca, fruit en secció longitudinal i ovari en secció longitudinal).

rendiment, de l'anterior; però no és pas millor si es consideren els resultats, puix les impureses resten igual. De vegades, hom afegeix al líquid antisèptics per evitar ulteriors alteracions.

## II. Per fumigació.

És el mètode seguit al Brasil pels *seringueiros*, i per ell és obtingut el bon tipus *Parà*, del qual hem parlat abans. És una operació molt delicada, puix altrament de la cura que l'escolliment del combustible requereix, cal habilitat en l'operador. És de remarcar que quan s'ha volgut aplicar fora del Brasil el seu resultat no ha estat tan bo.

Una bola d'argila fixada a l'extrem d'un bastó és submergida en el làtex. La capa que queda adherida a la bola és portada a l'acció de la columna de fum calent que es desprèn d'un foc encès amb nous de palma o fruits d'altres arbres escollits per tal que proporcionin un vapor convenient<sup>7</sup>. Aquest foc és encès dins d'un vas de terra cuita i els productes de la combustió són forçats a passar per un coll estret. Un cop coagulada aquesta primera capa, s'immergeix novament el bastó en el làtex i es procedeix a la coagulació de la segona pel·lícula adherida. Aquesta operació és repetida fins obtenir blocs en forma de bola o am-



Fig. 13  
 Aquest *seringueiro* fumiga el làtex per un procediment més mecanitzat que el de la fig. 10

<sup>7</sup> S'empren correntment els fruits *Atalea excelsa* (vulgus *Urukuri*) o de *Maximiliana regia* (vulg. *Tucuma* segons uns autors i *Inaja* segons altres); *Maximiliana princeps* (vulg. *Motacu*), *Manicaria saxifera* (vulg. *Rocouri*) i *Bertholettia excelsa* (vulg. *Almendras*).

<sup>8</sup> VERNET, *Le caoutchouc et la Gutta-percha*, París, 15 gener 1912.



Fig. 14  
A l'Àfrica Equatorial francesa els indígenes dipositen el làtex sobre fulles

de fermentació; 3. Als productes de destil·lació de la fusta i dels olis continguts en els fums despresos, els quals contenen nitrogen, àcid carbònic, àcid acètic, àcid fòrmic i creosota.

#### COAGULACIÓ PER DESNATAMENT

Consisteix a diluir el làtex amb aigua freda i deixar que la coalescència operi ella mateixa provocant l'aglutinació i separació per diferència de densitats. El cautxú forma una pel·lícula sobre el líquid. Una variant d'aquest procediment consisteix a substituir l'aigua freda per aigua bullent.

Aquests mètodes són molt lents degut al moviment brownià i cal completar la separació per dessecació, evaporant l'aigua que queda sempre barrejada a la goma.

#### COAGULACIÓ PER AGENTS QUÍMICS

Els mètodes avui dia més extesos poden encloure's en aquest apartat.

La coagulació del cautxú és provocada per l'addició al làtex de determinats productes químics orgànics o inorgànics. Es basa en l'acció dels àcids i àlcalis sobre les proteïnes.

Efectivament, aquestes són peptonitzades pels àlcalis i coagulades pels àcids. I si les proteïnes són coagulades deixant d'actuar d'agents protectors contra la coalescència dels grànuls de cautxú, aquests s'aglutinen uns amb altres i en segueix llur coagulació. I d'ací deriva, naturalment, que els àcids són agents coagulants per al cautxú, mentre que la presència d'àlcalis dificulta la seva aglutinació, a l'ensens que perjudica el producte final <sup>9</sup>.

Els productes que millor actuen són els àcids acètic, tànic, tártric, fòrmic, fluorhídric, etc. També els fenols i de vegades el formaldehid. Com a sals minerals s'empren l'alum, el sulfat de magnèsia, el clorur de sodi, el sublimat corrosiu, l'oxalat amònic, clorur de calci, etc.

D'aquesta gama de cossos prové una gran quantitat de procediments, molts de patentats, basats en l'acció dels reactius esmentats per ells sols o barrejats en proporcions variables. Com a mescles coagulants podem esmentar el formol amb àcid acètic, formol amb alum, àcid tricloracètic amb formol, aquests dos amb alum, àcid cítric i formol, i molts d'altres. En

<sup>9</sup> Un exemple: afegint al làtex una lleugera proporció de sosa 1/1000 N. sols s'obté una simple flocculació.



Fig. 15  
en les quals és coagulat i assecat tal com ha estat descrit

la majoria dels casos una proporció inferior al 1 % del làtex és suficient.

Un cas de coagulació per agents químics és, també, la provocada pel suc de plantes: *Costus Lucanusianus* (vulguis, *Bossanga*)<sup>10</sup>; suc de llimona, de mandarina; *Calonyction speciosum*; *Ipomœa Bona nox* (vul. *Acheta*). Al Congo els indígenes havien emprat, no sabem si encara ho fan, l'orina. En tots els casos els sucus esmentats actuen pels àcids que contenen.

#### COAGULACIÓ PER MEDIS MECANICS

En primer terme la centrifugació. Hom ha emprat en gran escala aquest medi, però els resultats no han estat del tot satisfactoris, per tal com no era obtinguda una coagulació veritat. En l'aparell centrífug el làtex es separa, d'una part, en una massa espessa i blanquinosa, que conté cautxú brut, resines i una mica d'albúmina, i d'una altra banda en un líquid aquós que conté les impureses mecàniques, matèries tàniques, sals i la major part de l'albúmina.

Actualment, es barreja en la centrifuga, per

<sup>10</sup> Aquest suc actua per la proporció d'àcid acètic que conté. La seva acció és ràpida i enèrgica. Algunes gotes d'ell basten a coagular gran quantitats de làtex.

tal de millorar el rendiment i el producte final, un agent químic.

També s'obté la coagulació per batiment mitjançant mantegueres.

Com es veu, els procediments mecànics són del tot comparables—llur fonament és el mateix,— als emprats en la preparació de la mantega.

#### COAGULACIÓ PER CATALISI

Aquest procediment fou descrit per primera vegada per EDUARDOFF<sup>11</sup>. Es basa en l'observació que si un troç de cautxú coagulat de fresc és submergit en el làtex, s'opera la coagulació. El cautxú de l'emulsió s'aglutina per coalescència amb el fragment primitiu. Aquest fenomen és del tot comparable a la cristallització d'una solució saturada per l'addició d'un cristall de la mateixa sal dissolta.

#### COAGULACIÓ ELECTRICA

El mètode fou ideat per CLIGNET, per bé que els estudis primitius foren practicats per Victor HENRY. Veus ací la descripció que P. BARY<sup>12</sup> fa del procediment:

<sup>11</sup> EDUARDOFF, *Gummi Zeitung*, 23, p. 809, 1909.  
<sup>12</sup> P. BARY, *Le caoutchouc*, Paris, Dunod, 1925.



Fig. 16  
Ací els indígenes  
són quelcom més  
científics. Filtren el  
làtex en pots

"L'autor (CLIGNET) ha constatat que fent passar un corrent continu de baix voltatge a través del làtex de cautxú, aquest es diposita sobre l'elèctrode positiu. La capa isolant que es produeix pel dipòsit de cautxú sobre l'elèctrode no priva la continuació de la coagulació. Si hom inverteix el corrent, el cautxú dipositat es desprèn de l'elèctrode i el dipòsit s'efectua en sentit invers. En l'aplicació industrial s'empren elèctrodes de carbó i amb una potència elèctrica molt feble hom pot coagular el làtex en mitja hora o una hora.

Hom pot creure que la causa d'aquesta acció és deguda a l'electroforesi<sup>18</sup>, per tal com la càrrega pròpia dels grànuls de l'emulsió fóra suficient per orientar-los vers l'elèctrode sota la influència del camp elèctric; però és també possible d'admetre que es tracta d'una acció química dels elements de descomposició del medi provocada pel corrent sobre l'emulsió. El fet observat per CLIGNET de què l'addició del làtex exhaurit de cautxú per electròlisi prèvia,

a làtex fresc causa la coagulació d'aquest darrer, sembla conduir a una explicació d'ordre químic."

El mètode emprat en la coagulació té una influència marcada sobre el producte final. I aquesta influència es fa encara sensible segons els agents coagulants. No n'hi ha prou a escollir aquest darrer en vistes al rendiment quantitatiu; cal també pensar en la qualitat del gènere obtingut. Hom atribueix una marcada preponderància als mètodes químics, sols o combinats amb els mecànics. S'han assenyalat també resultats interessants en els electrolítics.

El mecanisme de la coagulació és il·lustrat en la fig. 26, la qual reproduïx la marxa del seu procés.

#### IV

#### LES PLANTACIONS DE CAUTXÚ

Arran de l'increment extraordinari de la fabricació de neumàtics per a autos, la qual indústria absorbeix el 80 % de la producció total de cautxú, hom vegé clar, tot seguit, que la primera matèria faltaria, si no es cercava el remei a propòsit.

<sup>18</sup> El fenomen del desplaçament dels grànuls d'una suspensió sota la influència del camp elèctric creat pel pas d'un corrent a través del medi de suspensió, és el què s'anomena *electroforesi*. Segons l'orientació presa pels grànuls tindrem *anàforesi* o *catàforesi*.

La falta es traduïa en un preu fortament elevat. Els nostres fabricants tots recorden els temps en què aquesta penúria, unida a l'especulació, portaren la goma a preus de cost inversemblants, àdhuc a 30 i 35 ptes. el kg.

Hom preconitzava dues solucions: l'establiment de plantacions de cautxú i l'obteniment d'aquesta matèria prima per síntesi. Dels curs seguit per aquesta segona qüestió en parlem

Fig. 17  
en els quals és coa-  
gulat per ebullició.  
(Àfrica equatorial  
francesa)



més endavant. Direm sols, que de moment fou el cautxú artificial el que més confiança inspirà per a la solució del problema. Un arbre de cautxú necessita de 8 a 10 anys per donar un rendiment remunerador i aquest plaç era considerat pels tècnics massa llarg per assolir a temps la normalització. Els primers assaigs de plantacions de cautxú daten de l'any 1864, en què foren plantats 5000 brots de *Ficus elastica* a Tjiasem (Subang). El conreu va ésser fet sobre una superfície de 40 hectàrees; els arbres, sagnats al cap de 18 anys, donaren de 6 a 700 gr de cautxú cada un.

A aquest assaig en seguiren d'altres, conduents a aclimatar l'*Hevea* a Àsia i a Oceania. Això no era cosa fàcil, per tal com les llevors d'*Hevea* perden ràpidament llurs propietats germinatives, el què era causa de què en arribar a llur destinació no es reproduïssin. Calgué fer el transport duent-les colgades sota terra i deixant-les germinar durant el viatge. L'any 1876 els anglesos iniciaren plantacions a Ceylan i a Malàsia; en 1882 els holandesos feien el mateix a Java, Sumatra i Borneo i en 1885 els seguien els francesos en llurs possessions de Tonkin, Cambodge i Laos. El primer pas era donat; hom sacrificà, al principi, per tal de cridar l'atenció dels capi-

talistes sobre aquest problema, les primeres plantacions, moltes de les quals varen ésser sagnades als tres anys, per demostrar que el capital invertit ja donava rendiment en aquest curt termini. Les societats explotadores augmentaren; els capitals progressaren vertiginosament i així en progressió ascendent, s'ha anat arribant a la situació actual en què el cautxú de plantació és suficient (fig. 23) a subvenir la demanda mundial del producte. Una conseqüència fou l'abaixament excessiu del preu de venda, que posà en situació extraordinàriament difícil les empreses explotadores, les quals eren obligades a vendre el producte a preus no remuneradors <sup>14</sup>.

\* \* \*

En ço que fa referència als mètodes de sagnia i coagulació del cautxú de plantació, regeixen les mateixes directives esmentades abans. Naturalment que, en aquest cas, els pro-

<sup>14</sup> Una reacció contra aquesta desvalorització del preu del cautxú fou el plan STEVENSON, aplicat per Anglaterra i amb el qual es regulen les exportacions d'origen d'acord amb uns coeficients derivats del preu del mercat de Londres. La seva aplicació a fons, en abaixar els stocs, provocà la formidable alça de l'any 1925 i primers del 1926, alça que originà fortes protestes dels països consumidors, especialment dels Estats Units, els quals vegeren que Anglaterra els feia pagar a ells mateixos els deutes anglesos de guerra.



Fig. 18  
Els *scrinqueiros*  
lliuren els blocs de  
cautxú *Parà* a les  
*barracaques* co-  
merciais

II - BRAZIL - AMAZONAS  
NO RIO JURUA - BARRAÇÕES COMERCIAES  
EXTRACTORES FAZENDO ENTREGA DA BORRACHA

cediments aplicats són els més científics, per tal com les factories compten amb tot l'utilatge industrial necessari per obtenir el millor rendiment.

El cautxú dit selvatge arriba al consum en forma de blocs irregulars que contenen, al costat de la goma i impureses orgàniques que l'acompanyen, sorra, terra, aigua, troços de fusta en proporcions que, oscil·lant normalment entre 5 i 20 %, arriben, per a determinades espècies i procedències, al 50 % del pes original, la qual cosa augmenta el cost real de la mercaderia per seqüència del rentatge a què se l'ha de sotmetre i de la minva de pes que això origina i perquè es paga el transport i drets establerts sobre un pes absolutament perdut. Contràriament, el cautxú de plantació és lliurat al consum després de rentat, laminat i premsat. El rentatge es fa fent-lo passar en-

tre cilindres d'acer acanalats i gravats i projectant-hi, durant aquest pas, un raig d'aigua freda que arrossega les impureses. Les làmines són, després, assecades, plegades, premsades i lliurades al fabricant. D'aquesta guisa la goma arriba a la manufactura disposada per a la seva utilització, el què representa un avantatge incontestable (fig. 22 i 27).

L'*Hevea* comença a donar cautxú en quantitat suficient per permetre la sagnia i no perjudicar l'arbre als 7 o 10 anys. Al principi, solament és sagnat cada dos anys; més tard, quan l'arbre és adult, hom pot fer recollecció cada any. L'extracció es fa després de l'estació de les pluges i no mai durant la floració. Als seus començos, cada arbre dona, aproximadament, 500 gr per any; més tard aquesta quantitat va augmentant i pot arribar a 1,5 i 2 kg.

## V

### EL CAUTXÚ DES DEL PUNT DE VISTA FÍSIC I QUÍMIC

Arribats a aquest punt bo serà que resumim somerament les propietats que caracteritzen físicament i químicament el cautxú.

#### ESTUDI FÍSIC

Tot seguit de coagulat el cautxú brut és





Fig. 19  
Madagascar  
Preparant el terreny per a una plantació d'*Hevea madagascariensis*

blanc; però perd ràpidament aquest color a l'aire lliure i a la llum. Sotmès a l'acció prolongada dels raigs solars esdevé negre i viscos, el què desmereix extraordinàriament les seves qualitats; la humitat és un altre agent nociu.

El seu pes específic és inferior a la unitat (de 0,91 a 0,97); és un excellent isolant; en calent és molt plàstic, la qual propietat li permet d'adquirir les més variades formes; en canvi, el fred l'endureix. El punt de fusió de les qualitats corrents, amb lleuger contingut de resines, oscilla entre 146° per al tipus *Congo Thimbles* i 190° per al *Parà*, mentre que les espècies resinoses donen xifres compreses entre 85° (*Borneo mort*) i 166° (*Lumps*)<sup>15</sup>.

És molt elàstic i ofereix alta resistència a la ruptura, podent assegurar-se que és l'únic cos que uneix les dues propietats alhora en un grau elevat. Vegin-se, sinó, les següents xifres comparatives:

	<i>E</i>	<i>at</i>
Acer dolç ... ..	0,0048	12
Bronze d'Alumini ... ..	0,26	16
Cautxú <i>Parà</i> ... ..	6,2	11,4

<sup>15</sup> R. DITMAR, *Gummi Zeitung*, 27, p. 384, 1912. Per a aquests assaigs els cautxús han estat lliurats de llurs impureses, excepció feta de les resines.

on *E* és l'elasticitat (o sigui el quocient  $\frac{a}{t}$  de l'allargament a la ruptura *a* i la tensió de ruptura *t*) i *at* representa, aproximadament, el treball necessari per portar el cos assajat a la ruptura. Es veu que mentre l'elasticitat és de molt superior, el treball que cal per a la ruptura és del mateix ordre per als metalls i per al cautxú.

Una altra propietat característica, la qual propietat és comú a tots els col·loides, és el seu poder dissolvent envers un gran nombre de líquids i gasos: sulfur de carboni, èter de petroli, èter sulfúric, benzè, cloroform, tetraclorur de carboni (tetracloreto), etc. Aquest efecte es manifesta per l'inflament, per absorció, que experimenta el cautxú posat en contacte amb ells.

Diem dissolució del líquid en el cautxú i no dissolució del cautxú en el líquid, com serà sens dubte cregut per qui no estigui versat en química col·loidal. El cautxú és un col·loide i, com a tal, és insoluble en els líquids bons dissolvents dels cristal·loides. En canvi, els col·loides dissolen els líquids, als quals absorbeixen, formant el què es anomenat *gelea col·loidal*. Les



Fig. 20  
Bengala  
Plantació d'*Hevea*  
*bengaliensis*

fases de la formació d'una dissolució de cautxú de les vulgarment conegudes, en benzè per exemple, són les següents:

Un troç de cautxú dins de benzè comença per inflar-se per absorció del líquid: s'ha format la *gelea coloidal*. Continuant sota l'acció del benzè, el cautxú perd la seva rigidesa i esdevé pastós: és el *punt de líquefacció de la gelea formada*. Si aquesta gelea coloidal és diluïda en un excés de benzè, obtindrem una *falsa solució* o *suspensió coloidal* en la qual flota, a l'estat granular, la gelea abans obtinguda en el líquid d'inflament: això és la *peptonització*.

D'aquesta solució, el cautxú en pot ésser precipitat per la introducció d'un cos soluble en el líquid d'inflament, però insoluble en el cautxú: l'alcohol metílic o etílic, per exemple: direm que el cautxú s'ha *coagulat*. Tenim, doncs, que la peptonització i la coagulació equivalen, en química coloidal i d'una manera aproximada, a la dissolució d'un cristal·loide i a la seva precipitació per modificació del medi.

Cal tenir present un altre terme, per fixar les idees: és la *pectisació*. S'entén sota aquest nom l'operació inversa de la peptonització; és deguda a l'acció d'un reactiu determinat que en separar de la solució els grànuls de gelea els

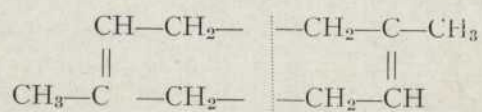
reaglomera en un estat en què ja no és possible obtenir novament, per tractament idèntic, la suspensió primitiva. La gelatina ofereix un exemple clar i que és fàcil de comprovar experimentalment: forma primer una gelea amb l'aigua; a temperatura l'aigua la peptonitza, és a dir forma una suspensió similar a la de cautxú en benzè. Si afegim alcohol a aquesta suspensió, la gelatina es coagula; comprovarem que es tracta de coagulació, que és una operació reversible, tractant el coagulat novament amb aigua, amb la qual cosa la gelatina serà novament peptonitzada. En canvi, si en lloc d'alcohol afegim a la suspensió formaldehid obtenim un coagulat semblant al precedent; però en aquest cas el nou tractament per aigua no refà la suspensió: tenim, doncs, que la gelatina s'ha *pectisat*. Un altre exemple de pectisació ens el dona, certament, la vulcanització del cautxú pel sofre, la qual comunica a la goma propietats absolutament diverses de les que tenia abans de la vulcanització. El cautxú vulcanitzat, per exemple, si bé s'infla en fred sota l'acció de líquids convenients, no dona suspensions col·loïdals; aquestes solament poden ésser obtingudes a pressions i temperatures convenients.



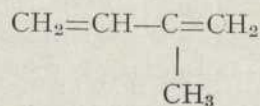
Fig. 21  
Dones tàmils ple-  
gant els fulls de  
cautxú coagulat,  
rentat i assecat,  
per tal de prem-  
sar-los

ESTUDI QUÍMIC

Hom deu a C. O. WEBER i a HARRIES moltes de les idees concretes que avui es tenen sobre la química del cautxú. Dels seus estudis es dedueix que la fórmula elemental d'aquesta matèria, sigui quina sigui la procedència, respon a la composició d'un poliprèn  $(C_{10}H_{16})_n$  de fórmula cíclica



i de notació 1,5 dimetilciclooctadièn, en la qual la línia puntejada separa les dues molècules d'isoprèn



la unió o polimerització de les quals forma el poliprèn esmentat.

El grau de polimerització d'aquesta molècula no ha pogut ésser determinat amb fixesa, ni tan sols aproximadament, puix els investigadors troben, segons el procediment emprat, coeficients que varien entre grans límits; d'ací

que calgui admetre, encara  $(C_{10}H_{16})_n$

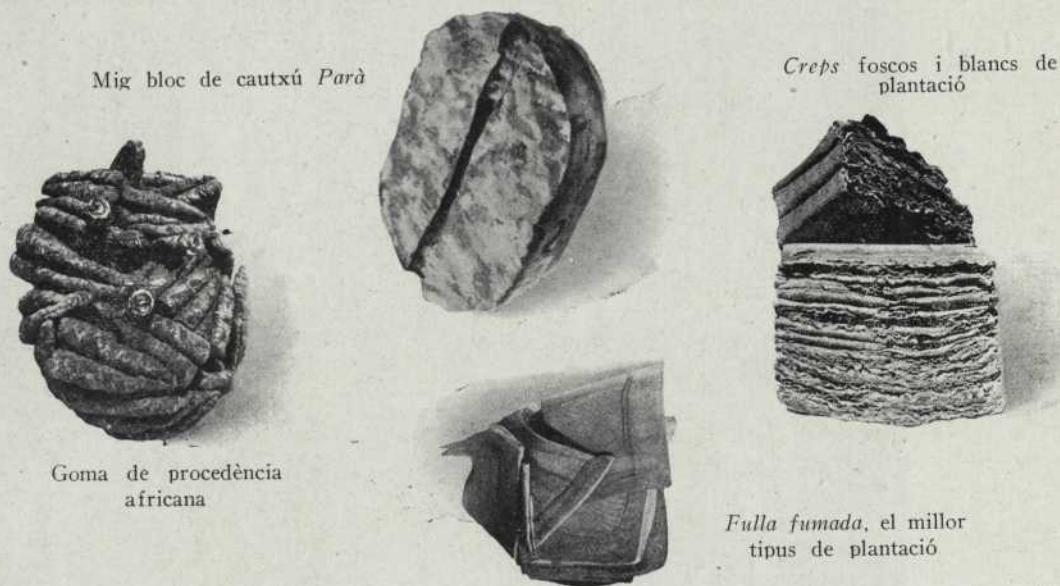
El poliprèn forma compostos d'addició amb el bromi, iode, clor, àcid nítric i vapors nitrosos, tots els quals tenen una importància extraordinària dins els treballs d'investigació.

El cautxú brut és atacat per l'oxigen sota la influència de l'aire i l'acció combinada del calor i de la llum, amb el què es desmillora sensiblement la seva qualitat; els àcids i bases diluïts no l'ataquen gairebé gens; en canvi, l'àcid clorhídric concentrat l'endureix, el sulfúric el carbonitza i el nítric el descomposa.

El cautxú, sotmès a la destil·lació seca es transforma primer en un líquid negre, espès i molt viscos; a 200°, aproximadament, bull i dona origen a diversos hidrocarburs líquids, els quals hidrocarburs, barrejats, tenen la propietat de dissoldre el cautxú fresc. Veus ací els productes d'una destil·lació, obtinguts per WEBER:

Isoprèn ... ..	6,2 %
Dipentèn ... ..	46, "
Heveèn ... ..	17, "
Politerpens ... ..	26,8 "
Carbó ... ..	1,9 "
Matèries minerals ... ..	0,5 "
Aigua i gas ... ..	1,4 "

Fig. 22  
Estat en què arriba a les manufactures el cautxú



#### LA VULCANITZACIÓ

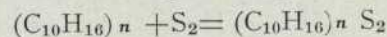
Fou el descobriment per HANCOCK i GOOD-YEAR de la vulcanització, el què ha permès, com hem dit primer, de crear la indústria del cautxú i el seu formidable descabdellament.

S'entén per vulcanització la combinació del sofre amb el cautxú. Gràcies a WEBER hom pot considerar ja fixades les idees bàsiques sobre aquesta qüestió i avui és generalment admès que es tracta d'una combinació química i que la vulcanització no admet l'explicació de caràcter físic—fenomen d'absorció—, que un bon nombre d'experimentadors havien volgut donar-li.

És gràcies a aquesta operació, que anteriorment hem comparat a la pectisació, que el cautxú adquireix les propietats que el fan aplicable a l'automobilisme, en forma de neumàtics, cambres d'aire i massissos, i a la confecció d'una infinitat d'articles que són exigits per la vida i la indústria modernes.

El sofre és barrejat al cautxú després de portar aquest a l'estat plàstic i a la temperatura suficient, factors exigits per a la dissolució d'un sòlid en un col·loide. L'operació es fa en els mateixos cilindres que serveixen per treballar el cautxú i que esmentem en el capítol següent. La suspensió sòlida així obtingu-

da, sotmesa a l'acció de la temperatura i pressió combinades es vulcanitza. La reacció d'addició, WEBER la representa per l'equació:



En aquesta fórmula el coeficient  $n$ , o grau de polimerització, ve donat per les fórmules globals  $C_{200}H_{320}S_2$  i  $C_{10}H_{16}S_2$ , les quals representen, respectivament, el primer (goma amb feble proporció de sofre) i el més avançat graus (goma amb forta proporció de sofre o *ebonita*) de la vulcanització. D'ací que hom consideri el coeficient

$$n < 20$$

En el cas de la vulcanització en fred pel clorur de sofre hom obté compostos d'addició compresos entre  $(C_{10}H_{16})_{24} S_2Cl_2$  i  $C_{10}H_{16} S_2Cl_2$ .

La vulcanització, doncs, despolimeritza la molècula de cautxú. No tot el sofre que s'ha mesclat a la goma s'hi combina. Sols una part que arriba fins a un 31,97 %, segons quin sigui el coeficient de vulcanització, entra en reacció; d'ací que se l'anomeni *sofre combinat*, en oposició al *sofre lliure*, que és constituït pel que queda a l'estat dispers i origina les eflorescències que tots els consumidors hauran notat en mants articles. La tècnica ha assolit d'eliminar aquestes eflorescències, en aquells casos en què són contràries a la bona presenta-

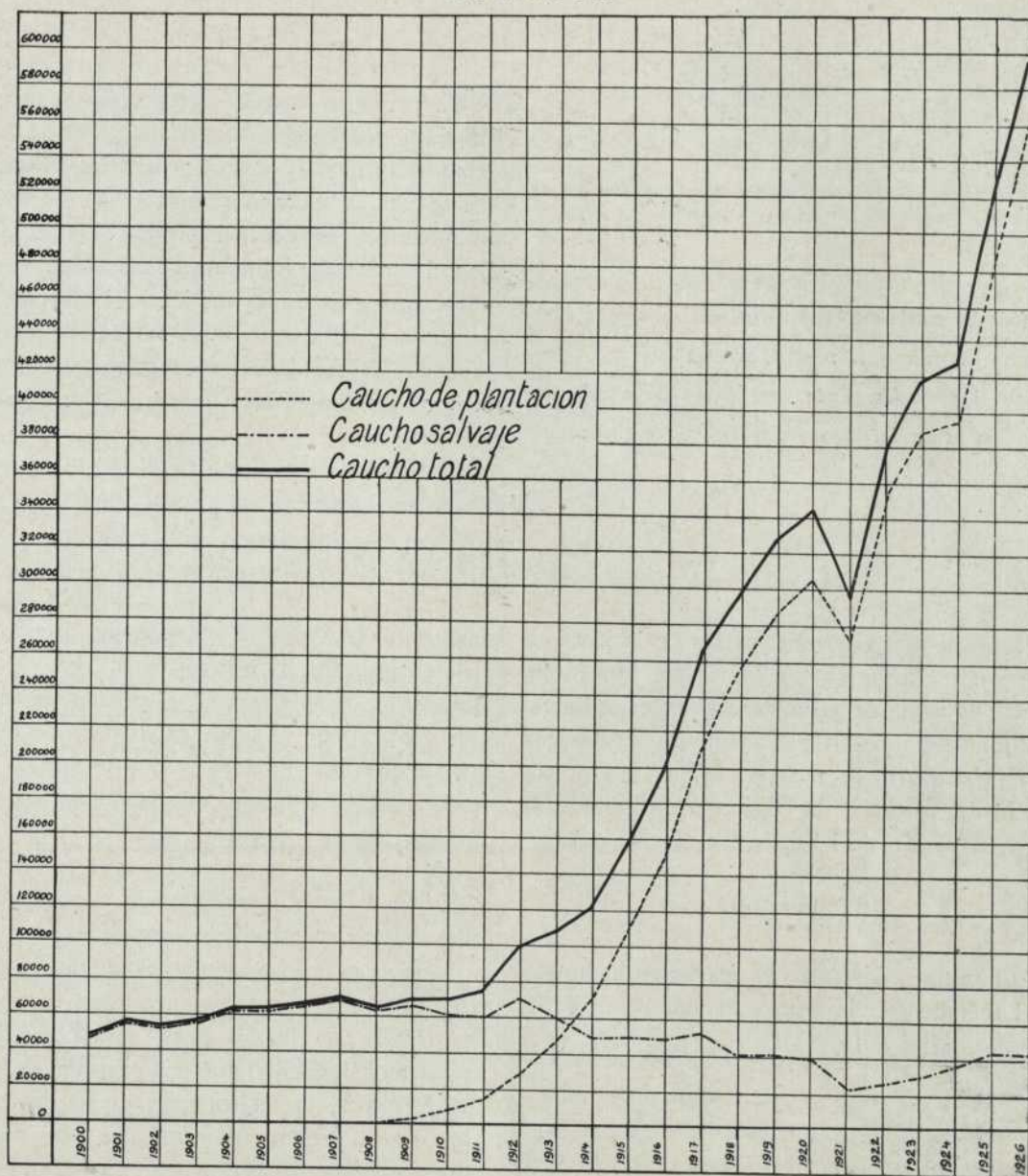


Fig. 23.—La producció mundial de cautxú de 1900 a 1926

ció de l'article, mitjançant un càlcul rigorós i a provocar en el sinus de la suspensió reaccions adequades.

Ometem ací, en tractar de la vulcanització d'exposar les teories sobre què recolzen els mètodes diversos al més generalment emprat, o sigui el que barreja directament el sofre al cautxú. Qui vulgui conèixer la química dels procediments de vulcanització amb el clorur de sofre, pels sulfurs d'antimoni, pel mètode de PEACHEY, etc., pot consultar les obres especialitzades.

La proporció de sofre contingut en un cautxú vulcanitzat indica el grau de vulcanització

$D$ , que és la quantitat de sofre combinat que conté per 100 gr de mostra. És, doncs,

$$D = \frac{100 p}{P + p}$$

on  $P$  és la quantitat de mostra i  $p$  la quantitat de sofre combinat.

El coeficient de vulcanització  $V$  és una expressió més exacta, per tal com indica el percentatge del sofre combinat en relació a l'hidrocarbur del cautxú  $C_{10}H_{16}$ . La seva fórmula és:

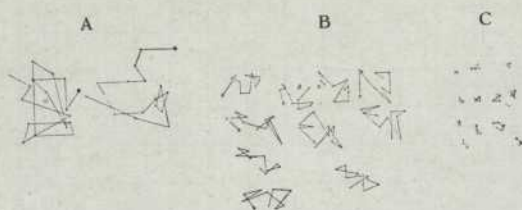


Fig. 24

Estudi del moviment brownià en una solució de cautxú, realitzat cinematogràficament per V. HENRY. *A* mostra la trajectòria normal, mentre que *B* i *C* ensenyen, respectivament, la retardació que originen els àlcals i els àcids. Cada part de la trajectòria que ací se'ns mostra recta, una potència superior ens la deixaria veure formada per les mateixes ziga-zagues del conjunt

$$V = \frac{100 \rho}{P}$$

Un problema especial del procés de la vulcanització és l'acció dels catalitzadors o acceleradors. Aquests cossos tenen la propietat d'accelerar la vulcanització i, en molts casos, milloren sensiblement el producte final. N'hi han de minerals i orgànics. Els primers són constituïts per òxids metàl·lics, i els segons són tots gairebé compostos nitrats de natura diversa. També les resines que acompanyen sempre al cautxú actuen com a catalitzadors accelerants.

## VI

## DEL CAUTXÚ BRUT AL CAUTXÚ MANUFACTURAT

Ens cal ara, solament, parlar de la manipulació del cautxú en les fàbriques. Ho farem des d'un punt de vista general referint-nos al conjunt del procés de la manipulació. Aquesta comprèn quatre operacions bàsiques: la preparació del producte, la confecció de l'article, la seva vulcanització i l'acabat.

## PREPARACIÓ

El cautxú, despul·lat de les seves impureses pel mètode que ja hem esmentat si no és de

plantació, és treballat en cilindres especials, dels quals la fig. 27 n'és un model. En ells adquireix la temperatura i plasticitat necessàries per admetre el sofre, catalitzadors i altres cossos que han de donar-li les propietats requerides de resistència, duresa, color, elasticitat, etc. Aquesta operació requereix molta cura de l'operari que la realitza, per tal com el més lleuger error de composició o manipulació altera sensiblement el producte final.

Siguïns permès ací de fer notar que el cautxú és treballat en les manufactures en un estat plàstic, no líquid. Molt sovint ens hem trobat amb individus que ens parlaven de fondre el cautxú; voldríem que aquells dels nostres lectors, pocs segurament, que tenen encara aquest concepte d'aquesta matèria l'abandonessin i fixessin el criteri clar de què la goma és portada a un estat pastós en el curs de la seva manufacturació, llevat dels casos particulars de l'obteniment de solucions per medi dels dissolvents esmentats abans.

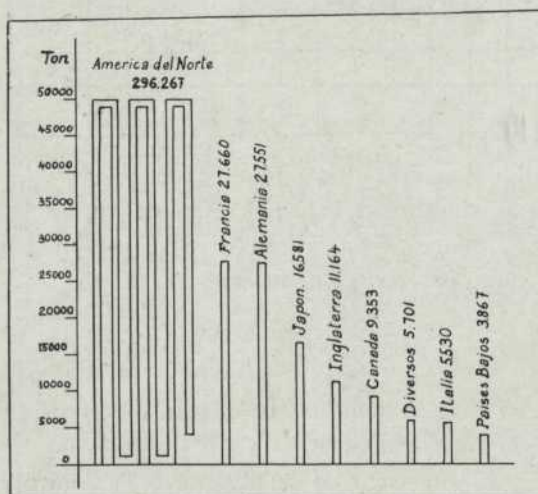


Fig. 25

Gràfic que mostra el consum de cautxú dels més importants països manufacturadors. Nordamèrica absorbeix més del 70 %

## LA CONFECCIÓ DELS ARTICLES

Ací es requereixen una varietat de màquines especials: calandres de laminar, budinoses, màquines de trepar, de tallar, de fer dissolució, per al gomatge dels teixits, premses, etc.

La més important és la calandra, per tal com per ella han de passar gairebé la totalitat dels articles que es manufacturen. Comporta grossos cilindres d'acer, amb circulació de vapor i aigua per a l'escalfament i refredament, entre els quals la goma és laminada al gruix exigut per l'ús a què se la destina. La interposició de teles metàl·liques i de cotó, cànem i lli a planxes de goma per a usos tècnics, es fa en aquesta màquina (fig. 30).

Les budinoses són màquines especials per a la confecció dels tubs que han de servir per a la fabricació de mànegues, cambres d'auto, tubs per a gas i irrigador, cordes de goma i forces altres objectes de formes diverses. Un vis sense fi pren la goma i la porta a pressió contra la part davantera per on surt entre els intersticis que li donen la forma i mides desitjades.

Les dissolucions de cautxú són obtingudes en màquines de pales, (fig. 31), on són barrejats en un dipòsit el cautxú amb el dissolvent líquid (benzè, tetracloreto, etc.). El batiment de la massa per les pales porta els dos cossos a l'estat de suspensió a què hem alludit en tractar de les propietats físiques. Aquesta dissolució, com normalment és anomenada, serveix per a l'engomat de teixits que són emprats en les manufactures en la confecció de la tuberia a pressió, planxes de goma amb reforç de tela, alfombres i tapissos de cautxú, teles impermeables, la cinta isolant dels electricistes, etc., així com per a la soldadura de superfícies de goma entre elles.

La capa de cautxú sobre els teixits és aplicada mitjançant màquines d'engomar. L'examen de la fig. 31 deixa veure el mecanisme de l'operació.

Màquines especials confeccionen la tuberia i hi posen automàticament les teles i lones que reforcen les mànegues.

Els articles buids com pilotes, peres, nines, són confeccionats amb planxa laminada i donant-los la forma aproximada requerida. Es motllegen en motllos adequats i s'adapten a la forma final degut a l'acció de sals amòniques que són introduïdes en llur interior, les quals, en rebre el calor en el moment de la vulcanit-

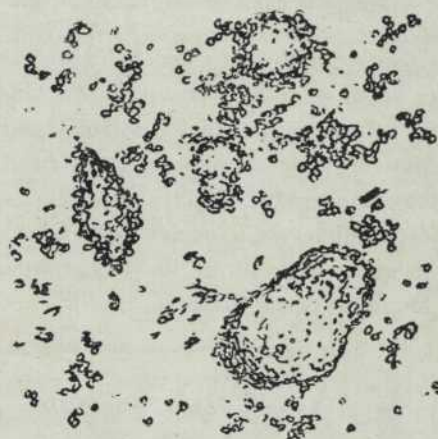
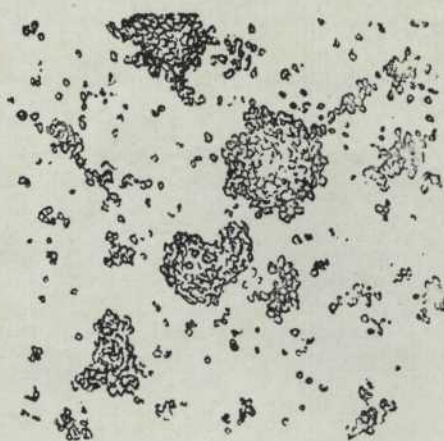


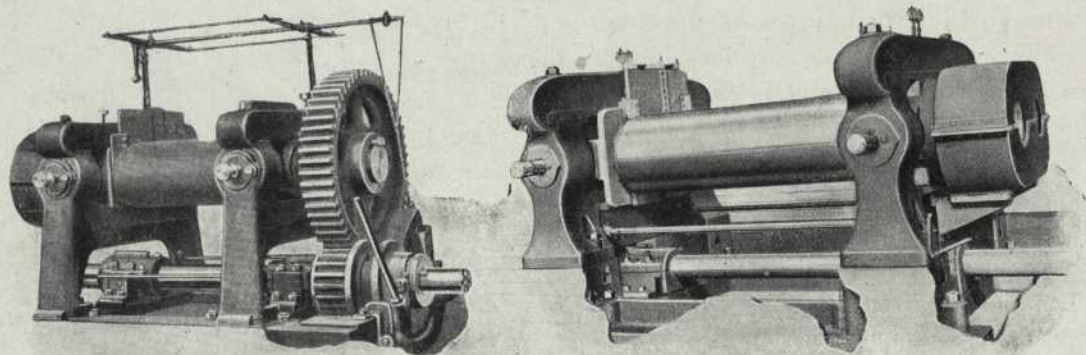
Fig. 26

Aquestes tres figures reproduïxen el curs de la coagulació d'un làtex d'*Hevea*

zació, s'evaporen i originen una forta pressió interna que estampeix la goma contra les parets del motllo.

I així, successivament, cada article és tre-

Fig. 27  
Cilindres per al treball del cautxú



Model per al rentatge de la goma en brut. Els cilindres són ratllats

Model per a l'obtenció de les composicions per a la manufactura

ballat d'acord amb la forma o l'ús que un cop acabat ha de tenir. Al costat de l'article senzill, de forma simple, hi ha aquell que requereix una confecció complicada i que ha d'ésser curosament preparat. Moltes vegades es tracta d'especialitats impossibles d'esmentar ací, màxim en un treball que ha pres, com aquest, una longitud extraordinària.

#### LA VULCANITZACIÓ INDUSTRIAL

Per realitzar-la cal també un utilatge especial. Uns articles són sotmesos en autoclaus a l'acció combinada del calor i de la pressió. Així són vulcanitzats, per exemple, tota mena de tubs, articles buids motllejats, cilindres recoberts de cautxú, arandelles i junts diversos, etc. Determinats articles, com vàlvules per a aplicacions tècniques, gèneres especials motllejats, alfombres de goma, corretges, etc., necessiten, demés de la temperatura que llur vulcanització requereix, ésser fortament premsats per obligar-los a adquirir la forma de les matrius. Per a això tenim les premses vulcanitzadores, els plats de les quals són adequats per circular-hi vapor a pressió; en elles el cautxú hi és premsat a fortes pressions hidràuliques, 300/400 at per cmq. Les fig. 32 i 33 ens mostren exemples d'aparells vulcanitzadors.

En parlar de la vulcanització cal esmentar també la vulcanització en fred amb clorur de sofre. El mètode és degut a PARKES i s'aplica als articles transparents de làmina prima o confeccionats per la superposició de capes de dissolució evaporada, els quals són confeccionats amb goma pura o gairebé pura. Els articles, prèviament adaptats a la forma desitjada, són submergits durant 1 a 3 minuts en clorur de sofre molt diluït en sulfur de carboni, assecats, rentats i assecats de nou. Aquest sistema és senzill i econòmic; però ofereix la dificultat de no permetre generalitzar la seva aplicació; altrament, els articles vulcanitzats en fred tenen la vida més curta que els que ho són en calent.

La vulcanització és una operació importantíssima en el procés de la manipulació. De conduir-la bé o malament, d'observar curosament el seu curs, depèn la conservació ulterior de l'article manufacturat i el seu bon rendiment.

#### L'ACABAT

Els articles, un cop vulcanitzats, són acabats i lliurats al consum. L'acabament exigeix també maquinària especial: màquines polidores i rectificadores per als articles de precisió i aquells que requereixen llur superfície fina; màquines diverses per a tallar els objectes a les formes i mides necessàries; estufes curo-



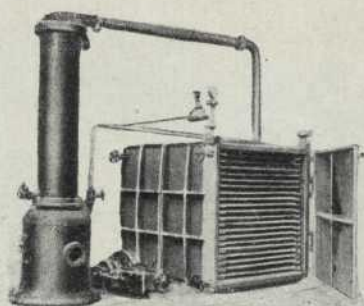


Fig. 28  
Aspirador d'humitat per a làmines de cautxú

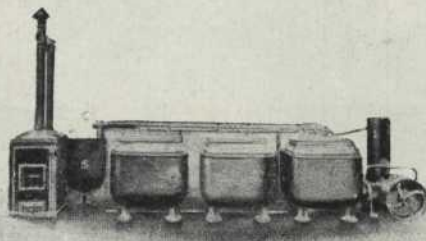


Fig. 29  
Dispositiu per a la coagulació automàtica per fumigació

sament executades per a l'asseccament; els articles de joguineria i cirurgia requereixen dispositius per al seu esmaltat, pintat o envernissat...

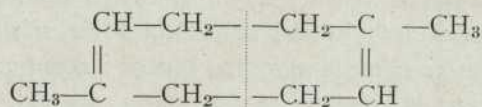
I els uns en un cas, uns en un altre, vegem

constantment com aquesta gama extraordinària d'articles de cautxú, ocupa en la nostra vida domèstica, esportiva, tècnica i comercial, un lloc important i ara com ara insubstituïble.

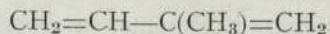
VII

EL CAUTXU SINTETIC

Hem vist primer que la fórmula de la molècula de cautxú correspon a la del 1.5 dimetilciclooctadièn,



i que la línia puntejada indica la forma en què es verifica la unió de dues molècules d'isoprèn o metildivinil



Tenim, doncs, que el cautxú és, en definitiva, un producte de polimerització de l'isoprèn. La demostració d'aquest fet, deguda als treballs de BOUCHARDAT i TILDEN, plantejà el problema de la possibilitat d'obtenir, mitjançant reactius especials, la condensació esmentada. Aquesta suposició obrí un vast camp d'experimentació i les proves que havien estat

fetes isoladament abans de 1909, en arribar la forta puja que aquest any es produí en el preu de la goma, foren represes amb intensitat per un gran nombre de químics eminents, els quals comptaven amb l'interès que firmes tan fortes com la *Badische Anilin-und-Sodafabrik* i *Fr. Bayer & Co.* tenen per a l'assumpte.

Les plantacions no havien arribat encara al

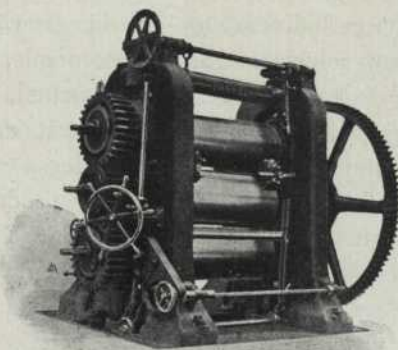
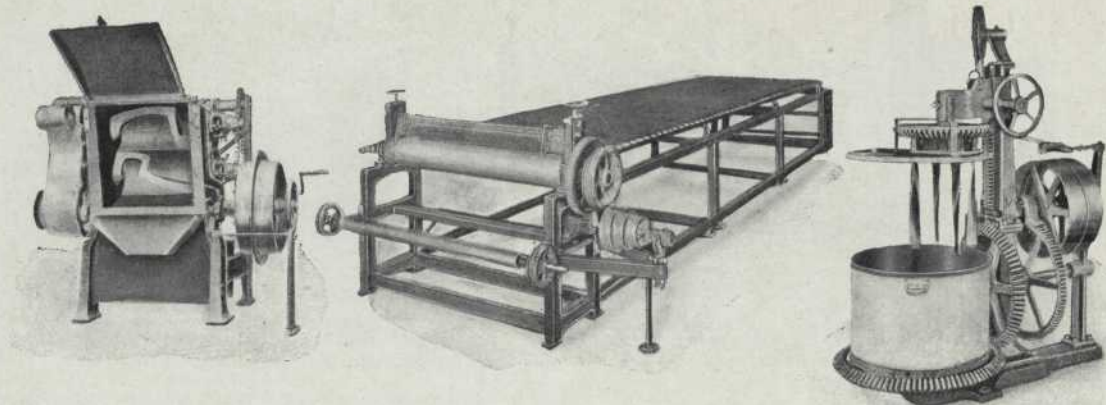


Fig. 30  
Una calandra de laminar

Fig. 31  
 Utillatge industrial per a l'engomat de teixits



Aparell per a l'obtenció de dissolucions

Màquina per al gomatge dels teixits

Un altre model de màquina per a dissolució

desenvolupament que posteriorment han assolit i hom no preveia, per tant, la desvalorització que anys més tard havia d'experimentar el cautxú. Amb un preu per a aquesta primera matèria equivalent a unes 15 pessetes el kilo, la lluita amb probabilitats d'èxit era considerada possible. No és estrany, doncs, que hom xifrés fortes esperances en el pervenir d'aquesta nova indústria que, tot i haver encara de nàixer, es considerava predestinada al sucés. Pràcticament, però, les coses s'esdevingueren d'altra forma. Les dificultats d'obtenir l'isoprèn en quantitat i a bon preu eren, sens dubte, un seriós entrebanc que encara no ha estat solventat. Si la síntesi del cautxú per unió de diverses molècules d'isoprèn, o dels seus homòlegs butadiè i dimetilbutadiè, ha de reeixir, cal que recolzi sobre l'obtenció d'aquests hidrocarburs en bones condicions. Un cop solucionat l'aspecte econòmic, que com hem dit primer no és el cas actual, és segur que aquesta qüestió haurà entrat de ple en el domini de les coses realitzades.

Avui s'han arribat a obtenir productes ben semblants al cautxú. Cert que l'article sintètic no respon plenament a les condicions del cautxú *Parà*; però cal no oblidar ací que es tracta d'un producte col·loidal, les característiques del qual no responen solament a unes propietats químiques determinades, sinó que la seva extensa aplicació ve derivada de condicions físi-

ques. En bona lògica, doncs, són aquestes propietats que el fan estimable les que cal cercar en el producte sintètic i les que s'ha tractat d'obtenir per diversos procediments. Per altra banda, resulta evident, pel fet de partir d'hidrocarburs diversos, la polimerització dels quals no dona cossos químicament iguals, que no són les propietats químiques les que regeixen l'orientació seguida pels investigadors.

Vistes les coses des d'aquest punt de vista, avui cal reconèixer que la síntesi del cautxú és un fet cert. La no coincidència de totes les propietats físiques i químiques del cautxú de síntesi amb les del natural, vol dir solament que en aquella no s'ha arribat encara a un grau de perfeccionament prou avançat. Un exemple frapant d'aquesta certitud és que Alemanya, isolada del món durant la guerra, hagué de substituir el cautxú natural que rebia de les seves colònies per cautxú sintètic fabricat en les seves grans manufactures de productes químics i colorants, en proporcions que, en 1918, arribaren a 150 tones mesals. Certament que el producte obtingut era més oxidable que el natural i oferia dificultats a deixar-se vulcanitzar; però ambdós problemes foren solventats per l'addició a les mescles de determinats compostos orgànics. Altres dificultats serioses oferien els articles sintètics; però no insuperables. I és d'esperar que l'evident inferioritat en les propietats mecàniques i de

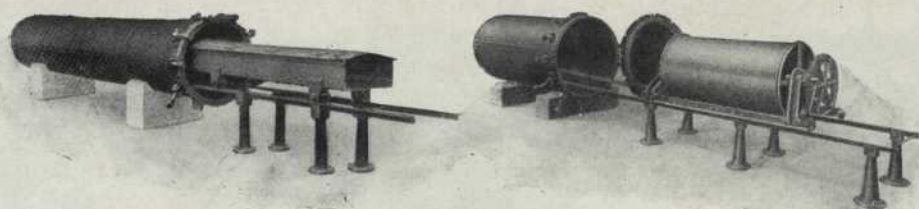


Fig. 32

Dos models d'autoclaus vulcanitzadors. El cilindre que es veu en el segon és destinat a enrotllar-hi les làmines de cautxú que s'han de vulcanitzar

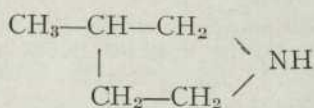
durada que presenta el cautxú artificial vis a vis del natural no són d'un ordre prou gran perquè haguem de menyspreuar l'èxit fins ara obtingut. En canvi, els factors econòmics abans esmentats continuen essent l'obstacle més important per a aquesta indústria.

\* \* \*

La primera temptativa de síntesi del cautxú fou realitzada l'any 1875 pel savi francès BOUCHARDAT, qui, en el curs dels seus estudis sobre l'isoprèn obtingut per destil·lació destructiva del cautxú, examinà l'acció de l'àcid clorhídric sobre aquell cos. El resultat fou l'obteniment d'una massa sòlida de composició centesimal igual a la de l'isoprèn i que posseïa l'elasticitat i altres propietats del cautxú. Els resultats de BOUCHARDAT foren confirmats per TILDEN alguns anys més tard; aquest autor observà la polimerització de l'isoprèn per tractament amb el clorur de nitrosil i també per altres procediments.

Aquests treballs demostraren la possibilitat de la síntesi proposada. I en foren una confirmació els experiments de WALLACH en demostrar que la polimerització de l'isoprèn per exposició a la llum donava un cos anàleg al cautxú que podia ésser vulcanitzat pel sofre; i també els de PICKLES qui reeixí en l'obteniment d'un producte de condensació amb qualitats ben semblants a les del producte natural.

Però, fins ací, els resultats assolits tenien solament un interès acadèmic, valoritzat encara més per la síntesi de l'isoprèn, deguda a EULER i IPATIEW l'any 1897, feta partint de la metilpirrolidina



successivament tractada per clorur de metil i potassa.

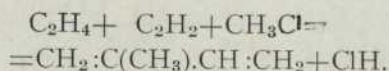
Com hem dit primer, la qüestió primordial en la síntesi del cautxú resideix en l'obteniment de l'isoprèn i els seus homòlegs a bon preu i en quantitat. D'ací que calgui considerar, en tractar aquest problema, dues fases diverses:

a) Obteniment dels hidrocarburs isoprèn, butadiè i dimetilbutadiè; i b) Polimerització d'aquests cossos.

#### OBTENIMENT DELS HIDROCARBURS

Existeixen una gran quantitat de procediments, els quals han estat patentats pels autors o per les empreses explotadores. En la impossibilitat de detallar-los tots, esmentarem solament aquells que són decelladors de l'orientació seguida pels investigadors.

Es deu a HEINEMANN el primer mètode de síntesi industrial. Obtenia l'isoprèn fent passar una barreja d'etilèn, acetilèn i clorur de metil, a través d'un tub calent:



Per l'acció d'escalfar junts l'acetilèn i l'etilèn s'obté el divinil, el qual és metilat passant a metildivinil o isoprèn, degut a la presència del clorur de metil.

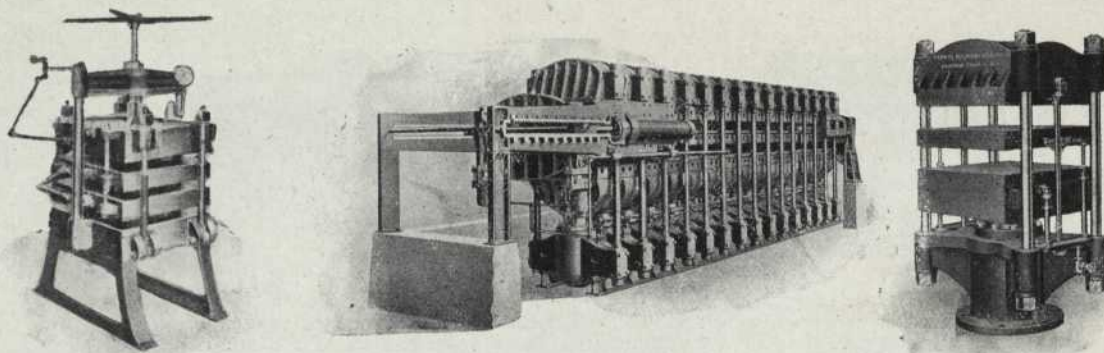


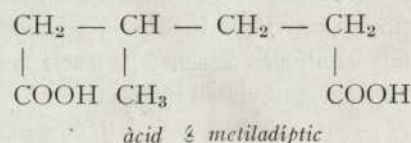
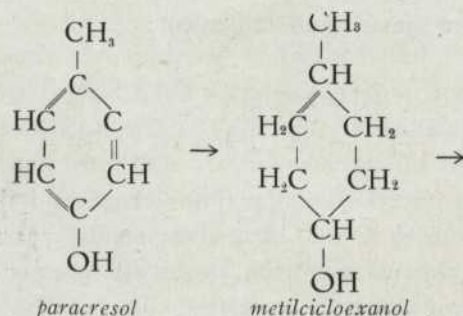
Fig. 33

L'evolució de la premsa de vulcanitzar

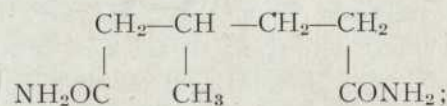
Un model primitiu en el qual els plats es mouen a mà. Una premsa a pressió hidràulica amb plats d'un metre quadrat de superfície i una gran premsa moderna de 10 metres de llarg, la maniobra de la qual és obtinguda per 16 pistons hidràulics

Més tard, TILDEN l'obtingué sotmetent l'essència de terebentina a la destil·lació pirogenada o *cracking*. El procediment ha estat repès per autors diversos. SILVERRAD féu passar els vapors de terebentina per l'interior d'un tub escalfat entre 450° i 750°, a una pressió molt inferior a l'atmosfèrica i posant aquests vapors en contacte d'una superfície metàl·lica relativament considerable. Hom pot, també, deixar caure la terebentina de gota en gota dins una retorta escalfada, en la qual s'ha fet el buid; l'isoprèn i cossos anàlegs es condensen.

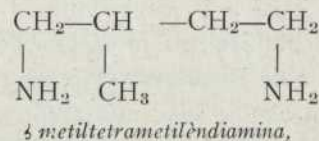
Partint del *p.*-cresol ha estat descrit un procediment interessant per tal com es basa en una matèria abundosa. Aquest mètode és degut a HOFFMANN i COUTELLE i l'ha reproduït la casa Bayer. El *p.*-cresol és reduït en un corrent d'hidrogen en presència de níquel pel mètode de SABATIER; el producte obtingut és oxidat, per obertura de la cadena cíclica, en àcid  $\beta$ -metiladípíc i per eliminació de dos grups carboxil i de dos àtoms d'hidrogen es forma isoprèn segons la marxa següent:



Aquest darrer és diaminat:

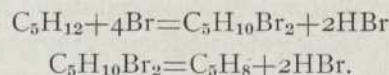


l'àcid hipoclorós transforma aquesta diamina en



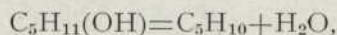
la qual, per metilació i saponificació passa a isoprèn. Pel mateix sistema es prepara butadiènn partint del fenol.

De les fraccions a baix punt d'ebullició de la destil·lació del petroli, pot també derivar-se l'isoprèn. Els pentans normals i els isopentans que aquells contenen són convertits en derivats dihalogenats, dels quals hom elimina dues molècules de ClH o BrH, segons que el cos intermediari hagi estat el dicloro o el dibromopentàn o isopentàn:



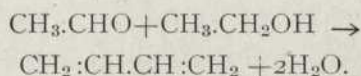
Un procediment de PERKIN consisteix a fer fermentar el midó de faisó que els alcohols ami-

lics siguin produïts en proporció més considerable que d'habitud; aquests alcohols són convertits en derivats diclorats o dibromats i l'isoprèn es forma per eliminació de dues molècules de  $\text{ClH}$  o  $\text{BrH}$  per la calç sodada. En lloc de diahalogenar es pot fer passar l'alcohol amílic a amilèn



per deshidratació amb el clorur de zenc; l'amilèn obtingut perd dos àtoms d'hidrogen fent-lo passar a través d'un tub escalfat al roig ombra. Substituint l'alcohol amílic pel butílic, provinent de la reducció de la metilacetona, i transformant-lo en butilèn per l'acció de l'anhidrid fosfòric o de l'àcid sulfúric, s'arriba pel mateix mecanisme de dihalogenació esmentat abans, al butadièn (pas del butilèn a dibromur i eliminació de dues molècules de bromi per la calç sodada).

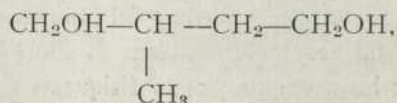
OSTROMYSLENKI parteix també del midó del qual deriva l'alcohol etílic; aquest passa amb un corrent d'aire sobre una tela d'aram escalfada, amb el què s'obté una certa quantitat d'acetaldehid; la mescla d'acetaldehid i alcohol és enviada tot seguit sobre alumina calenta, que origina la formació de butadièn amb eliminació d'aigua:



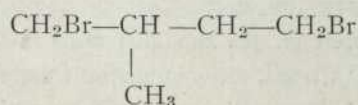
El tractament de les serradures de fusta pels àcids diluïts sota pressió, dóna una gran quantitat d'àcid levílic, el qual, pel pentasulfur de fòsfor és convertit en metiltiofèn i per reducció d'aquest amb un corrent d'hidrogen sobre aram escalfat, es forma isoprèn amb eliminació de  $\text{SH}_2$ .

A *Química e Indústria* el nostre col·laborador Sr. GALLARDO<sup>18</sup> esmentà diversos procediments i a llur lectura completa remetem al lector. Un d'ells, emprat en l'obteniment de l'isoprèn, és el següent: Es parteix del sodi metàl·lic que es dissol en el pirotartrat d'etil, dissolt al seu torn en alcohol absolut. De la dissolució obtinguda es destilla la major part de l'alcohol i s'addiciona aigua; el residu és sot-

mès a un corrent de  $\text{CO}_2$  que elimina el sodi i es centrifuga la massa resultant. El líquid filtrat s'evapora i el residu, per destil·lació, dóna el metiltetrametilglicol:

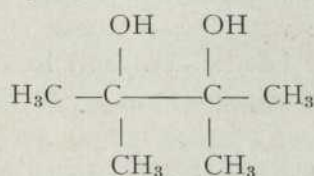


el qual per l'acció del  $\text{HBr}$  passa a dibromur de glicol:



que és separat per destil·lació fraccionada. El dibromur, per eliminació de les dues molècules de  $\text{BrH}$ , dóna isoprèn.

Per obtenir el dimetilbutadièn es parteix de l'amalgama de sodi, la qual, tractada per acetona dóna la pinacona



Aquesta pinacona, deshidratada amb sulfat potàssic, produeix el dimetilbutadièn.

#### POLIMERITZACIÓ DELS HIDROCARBURS NO SATURATS

Hem vist fins ara els diversos processos seguits per a l'obteniment d'aquests hidrocarburs. La llur condensació per donar lloc al cautxú artificial no ha presentat pas les fortes dificultats que hom ha esmentat per a l'obteniment dels primers.

Com hem dit abans, BOUCHARDAT assolí de polimeritzar l'isoprèn per l'acció de l'àcid clorhídric. Primer havia arribat al mateix resultat escalfant-lo en un tub tancat, on obtingué una barreja de polímers, entre ells colofèn i cautxú.

TILDEN anuncià i S. S. PICKLES confirmà experimentalment, la possibilitat d'autopolimeritzar l'isoprèn per la seva pròpia acció lenta i espontània. Aquesta via ha estat atentament estudiada. La casa Bayer escalfa el bu-

<sup>18</sup> A. GALLARDO, *Química e Indústria*, núm. 1, 1924, Barcelona.

tadièn en autoclau durant 4 dies entre 90° i 100°; després de refredament arrossega per un corrent de vapor d'aigua l'hidrocarbur no polimeritzat. La resta és cautxú.

A. H. RICHARD, partint del metilisoprèn, obtingué un cos molt semblant al cautxú natural per les seves propietats físiques i químiques.

Un mètode molt prometedor fou proposat per HARRIES en 1910. Consisteix a fer assecar l'isoprèn en un tub clos amb àcid acètic glacial. El mateix autor anuncia, i els fets han comprovat, resultats encara millors amb el sodi, amb el qual la condensació té lloc quasi quantitativament en fred. HARRIES aplicà el seu mètode d'ozonització del cautxú *Parà* a l'estudi del cos obtingut per l'acció de l'àcid acètic glacial i pogué comprovar que es tracta també de 1.5 dimetilciclooctadièn; però des del punt de vista físic el cautxú obtingut és sensiblement inferior. En canvi ha demostrat que el producte polimeritzat per l'acció del sodi presenta un resultat invers: disparitat de constitució química (STEIMMIG és d'opinió que una part del producte de la polimerització és constituït per 1.6 dimetilciclotadièn, és a dir, diversa col·locació del grup metil, degut a una condensació asimètrica de l'isoprèn) i sensible similitud en les propietats físiques.

\* \* \*

Finalment, cal esmentar les temptatives de preparació del cautxú sintètic per l'acció de ferments obtinguts del cautxú natural. En aquesta direcció hom ha partit de productes molt extesos en la naturalesa: quitrà d'hulla i hidrocarburs de l'ordre de l'isoprèn extrets, per fermentació, de la turba. Els ferments són

obtinguts per procediments diversos: dissolució del cautxú verge en benzè, exposició durant molts dies a la llum i precipitació per alcohol en determinades condicions; tractament i dissolució en oli a 40°-50° durant molts dies, o bé tractament del làtex per un ferment proteolític i reprecipitació d'aquest per un corrent d'aire.

\* \* \*

Les notes apuntades creiem que serviran per fer-se una idea de l'estat actual del cautxú sintètic i de com l'esforç perseverant dels investigadors es veu correspost, cada dia més, per l'assoliment de positius avenços que fan esperar que tant les diferències actuals entre el producte sintètic i el natural, que no són pas tan grosses com les que existeixen entre la goma *Parà* i un tipus africà dels dolents, com la qüestió importantíssima de l'assoliment de la matèria prima polimeritzable a bon preu, seran definitivament salvades i que a les síntesis admirables de l'indigo, de l'alitzarina i de la càmfora, podrem afegir-n'hi una de no menys important: la del cautxú.

Deia un director de fàbrica a un amic que li preguntà el seu parer sobre aquesta qüestió: "*Primer vull veure jo les patates sintètiques!...*" No tant, al menys per ara; però cal reconèixer que la síntesi del cautxú a partir de les substàncies amilàcies permet dir seriosament, el què amb ironia fou remarcat en ésser conegut el mètode: i és que si hom no obté patates sintètiques, es converteixen les patates en neumàtics per a auto, la qual cosa no deixa d'ésser sorprenent.

R. PEYPOCH i PICH