

PRIMERA PARTE

LANZAVENTURA



LOS ARTÍCULOS INCLUIDOS EN ESTE LIBRO APARECIERON EN LA PRENSA REGIONAL EN EL PRIMER BIMESTRE DE 1948. ESTA OBRA FUÉ ESCRITA DE MAYO A OCTUBRE DE 1950 EN LA CIUDAD DE LOS ADELANTADOS DE SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA Y TERMINÓ DE IMPRIMIRSE EN LAS PRENSAS DE LA IMPRENTA SINDICAL DE SANTA CRUZ DE TENERIFE EN EL MES DE DICIEMBRE DE 1951.



LA HISTORIA

A mediados de julio de 1405, tres naves, dos carabelas y una nao, calaban sus anclas en una playa situada al sudoeste de la Isla de Lanzarote, que entonces se nombraba aún, a usanza indígena, Tite-Roigatra. Desde primeras horas de la mañana, las altas atalayas del Risco, habían divisado las velas surgiendo del horizonte por el Norte. Hogueras y caracolas habían anunciado a toda la Isla la llegada de los barcos y la noticia había reunido sobre la playa de Robin-Con a la mayor parte de los isleños de cinco leguas a la redonda.

Era la nao un barco normando, semejante a los que condujeron a las costas de Inglaterra a aquel bastardo de Roberto el Diablo, Duque de Normandía, que, tras el triunfo de Hastings, había de coronarse como soberano, uniendo a su nombre de Guillermo el sobrenombre de Conquistador. Se trataba de una enorme ballenera con cubierta y forros de tingladillo, al estilo del norte. Dos palos, coronados por sendos tambores o nidos de corneja, donde hacían guardia los arqueros, daban sostén a enormes velas cuadradas, sobre

las que campeaban, pintados de azul, los roeles del blasón de La Salle y en rojo el león rampante de Bethencourt. A proa y popa, dos plataformas abarandadas, de las que colgaban por la parte de afuera los decorados escudos de los guerreros, servían de castillos, y de una especie de bauprés, que emergía del de proa, pendía el arpeo de cuatro uñas, que aferraba la nave contraria en el abordaje. Las carabelas, construídas en Portugal, eran naves de más reducidas proporciones. De hundido combés, con el forro al paño y tres palos, cruzados el trinquete y mayor y arbolando vela latina el mesana. Barcos ligeros y marineros con los que habrían de acometerse las más brillantes e inigualables gestas del mar, en aquellos siglos. En los tres lucían al viento profusión de pendones, banderas, estandartes, flámulas, gonfalones, gallardetes, grimpolas y cornetas multicolores, poniendo con sus paveses una nota de gaja pompa en la pequeña armadilla que se balanceaba a impulso de las olas.

Arriados los boteles, los primeros en

tomar tierra fueron dos docenas de ballesteros que, al pisar la negra arena, claváronse de hinojos y se santiguaron devotamente. Después, mientras las lanchas retrocedían por nuevos viajeros, se afanaron en dejar un espacio libre, apartando a los isleños que, confundidos con algunos europeos, habían acudido del próximo caserío de San Marcial y se apiñaban en rebaño sobre la misma lengua del agua. Para ello repartieron algunos golpes que los salvajes esquivaban entre risas y gritos de júbilo. Un fraile franciscano, llegado con ellos de San Marcial, dió unas palmadas y los indígenas formaron obedientes en dos grupos: Los hombres a un lado, las mujeres a otro. Siguiéron los botes dejando en la orilla nuevas personas. Más ballesteros, hasta cincuenta piqueros, veinte escuderos, con media armadura, cinco clérigos, doce criados con dalmática blasonada, portadores de trompas, serpentones, añafles y atambores, diez caballeros con armadura completa, y por fin, rodeado de sus pajes, con sobrevestes azules galoneadas de plata y seguido de su alférez, portador del pendón real, todo él recamado de aúreo cañuto, y dos escuderos con su lanza y su escudo, tomó tierra el señor de Bethencourt, príncipe vasallo de Canarias. Ballesteros y piqueros se apartaron a ambos lados, abriendo calle, resonó el metal de trompas y añafles y al ritmo lento de atambores desfiló la comitiva bajo un sol cegador y ardiente, refrescado por el blando soplo del Océano.

Los indígenas lanzaban gritos de admiración, de entusiasmo y bienvenida. ¡Es el Rey!—decían—. ¡Es nuestro verdadero Rey! Se abrazaban conmovidos unos a otros y cuando el señor, avanzando pausado y majestuoso, llegó hasta ellos, se postraron hasta tocar el suelo con sus frentes. El Lugarteniente o Gobernador interino de la Isla, Juan de La Curtois, que después moriría en Canaria peleando bravamente, a manos de los súbditos de Artemi Semidán, y el mesegüey local, que ahora había trocado su

exótico nombre de Guadarfía por el de Don Luis, hincaron sucesivamente una rodilla en tierra para besar su mano en señal de pleito homenaje. Después los clérigos entonaron el «Te deum laudamus», coreado por caballeros y escuderos.

Esta ceremonia tenía lugar al retornar Don Juan de Bethencourt de la Península, en su tercer viaje a Canarias y, confirmada la conquista de las islas orientales, refrendaba su título de Príncipe vasallo de Castilla, otorgado por el



Le vray Pourtrait de Messire Jehan de Bethencourt Roy des Canarias

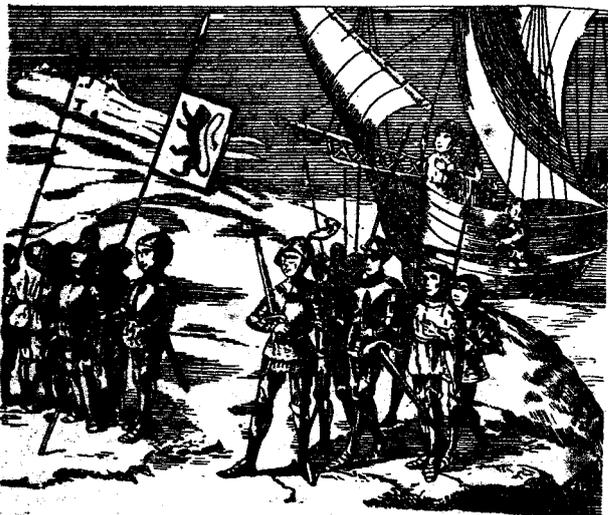
Balthasar Moncornet, fecit.

Don Juan de Bethencourt, el Grande. Que abrió para las Islas Canarias los caminos de la civilización y de la Fé cristiana.-(Grabado Moncornet.)

Rey Enrique III, llamado por la Historia «El Doliente».

La conquista de Canarias fué una consecuencia indirecta de las Cruzadas. En ellas los pueblos del norte surcaron con sus bajeles el Mediterráneo y los pueblos latinos pudieron confrontar sus navés con los navíos germánicos y escandinavos. Los barcos mediterráneos eran movidos a remo. Por ello eran bajos de

borda, de líneas afiladas y sus velas, incapaces de ceñirse al viento, eran solamente un auxiliar cuando éste y la mar se mostraban favorables. Los barcos del norte tenían más calado y sus velas cuadradas podían barloventear, pero en cambio su construcción era mucho más pesada y sus pilotos carecían de los más rudimentarios elementos del arte de navegar. Los primeros nautas de altura fueron los árabes, que importaron de la China la aguja magnética y aplicaron a la navegación la ciencia astronómica, que habían resucitado de las bibliotecas griegas y persas.



Desembarco de Bethencourt en Lanzarote.

(Del manuscrito de la Conquista de Canarias por Bontier y Le Verrier)

España y Portugal eran el punto de fricción entre ambas culturas, latina y germánica, musulmana y cristiana, mediterránea y atlántica y sobre la Península Ibérica, abierta a los dos mares, se fundieron y armonizaron. De la experiencia nació el arte y en las postrimerías del siglo XIV y los albores del XV surgió en estos pueblos el anhelo de arrancar sus secretos al mar y descubrir nuevas tierras. El espíritu de aventura de aquellos tiempos, exacerbado por la lectura de los llamados «Libros de caballería» y consecuencia de siete siglos de vida guerrera, que desarrolló hasta el máximo una mística caballerescas, el re-

torno a la cultura, que desempolvando viejos manuscritos, dió paso, con el humanismo, al esplendoroso Renacimiento, la fe religiosa cristiana, siempre proselitista y regeneradora, la ambición del oro, entonces como más escaso de mucho más valor, hicieron que en el lugar donde cristianos y musulmanes, por haber luchado y vivido juntos tantos años, por haber intercambiado ideas e ideales, naciese un loco deseo de lanzarse a los mares a bordo de las naves más aptas de su época para alejarse a grandes distancias.

El primer autor que, en plena Edad Media, relató algo que pudiera tener relación con el descubrimiento de Canarias, fué el geógrafo Xerif-ed-Drissi. Cuenta que, en el siglo XII, partieron de Lisboa, que entonces era musulmana, ocho marinos marroquíes, a bordo de una nave, los cuales, después de varios días de navegación y de tocar en algunas islas e islotes desiertos, llegaron a una muy grande y aparentemente inhabitada, en cuyas praderas pastaban abundantes corderos. Apresaron algunos, reembarcándose, mas no pudieron comerlos porque su carne era muy amarga. Llegados a otra isla, fueron cautivados por los indígenas que, al fin, les vendaron los ojos dejándolos en libertad, tras cinco días de bogar, en la costa de Africa.

Las leyendas de la existencia en medio del Atlántico de la Isla de Antilia o de las siete ciudades, repletas de riquezas, y de la Isla de San Balandrán, abad escocés que, en el siglo IV, acompañado de su discípulo San Maclovio, había emprendido la navegación del mar tenebroso, hasta encontrar una isla donde resucitó a un gigante para bautizarlo, y en la que se había instalado definitivamente, excitaban con su canto de sirena la fantasía de los marinos del siglo. Mas no eran sólo la ambición del oro y el incentivo de aventuras los móviles que enviaban a largas derrotas a los rudimentarios barcos de entonces. En Mallorca y Barcelona, una pléyade de geógrafos y cartógrafos judíos, recopilaba y traducía

todos los relatos de viajes conocidos desde los tiempos más remotos y el resultado de sus investigaciones era cuidadosamente registrado en las floridas y atractivas cartas de la época, surcadas por la tela de araña de los rumbos. Años más tarde un Infante de Portugal, Don Enrique de Avís, apodado «El Navegante», aunque jamás navegó, dedicaba su vida y sus rentas de Gran Maestre de la Orden de Cristo y Gobernador del Algarbe a fundar una escuela de astrónomos, cosmógrafos y nautas en una especie de bajel de tierra firme que avanza sobre el mar cerca del Cabo de San Vicente. La escuela de Sagres preparó el camino de los grandes descubrimientos y si Colón no debió a ella nada, Bartolomé Díaz, Vasco de Gama, Magallanes y muchos otros pilotos y descubridores aprendieron las reglas de navegación siguiendo las normas que en aquélla se instituyeron.

Es muy problemático que Canarias fuese visitada, como se afirma, por fenicios, griegos, etruscos, fenicios, cartagineses y romanos. Ni la relación de Plutarco, ni el relato del periplo de Hanón, ni la atribución de lugar hecha a los Campos Elíseos, por Homero, Hesiodo y Virgilio, ni la referencia a la fabulosa Atlántida que, en sus *Diálogos*, hace Platón, son argumentos definitivos y no otra cosa que elucubraciones de eruditos. Acaso el único testimonio digno de interés es la transcripción hecha por Plinio del memorial que de su viaje presentó a Augusto el rey de Numidia y señor del Atlas, Juba El Grande. Sin embargo, es bien extraño que habiendo sido visitados estos isleños por pueblos más civilizados permaneciesen aún en la más atrasada cultura de la edad de piedra, pues si es lógico que no conociesen el uso de los metales, por no existir ninguna mena de ellos en aquellas tierras volcánicas, no lo es tanto que hubiesen olvidado por completo el arte de navegar e incluso, entre los guanches de Tenerife, el de la navegación. Además su fauna y su flora eran

sumamente reducidas, cosa rara si hubiesen sido visitados quince o veinte siglos antes por tal diversidad de mercaderes y navegantes.

La primera noticia histórica incontestable del descubrimiento de las Canarias data de tiempos del Rey Alfonso IV de Portugal. El primero de julio de 1341 se hicieron a la mar en Lisboa tres carabelas al mando del Capitán florentino Angel Deltegia Corvici, llevando como piloto al genovés Nicolás Reco. Las tri-



Nave de la Conquista. (Grabado de la época)

pulaciones estaban compuestas por italianos, portugueses y españoles. Arribaron primero a Gran Canaria, donde desembarcaron, recogiendo un ídolo, después al Hierro, La Palma y Tenerife, acabando por recorrer todo el Archipiélago.

El relato de aquel viaje pronto corrió por toda la Europa civilizada y el Infante Don Luis de La Cerda, reclamaba para sí la soberanía del Archipiélago. Con la ayuda de los Reyes de Francia y Aragón logró que el Papa Clemen-

te VI, que a la sazón tenía su Sede en Aviñón, donde años más tarde el primer



Tipos de «majos» lanzaroteños.

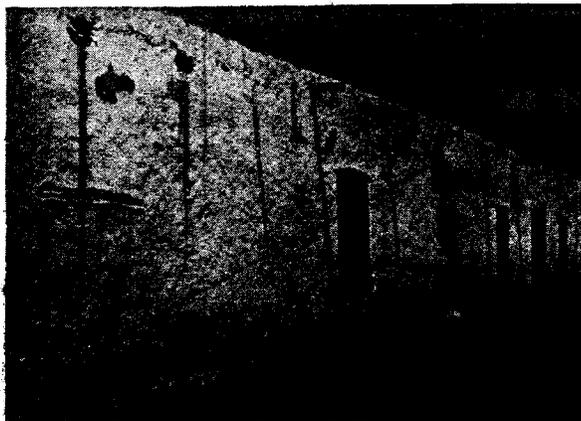
(Del manuscrito de la Conquista Canarias por Bontier y Le Verrier)

Papa español Benedicto XIII se haría fuerte en su palacio y resistiría durante cuatro años el asedio de las bandas de forajidos y las tropas reales, le otorgase una bula y como Rey de reyes le invitiese de Príncipe soberano, mediante la promesa del pago de un tributo anual, consistente en una considerable cantidad de oro acuñado en moneda de Florencia, que, por entonces, tenía fama de ser la banca de más garantía. La oposición de Alfonso XI de Castilla y la falta de medios económicos para emprender la conquista, malogró el reinado de este soberano *in partibus*, cuya lucida comitiva, llena de pompa y colorido, pudo admirar el pueblo aviñonés al desfilar por sus calles el día que fué ungido en la Catedral de Nuestra Señora de Doms.

Después fueron numerosos los aventureros del mar, corsarios, piratas, mercaderes errabundos, que en sus correrías llegaban hasta aquellas playas, hacían aguada, cortaban leña, robaban o trocaban algún ganado cabrío, cautivaban los indígenas que podían y tornaban a sus tierras de la Vizcaya, Galicia, Lusitania o la Andalucía.

En el año 1377, un hidalgo vizcaíno, Don Martín Ruiz de Avedáño, vino a tocar con su nave en la costa de Lanzarote,

Era entonces Meseguey, un tal Zouzamas, que lo recibió hospitalariamente, como a un ser superior venido poco menos que del Cielo. Según la tradición, el caballero Avendaño usó y hasta abusó de su hospitalidad, pues, prendado de su joven y reciente esposa, la bella Faima, la dejó, al partir, encinta. Concibió una niña llamada Ico, que gozó también fama de bella y matrimonió con Guanaréme. Muerto Zouzamas le sucedió su hijo Iguafaya, pero éste fué hecho prisionero y conducido a España con otros cautivos por una nave que ració la Isla. Debía sucederle su hermana Ico, mayor que él, pero sus súbditos le reprocharon su origen ilegítimo. La nueva Reina preconizada hubo de someterse a la prueba del humo, que diese fe de su nobleza: Encerrada en una habitación con otras cuatro mujeres de origen plebeyo, se las fumigó abundante-



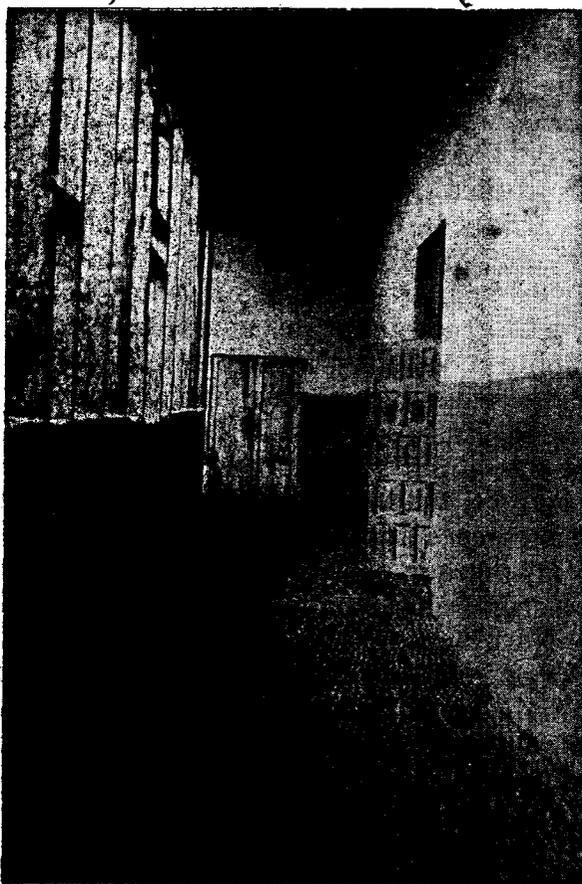
Casa-palacio de Maclot de Bethencourt y la Princesa Teguisse, en Teguisse (Lanzarote). Probablemente es el más antiguo edificio que se conserva en el archipiélago. Milagrosamente se ha salvado de su destrucción durante las "razzias" sarracenas. Como en Teguisse existía una "maretá" que proporcionaba agua abundante, esta casa ofrece la rarísima excepción de poseer canalones de desagüe. En el resto de estas islas todas las casas terminan en terrazas, cuidadosamente limpias, que recogen el agua de las lluvias y por tuberías de barro se conducen al aljibe. A lo largo de todo el año no se contará con otro líquido para los diversos usos domésticos.—(Fto. Ch.)

mente. Las villanas perecieron asfixiadas, pero Ico sobrevivió gracias a una esponja empapada en agua que aplicó a su boca y nariz, siguiendo el consejo de una

astuta anciana. En el corto espacio de tiempo que estos dos mesegueyes estuvieron en el poder se sucedieron expediciones de piratería que dejaron bien menguada la población de la Isla. Le sucedió su hijo Guadarfía, tímido y bondadoso, que acogió a Bethencourt como a un amigo y se puso bajo su protección. Su hija Teguisse casó con Maciot, sobrino del Conquistador, a quien éste dejó de Gobernador, en su postrer viaje a Francia.

Era Don Juan de Bethencourt, barón de Saint Martín de Gaillant, un caballero de noble familia normanda, establecida dos siglos antes en las costas francesas y que había sido escudero y más tarde camarlengo de su Rey. Alto, fornido, de ojos azules, noble nariz y rizada barba castaña, reunía magníficas dotes de prudencia, valor, tesón, lealtad y sobriedad unidas a una gran bondad y dulzura, virtudes estas últimas que no eran frecuentes en su tiempo. Su deudo, Robín o Roberto de Bracamonte, un clérigo que vivía en la Corte de Castilla, recibió de Don Enrique III la merced de las Islas Afortunadas, de las que hizo cesión a Don Juan el cual una vez que vió confirmados sus derechos por el Monarca castellano, decidió emprender su conquista. El primero de Mayo de 1402 salió del puerto de La Rochela a bordo de un navío tripulado por franceses y españoles, llevando en su compañía a su amigo Gadifer de la Salle, al franciscano Fr. Pedro Bontier y al clérigo Juan le Verrier, que fueron sus cronistas, a más de abundantes bastimentos. Después de hacer escala, a causa del temporal, en La Coruña y Cádiz, donde le abandonaron la mayor parte de sus tripulantes, desembarcó pacíficamente a primeros de Julio, en Lanzarote. Quiso proseguir la ocupación de Fuerteventura, que entonces estaba dividida en dos dominios, Jandía y Majorata, regidos por los mesegueyes Ayore y Guixé, separados por una muralla de la que aún quedan restos y que ha dado nombre al istmo de la Pared, pero no disponiendo más que de 50 hombres, hubo de retornar a Castilla

donde obtuvo ayuda del Rey Enrique III. Con estos refuerzos desembarcó en Fuerteventura y construyó el fuerte de Rico Roque, desde el que fué extendiendo su dominio, mas la resistencia de los majoreros y jandianos era grande y nuevamente acudió en demanda de auxilio al Rey castellano que se la otorgó generosamente, al mismo tiempo que le autoriza-



Galería de la casa de la Princesa Teguisse. El patio-jardín está rodeado por una galería empedrada a lo moruno a la que dan todas las habitaciones de la casa. Puertas, herrajes, pavimentos, techos y celosías son dignos de estudio.—(Fot. Ch.)

ba para repartir tierras, acuñar moneda y cobrar el quinto, y a su regreso, tras ligeras escaramuzas en las que participaron a su lado los hacheros lanzaroteños, acabó con la resistencia de los isleños de Fuerteventura a principios de 1405. Hizo después un viaje a Normandía, donde fué recibido en triunfo y en Mayo del mismo año 1405 se embarcó en Harfleur con

rumbo a Canarias. En esta última estancia en el Archipiélago intentó en vano conquistar Canaria, donde sufrió un descalabro, Tenerife y La Palma, pues sus fuerzas eran muy escasas para enfrentarse a la muchedumbre y espíritu combativo de los escarmentados indígenas, pero, hábil político, supo aprovechar las desavenencias que por cuestión sucesoria existían entre los caciques de La Gomera, y los buenos oficios del canario Argerón, hermano del Príncipe Armiche, que gobernaba en El Hierro, para someter pacíficamente ambas islas a su dominio. Mandó edificar un templo en San Marcial de Rubicón, en Lanzarote, y otro en Santa María de Betancuria, en Fuerteventura, que, sucesivamente, fueron Catedrales de los primeros obispos canarios. Tornó a Castilla, después de nombrar Lugarteniente o Visorrey a su primo Maciot de Bethencourt, que más adelante casaría con Teguisse, la primera dama canaria de la que tomó su nombre la Capital. Dió cuenta de sus éxitos al Rey y después de postrarse a los pies del Papa Inocencio VII, del que obtuvo una bula por la que se erigía el obispado de Canarias, volvió a Normandía. Allí, amargado al ver su tierra invadida por los britanos, y enfermo de lepra, falleció en brazos de su esposa Fayén en 1422 a los sesenta y dos años de edad.

El primer Obispo de Canarias fué un deudo de Bethencourt, Fr. Alberto de las Casas, oriundo de una vieja familia borgoñona, los Casaux o Cazás que en el siglo anterior se habían establecido en Castilla como tantos caballeros o aventureros de Borgoña, y de cuyo seno saldría el infortunadamente famoso Fr. Bartolomé de las Casas, cronista de Indias, que tanto contribuyó con sus escritos a forjar la *Leyenda Negra*, patraña que con tanto ensañamiento han esgrimido a través de la Historia los enemigos de nuestra Patria.

Hasta que los Reyes Católicos tomaron sobre el Estado la misión de conquistar las islas de Canaria, Tenerife y La Palma, dejando a Don Diego de Herrera

el título de Conde de La Gomera y el señorío de las otras cuatro islas, siete *Reyes* vasallos habían sucedido a Bethencourt. Todos ellos eran caballeros andaluces que transmitían o vendían el dominio por unos miles de doblas moriscas sin dar gran importancia a unas lejanas tierras que desconocían y les interesaban escasamente.



Castillo de Santa Bárbara (Teguisse). Antiguo Guanapay, el segundo fuerte que se edificó en la isla. De nulo valor militar fué tomado por todos los invasores que se lo propusieron, a pesar de la resistencia opuesta, y destruido dos veces. Sin embargo aún conserva un prestigio novelesco de fortaleza medioeval.-(Fot. Ch.)

A partir de Don Diego García de Herrera, la historia de las islas de Lanzarote y Fuerteventura es una enojosa y larga serie de pleitos sucesorios, un interminable relato de intrigas, vinculaciones, fondos, falsificaciones, rapiñas, en el que aparecen mezclados los linajes de Peraza, Herrera, Argote de Molina, Rojas, Henríquez, Saavedra, Duque de Estrada, etc., etc. Odios, felonías, hechos mezqui-

nos, crueldades, acciones sin grandeza ni gloria, en las que toman activa y nefasta parte las damas, y que habían de sufrir los isleños frecuentemente, sin que en semejantes actos les fuese otra cosa que el cambio de tirano.

Acaso los únicos acontecimientos dignos de mención pudieran ser las plagas y azotes que periódicamente descargaban sobre las islas, en forma de sequías, con su acompañamiento de terribles hambres que obligaban a los canarios a emigrar en masa para no perecer, y epidemias como el cólera, la peste y la fiebre amarilla, que, traídas por los barcos de la carrera de las Indias, se cebaban cruelmente en los pobres isleños, causando verdaderas hecatombes. Y por si todo esto fuese poco, piratas y corsarios tomaban como blanco de fáciles hazañas a estas miserables e indefensas gentes, presa mezquina que proporcionaba fuertes esclavos para sus campos y lindas esclavas para sus harenes, ya que la pobreza de los habitantes no les podía hacer esperar rescate si no era acudiendo a la real munificencia, como sucedió en 1618 con Felipe III.

He aquí una sucinta relación de algunas de estas calamidades:

1569 1669.—Nueve galeras del Rey de Fez, al mando del corsario Calafat, con seiscientos hombres de guerra, saqueó durante diecinueve días la Isla de Lanzarote, llevándose noventa cautivos.

1571.—El corsario berberisco Dogali efectuaba una nueva correría.

1586.—Amur-Aht, corsario argelino, con siete galeras y mil doscientos hombres, sitió el castillo de Guanapay, en Teguisse, que desmanteló, raciando y arrasando campos y aldeas y llevándose cautivas cuatrocientas sesenta y ocho personas, entre ellas la Marquesa de Lanzarote.

1593.—El arráez Jabán, con 600 corsarios, desembarcó en Fuerteventura y saqueó a Betancuria.

A fines del siglo XVI, tres expediciones de corsarios ingleses, de la carrera de las Indias, que trataban de hacer ba-

se o hallar refugio en Lanzarote, fueron sucesivamente batidas por el Marqués Don Agustín de Herrera, que envió a la Península una de las naves apresadas. En La Bufona, cerca de Arrecife, fué asimismo sorprendido un corsario inglés que conducía una nave española cargada de azúcar. En Fuerteventura desembarcaron cuarenta mosqueteros ingleses, con bandera, tambor y pífano, siendo rechazados por el Sargento Mayor de la Isla, un veterano de las guerras de Flandes, que les hizo frente con sólo ocho hombres. Al reembarearse en la playa fueron hostilizados por los moros mogataces del señor de la Isla, Don Gonzalo de Saavedra, que les hicieron algunas bajas.

1596.—En abril, una escuadra inglesa, al mando del Conde de Cumberland, encargada de atacar las colonias españolas de América, hizo escala en Puerto Naos (Lanzarote) y desembarcó un destacamento de 600 hombres al mando de John Berkley, que llegó hasta Teguisse, cuyo castillo tomó, y al no encontrar las riquezas que esperaba hallar, se entregó a un orgiástico festín, seguido de borrachera general, reembarcándose después y abandonando la Isla.

1618.—En mayo los arraeces Jabán y Solimán, con 5.000 hombres a bordo de una escuadra de 60 naves, cayeron sobre Lanzarote. Se dirigieron a Teguisse, que saquearon e incendiaron. Muchos naturales se refugiaron en la Cueva de los Verdes, cerca de Haría. Cerradas las dos bocas por los corsarios, hubieron de entregarse las novecientas personas allí refugiadas, a causa del hambre y la sed, siendo conducidas al cautiverio junto con otras cien.

1726.—Un corsario argelino, conduciendo una rica presa holandesa, se detuvo en Lanzarote para hacer aguada. Avisados los naturales por un renegado de la tripulación, el Coronel de las Milicias Territoriales, don Rodrigo Peraza, urdió una treta, bastante infantil, en la que,

no obstante, cayó el corsario, apoderándose de los barcos y sus tripulaciones.

1740.—Una balandra inglesa lanzó a tierra, por la parte de Tarajalejo (Fuer-teventura), un piquete de cincuenta hombres, los cuales pasaron a Tuineje, poniéndola a saco. El Teniente Coronel de Milicias Don José Sánchez d'Umpiérrez, al frente de un grupo de paisanos montados en camellos y armados de picas y chuzos, cargó sobre los ingleses, matando treinta y haciendo prisioneros al resto.

Ocho días más tarde 55 ingleses armados siguieron el mismo camino que los anteriores con el propósito de rescatar a sus compatriotas, pero todos perecieron a manos del Teniente Coronel Sánchez y su gente que sólo tuvo seis muertos.

1749.—Dos javeques argelinos desembarcaron en las playas de La Bocaina 400 hombres que, después de apresar la guarnición del castillo de la Punta del Aguila, destruyó la iglesia de San Mar-

cial, primera catedral de Canarias, y puso a caso a Femés, en Lanzarote. Un grupo de isleños, capitaneados por un fraile, los hostilizó hasta su reembarque, haciéndoles 70 muertos y recogiendo botín.

1752.—Los corsarios ingleses Lord Anson y Hawque arribaron a Puerto Naos con el propósito de apoderarse de los barcos de cabotaje habitualmente allí anclados. Hubo duelo de artillería con el castillo de San Gabriel, que domina el puerto y cuyos fuegos apagaron dos veces. Un piquete de cien marinos desembarcó por la parte de Los Mármoles. Los isleños quisieron repetir la suerte de la carga con los camellos, pero éstos, heridos y asustados por la artillería, se revolviéron contra sus conductores a quienes atacaron a mordiscos, estando a punto de ocurrir una catástrofe. Los ingleses, al no encontrar los barcos que buscaban, reembarcaron el destacamento y abandonaron aquellas aguas.



La Villa de Betancuria. Fundada por el Conquistador, ofrece un vivo contraste con los demás pueblos de la isla que conservan su carácter mudéjar. Su aspecto es medioeval y en ella los normandos dejaron impreso su sello. La iglesia, segunda catedral de Canarias, ha sido reconstruida varias veces.—(Foto Herrera.)

LA GEOGRAFIA

Las Islas de Lanzarote y Fuerteventura, son las más orientales de todo el Archipiélago Canario. Tanto desde el punto de vista geográfico, como del geológico, constituyen, con sus islotes anejos, un conjunto único. Surgen ambas del fondo del mar, por taludes abruptos, que comienzan a más de 1.500 ms. de profundidad, y constituyen el lomo emergido de una crestería alineada del Suroeste al Nordeste, estando separadas entre sí por el estrecho de la Bocaina, cuya máxima profundidad, en la alineación Papagayo-Lobos, es de 37 metros.

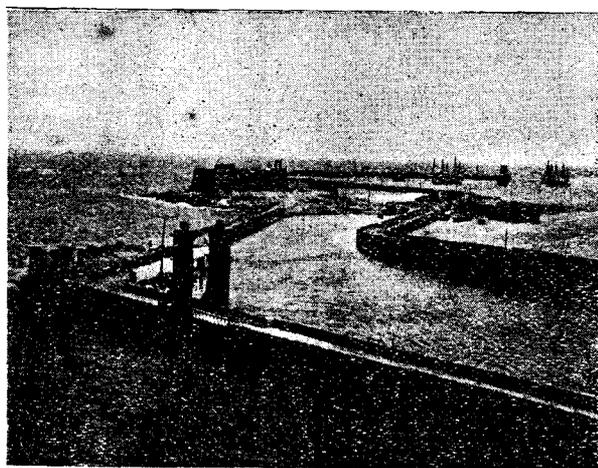
Su situación es : 28°,2' y 29°,14' de latitud Norte y 7°, 13' y 8°, 19' de longitud Oeste del meridiano de San Fernando. La extensión de Lanzarote es de 83.599 Hás. y la de Fuerteventura de 173.125 Hás. La mayor longitud entre Punta Fariones, al Norte, y Punta Jandía, al Sur, es de unos 171 Kms., incluyendo la Bocaina.

COSTAS.—Sus costas son, en general, escarpadas y poco accesibles. Batiadas por el mar las septentrionales, denominadas de barlovento, ofrecen escasos

y malos fondeaderos. Los pocos que existen se encuentran situados en las meridionales o de sotavento, mucho más abrigadas.

En Lanzarote, la parte que avanza más al Norte es punta Fariones, terminada en una serie de arrecifes. La costa continúa por el Oeste formando una playa que contornea el colosal Risco de Famara y constituye la orilla del estrecho del Río, que la separa de la Isla Graciosa. Esta orilla es baja hasta las puntas de Lomo Blanco, San Roque y Gallo y más adelante punta Ginete, bordeadas de bajos roquizos. Entre Punta Ginete y Punta Penedo se encuentra la rada de Penedo o de la Villa, bastante abrigada, en cuyo interior se halla el arrecife de Los Mariscales y la playa de San Juan. Entre las Puntas Penedo y Bueyes, existe una pequeña caleta llamada Cala-Caballos; sigue la costa acantilada, encontrándose a continuación la llamada Isleta del Río, en la que sobresale Punta Prieta, y separada de la Isla por medio de un estrecho canal o paso para botes. Sigue al Oeste la costa

escarpada, monótona e inaccesible, que, después de formar cala Anaviciosa y la punta Gaviotas, tuerce al Sur en Cabo Rosso, siguiendo en cantil hasta Cabo Ra-

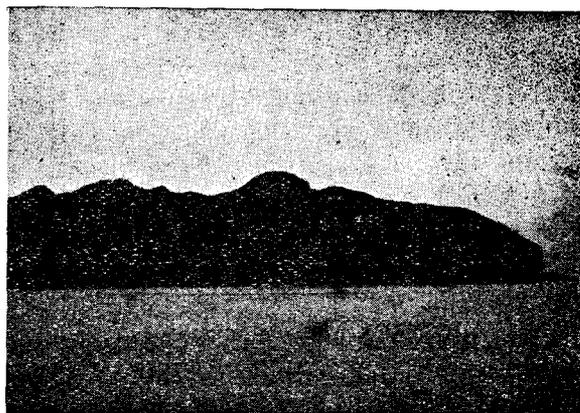


El puerto de Arrecife

Está excelentemente resguardado de los vientos del Norte y en otros tiempos estaba defendido por el Castiño de San Gabriel, cuyos muros y puente levadizo se ven en la fotografía. Hoy su calado es insuficiente para los barcos modernos y acabará por ser sustituido por el de Los Mármoles, en construcción, y situado un par de kilómetros más al Norte.
(Foto Manrique)

za, que forma la cala Falcones, baja y abrigada por una montañuela. Más al Sur se halla la playa de Janubio, cerca de la charca y salinas del mismo nombre. Continúa la escarpa, formándose entre Piedra Alta y Punta Abas, la cala de Abas. Viene después el Cabo Ginés y la Punta Pechiguera, rodeada de escollos, que dá entrada a la Bocaina. Dentro de ésta se encuentra punta Limones o Berrugo, la playa de las Coloradas o Playa Blanca, la Punta del Aguila, las playas de las Mujeres y del Paso y por último la Punta Papagayo, que es la salida del estrecho. A sotavento sigue la costa escarpada por la falda del macizo de los Ajaches, existiendo en ella la caleta de Trespiedras, hasta Punta Gorda, donde comienza la bahía de Avila, en cuyo fondo se encuentra Playa Quemada. Luego sigue la escarpa, viene Punta de la Tiñosa, el puerto del Burro y después del barranco de la Tiñosa comienza la larga playa de Matagor-

da, en cuyo centro se encuentra la Punta y Arrecife de Lima. Continúa la costa hacia el Noroeste por la playa alta de El Quemado, viene después el puerto de Arrecife y más al Norte, separados del mar por varios islotes, como el de El Francés y el de Cruces, los abrigos de Puerto-Naos y Los Mármoles. Después del antiguo fuerte de San José se encuentran las puntas de Chica, Grande y del Frailillo, con alta ribera. La Playa de Bastián forma una ensenada al Sur de la punta de Lomo Gordo, sigue Punta Mosqueros o Zote, la playa de las Cucarachas, la ensenada de las Gorrinas y el cabo Ancones. La costa toma ahora una dirección Norte. En ella está punta Cucharas, bordeada por una escollera, los Agujeros, puntas Abrigada, Pasito, La Baja y el Ajero, siendo la costa alta e inhóspita hasta morro Jabalí. Continúa la playa de La Garita y la rada de Arrieta, que sirve de puerto al pueblo de Haría. Más al Norte el cabo Mujeres, volviendo la costa a ser áspera y llena de escollos, encontrándose en ella Punta Usaje, Punta Escamas, La Caleta, Puntas Mojón Blanco y del Pato, cala Mora y el arrecife, playa y caleta de Orsola, con las charcas de la Novia y de la Laja, continuando la



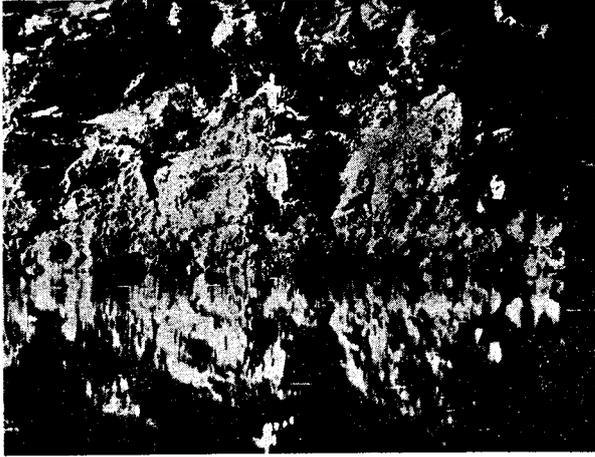
El Morro de Gran Tarajal

Alto crestón de lavas que avanza sobre el mar y resguarda por el Norte el puerto de su mismo nombre. (Foto Ch.)

playa baja, de la Cantera, a morir junto a Punta Fariones.

En Fuerteventura, frente a Punta Pe-

chiguera, en la Bocaina, se encuentra Punta de la Tiñosa o Gorda, más al Oeste Punta de la Vera, quedando entre ambas las caletas del Barco y del Bajo Almeji-



El Jameo del Agua

Este lago subterráneo, formado por infiltraciones marinas que siguen el ritmo de las mareas, está poblado por unos curiosos crustáceos semejantes a diminutas langostas de 1 a 4 centímetros de largo, que ofrecen la particularidad de carecer de ojos. En la bóveda existe un boquete abierto por una explosión, que sirve de claraboya por la que penetra la luz cenital en la lóbreguez del interior y al cabrillear sobre las aguas dormidas en su cuenca de negrísimas lavas, arranca de ellas destellos multicolores que pintan sobre techo y paredes reflejos irisados y movibles de un efecto extraño y deslumbrador, como si la caverna estuviese tallada en el interior de un diamante. (Foto Manrique)

llón. La costa continúa por la caleta del Majaniche, Punta Blanca y Punta Aguda, quedando a sotavento de la Punta de la Ballena, donde está instalado un faro, la Caleta del Tostón. Aquí tuerce la costa hacia el Sur existiendo en el litoral, el islote Rodrigo, los Islotitos y el islote de la Burra, más al Sur, la caleta abrigo, del Cotillo, siguiendo la costa baja por Punta del Aguila y de la Taca, cerca de la cual desemboca el barranco del Esquinzo; más adelante la playa del Tebeco, atravesada por el barranco del Jarubio. Al Sur de la punta del Salvaje se encuentra también el barranco de los Molinos. A partir de la Punta de la Cruz empieza la escarpa, estando cubierta materialmente de arrecifes, siguiendo uniforme

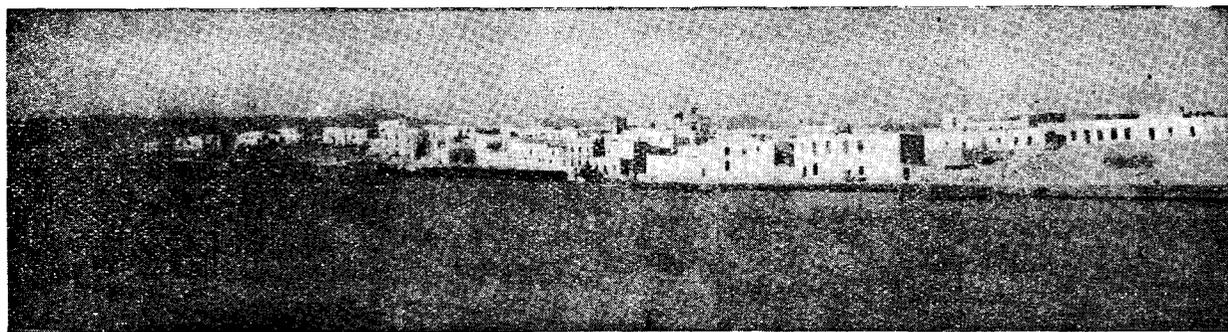
con muy pocos abrigos, hasta punta de Peña Horadada cerca de la cual se encuentra el puerto de la Peña. Continúa hacia el Sur la costa escarpada por punta de la Nao y Risco Blanco, Punta Amanay, playa de Ugan y de las Hermosas, donde está situado Puerto Nuevo. En la Punta de Guadalupe comienza el istmo de la Pared que separa la península de Jandía del resto de la Isla, siguiendo el litoral, bajo y arenoso, por las playas de Barlovento de Jandía y de Cofete, en el extremo de la península. Entre la Punta de Malrayo y la de Pesebre, está la caleta de la Madera. Al Sur está la Punta del Tigre y por último Punta Jandía, con su faro correspondiente, junto a la cual se encuentra el arrecife del Griego. Prosigue la costa baja por el Morro de Potala, Playa de las Pilas, hasta punta del Matorral o del Morro Jable, en cuyas proximidades está el puerto de la Cebada. Tuerce ahora la costa hacia el Nordeste siguiendo en línea recta la extensa playa de Sotavento de



LA GRACIOSA

El más importante, y único habitado, de los islotes que protruyen hacia el Norte Lanzarote, es como una linda novia de la isla mayor. Las alturas de Las Agujas se alzan de un lecho de blanca arena en el que muere dulcemente el mar abrigado de los vientos nortefños en el estrecho del Rio, cuya amplitud puede apreciarse a la derecha de la ilustración. (Foto Aviación)

Jandía, hasta el puerto de la Pared en el istmo del mismo nombre, donde tuerce al Este hasta Punta de la Entallada, en



VISTA DE PUERTO

La construcción del puerto desplazó hacia Puerto Cabras la importancia que anteriormente detentaba La Antigua, situada hecho que el Puerto de Gran Tarajal vaya adquiriendo cada vez mayor importancia, por estar mejor situado para la salida que Gran Tarajal llegue a absorber una parte

cuyo trozo se encuentra la punta de la Tiñosa, donde está el abrigo de Tarajalejo, la Punta del Puerto, el Morro del Gran Tarajal, donde se halla el puerto de este nombre, y el Porís de las Playas. Desde la Entallada tuerce la costa hacia el Norte siendo los accidentes más importantes Punta Toneles, la ensenada del Pozo Negro, la Punta del Viento, la del Muellito, la caleta de Fuste, donde se encuentra un antiguo castillo, la playa del Matorral, puntas Gonzalo y del Gavioto, que abriga el Puerto de Cabras, la Rosa del Lago, la Punta de Uña Gato, a partir de la que se extiende una larga playa, cubierta de dunas arenosas, que va tomando los nombres del porís y playas del Moro, de los Matos, del Viejo, y del Pozó, terminando en la ensenada de Corralejo, cerrada por la punta del mismo nombre en plena Bocaina.

Alrededor de Lanzarote, además de la Isla de Lobos, que como se ha dicho está en la Bocaina, tiene una extensión de 6'25 Kms.² y 150 metros de altitud en el cráter de la montaña la Caldera, existen los siguientes islotes anejos:

Isla Graciosa, al Noroeste de Lanzarote, separada por el Río, de un kilómetro de anchura. Tiene unos 9 kilómetros de largo por 4 de ancho, su superficie es de 27'24 Kms.² y su altura, en las Agujas, 267 metros. Existe un pueblecito de pescadores con 485 habitantes.

Montaña Clara, a algo más de un kilómetro, al Noroeste de Graciosa. Su extensión es de 1'12 Kms.² y su máxima ele-

vación 247 metros. Tiene un pequeño manantial y es habitada temporalmente por pescadores.

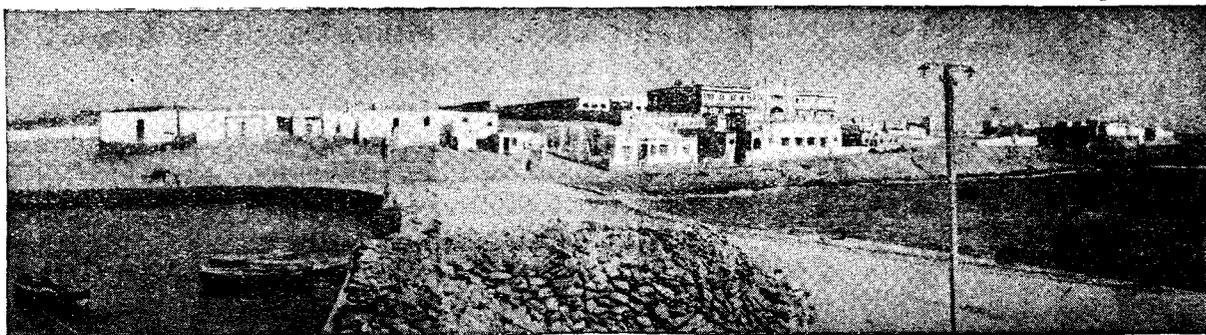
Alegranza. A 11 kilómetros al Norte de Montaña Clara, de 11'2 Kms.² de extensión y con una altura de 329 metros en la Montaña de la Caldera. No tiene otros habitantes que los torreros del Faro, y 8 pastores y guardianes del guano.

Roque del Infierno, situado en el canal que separa Montaña Clara de Alegranza, su superficie es de 0'07 Kms.² y es una mole basáltica desnuda.

Roque del Este, a oriente de Graciosa y bastante adentro en el mar, su extensión es de 0'06 Kms.² y su altitud de 81 metros.

Estas islas poseen los siguientes faros: Uno en Alegranza, de 16 millas de alcance; otro en punta Pechiguera, de 13'5 millas; otro en Atrecife, de 11 millas; otro en la isla de Lobos; otro en Jandía, de 22 millas y otro en Tostón, de 12 millas.

RELIEVE. Aunque las Islas Lanzarote y Fuerteventura son mucho menos montañosas que el resto del Archipiélago, debido a que por ser de origen más antiguo los agentes atmosféricos, al erosionarlas, han suavizado su relieve, no dejan de tener algunas alturas dignas de ser tomadas en consideración. Estas islas son eminentemente volcánicas y, por dicho motivo, en ellas su relieve tiene un origen completamente distinto del de los países continentales. En éstos las cadenas de montañas son arrugas o pliegues



DE CABRAS

en el centro de la Isla. Sin embargo la aparición de los regadíos directos o indirectos, al revalorizar las tierras del Sur, ha de sus productos. No sería de extrañar que en el futuro Tuineje o La Antigua vuelvan a adquirir importancia comercial y del tráfico de exportación. (Foto Hernández)

que se elevan sobre el nivel medio del terreno, en las que las aguas, al correr a las partes inferiores, labran profundos surcos o valles. En los países volcánicos, los cordales de lava forman a modo de largos lomos, que dejan entre sí hondos valles. Estos valles no han sido, pues, abiertos por las aguas pluviales y puede darse el caso de que tengan su salida cerrada, o sea, a un nivel superior del de las partes intermedias. La desintegración lenta a través de los siglos, sufrida por las lavas en Lanzarote y Fuerteventura, las convirtió en tierra (lateritas) que ha ido tapizando el fondo de los barrancos, haciéndolos mucho más anchos y menos profundos que en el resto de las islas. En resumen: en estas islas el relieve está muy dulcificado y abundan en ellas las mesetas, llanuras, lomas redondeadas, propias de los países viejos, y los anchos valles.

En conjunto, su sistema orográfico está formado por dos antiquísimos volcanes, de los cuales sólo quedan como restos dos semicráteres basálticos, el Risco de Famara, al Norte, y el macizo de Jandía, al Sur, extendiéndose entre ambos un puente en el que destacan dos macizos principales: los Ajaches y el de Chiligua.

En ambas islas existen dobles cadenas paralelas de volcanes de tipo efusivo o explosivo, según las épocas de su erupción, que siguen la alineación general de aquéllas.

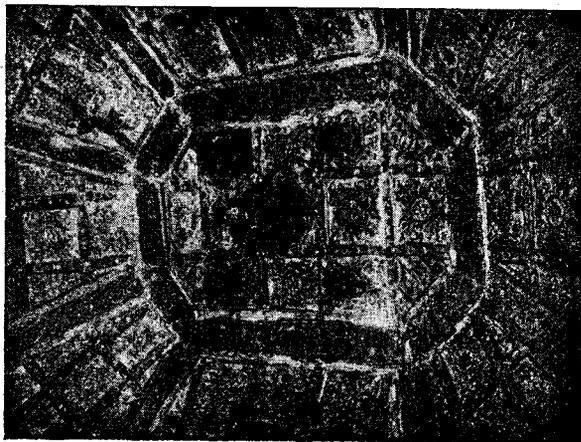
El Risco de Famara es un macizo ba-

sáltico que desciende a pico sobre la playa norteña desde alturas de 400 a 600 metros, y por abruptas terrazas escalonadas al Sur. A lo largo de la playa de Las Canteras se extiende el lomo de Zalahar, sigue el de puerto Dulce, más al Sur está la montaña Corona, bonito volcán extinto, dejando entre ellos el valle de Fuente Dulce. Enfrente se encuentra el contrafuerte de los Picachos y la Peña de Siete Leguas, que bordea el Malpaís de la montaña Corona. Después está el extenso Malpaís de Maguez con las Vaichuelas y las Cuevas, donde se hallan los jameos del Agua, de la Gente y la Cueva de los Verdes. Siguiendo el trazado de una terraza paralelo al Risco está el pintoresco valle de Los Castillos, en el que se abriga el pueblo de Haría. Continúa el Lomo de Topo Tegoso, y entre éste y Montaña Grande, en donde se yergue el pico de Mal Paso, prolongado al Sur por La Pequeña, se extiende el valle de Temiso. Por último, el Risco desciende hacia el Suroeste formando una estribación llamada de Las Laderas, donde se encuentra Lomo Blanco, Las Nieves, Pico Rocosó, Peña de Bonillo y La Vegueta y en él se halla la mayor altura de la isla: Las Peñitas del Chache (665 metros).

Entre el Risco de Famara y los extremos de la cordillera de Timanfaya y de la Montaña Blanca, se encuentra una gran depresión que atraviesa la isla de costa a costa, desde la bahía de Penedo hasta la Goleta, cerca de Arrecife. Se de-

nomina el Jable, por antonomasia, aunque en su interior se particulariza, entre Tao y Teguisse, el jable de Velta-Jai.

Cerca del pueblo de San Bartolomé



Artesonado de la Sacristía

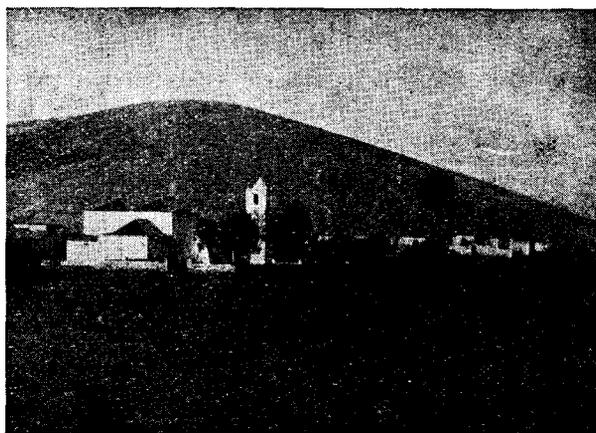
Iglesia de Betancuria. Pieza Notable de arqueología canaria es este techo dorado y policromado que sirve de dosel a una sala cuyas paredes están cubiertas de deliciosos e ingenuos frescos del medioevo. (Foto Hernández)

se inicia una serie de colinas, volcanes y volcancitos, que empezando en Cerro Negro y la Montaña de Uvigue, se enlaza con Montaña Blanca (598 metros), en cuyas proximidades se encuentran los volcanes de Mota, Masadiche, Tesiciña y Tisalaya, La Caldera Negra, Las Colinas de Juan Bello y los Morretos, continuando por los collados de Tersa y Grito, el Tabullo, La Horia, montaña Grahide, Tinastoria, Caldera Riscada, creciendo aquí en altura y torciendo al Sur en el Ajache y alcanzando la mayor elevación en montaña Hacha Grande (567 metros). Paralelamente, más al Norte, por Tinguatón, nace otra serie de colinas y volcanes que desde el Mogote de Yuco continúa, por Los Miraderos, a la cadena de Timanfaya, formada por varias líneas de volcanes que ocupan una longitud de más de 12 kilómetros y en las cuales existen más de cuarenta bocas. Al Oeste están las cadenas de Calderas Quemadas y Montaña Rajada, más al Sur está el macizo del Fuego o Timanfaya con 25 cráteres, al Este existe otra línea de volcanes llamados de Caldera de Fuencaliente, Colora-

da, Pico Partido, Tanga y Colorada Junto a Negra. Al Sur y al final del campo lávico está la Caldera de los Cuervos y más al Norte el volcán de Mazo. La Montaña de Fuego tiene su mayor altura con 513 metros. Cerca de la playa de Las Coloradas se yergue la Montaña Roja, volcán aislado en la misma costa.

En Fuerteventura, al Norte de La Oliva, da principio en Los Lajares una serie de colinas que alcanzan su mayor elevación en Montaña Muda y el Aceitunal, descendiendo después para formarse una planicie donde está situado el pueblo de La Antigua.

El suelo vuelve a elevarse al Norte de Betancuria, aunque ya no tienen estas montañas naturaleza volcánica sino plutónica, alcanzando una altura de 676 metros, el Morro de la Cruz, dejando el barranco de los Molinos al Norte, el valle de Santa Inés al Este y el barranco de Río Palma al Sur, continuando hasta montaña Cardones con 691 metros y terminando en las montañetas de Pasa



PÁJARA. (Fuerteventura)

Dírlase un pueblecito moro, un típico aduar, donde la torre de la iglesia semeja el minar de la mezquita. Casitas blancas con pocos huecos al exterior y la esbeltez de las palmeras dando la última pincelada para que la aldea acabe de parecerse a un oasis en medio de la tierra seca y calcinada.

(Foto Hernández)

Si Puedes. Al Sur de Casillas del Angel y paralela a la costa de sotavento nace otra cadena que por Rosa del Taro (593 metros), Agudó (494 metros), el Saladi-

llo, Caldera de Jacomar y Vigán (462 metros) va a morir en la costa en el cuchillo de la Entallada, cerca de Gran Tarajal.



Alrededores de La Antigua

En medio de una llanura de tierras profundas, posee cierta cantidad de aguas subterráneas que numerosos molinos de viento «valencianos» sacan a la superficie, para regar con ellas alfalfares y tomateras. Sin embargo es la almorta o chicharo y el garbanzo, los principales productos cuando las lluvias primaverales se han mostrado propicias. (Foto Ch.)

Las alturas más elevadas de la Isla se encuentran en la península de Jandía, donde están el cuchillo de Palo, el Pico del Fraile (683 metros), Las Orejas del Asno y el Pico de la Zarza (807 metros).

Todas estas cadenas de colinas son prácticamente perpendiculares a la dirección de los vientos dominantes (el alisio) y por ello abrigan o defienden a las tierras intermedias del azote de los mismos.

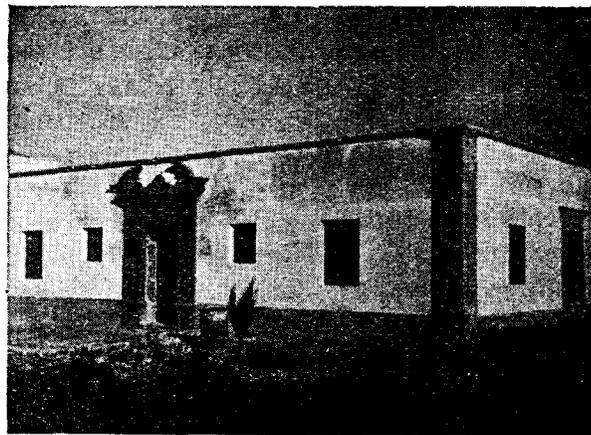
Como malpaíses o zonas no cultivables hay que citar los vertederos de la montaña Corona, en Haría, y toda la zona del Norte del macizo de la Montaña de Fuego, que llega hasta el mar. Son también característicos los lajares que existen al Norte de La Oliva, especie de canchales formados por lava solidificada de una manera especial.

No existen ríos ni arroyos en estas dos islas. El número de manantiales es muy pequeño y aun éstos dan escasísimo caudal. Es posible que en el Risco de Famara pudiera extraerse algún agua

por medio de galerías. El agua para el consumo de la población se obtiene recogiendo la de la lluvia por medio de aljibes o cisternas, en donde se conserva todo el año. En épocas de sequía pertinaz hay que transportarla desde otras islas. En Fuerteventura existe una capa profunda de agua salobre, aunque la proporción de sales que contiene permite su utilización para el riego de determinadas especies vegetales, como son la alfalfa y el tomate. En los barrancos de la cadena occidental de esta isla se han construido dos presas, una en Los Molinos y otra en Río Palma, o mejor dicho, en La Peñita, pero es claro que para que estas obras hidráulicas se llenen es necesario que llueva, mas por desgracia es muy frecuente que pasen tres y cuatro años seguidos con precipitaciones anuales inferiores a los 50 milímetros.

PAISAJE. A pesar de la uniformidad del clima y del conjunto geológico, en estos 160 kilómetros de tierra el paisaje es enormemente variado.

El valle de Haría, abrigado de los vientos del Norte por el Risco y con al-



Ayuntamiento de La Antigua

Typica muestra de arquitectura rural canaria, mezcla de edificación moruna embellecida por detalles externos del barroco colonial. (Foto Hernández)

go más de humedad que el resto de las islas, es verde y hay en él bastantes palmeras. El terreno montañoso está cubierto de vides y frutales que se dan a

pleno aire; la tierra, jugosa y fresca, muestra bajo la luz, que presta vivos coloridos a cada objeto, un conjunto delicioso, al pie de los crestones fronterizos donde las nubes se deshilaçhan al cruzar.

Más al Sur, los malpaíses de la Montaña Corona, ásperos y pedregosos, ya



La tierra de Las Montañas del Fuego

De paisaje lunar se han calificado estos lugares en los que la Naturaleza parece haber muerto definitivamente, pero en los que bajo una débil capa de la yerba y estéril tierra late aún con impetu el calor, fuente de energía y de vida.

(Foto Aviación)

más expuestos a los vientos, son también cultivados y se da el milagro de que a pesar de la inexistencia casi absoluta de la tierra vegetal, crezcan, entre las grietas de la lava, las tuneras y la vid, resguardadas por paredes en laberinto o corralizas.

La depresión del Jable está cubierta por un manto de finísima arena marina, que llega a formar barjanas o dunas en media luna. Las aguas del Risco se deslizan por Las Laderas y, bajo esta capa de arena, se conserva la humedad. Por ello existen también cultivos hortícolas, especialmente de batatas, melones, tomates y pimientos, que brotan aparentemente de la estéril arena.

- Desde Teguisse hasta Yaiza se extienden enormes llanuras o vegas, monótonas y tristes, en las que no se ve ni un árbol ni una hierba. Pero el hombre ha modificado el paisaje de forma bien curiosa. En primer lugar la tierra está dividida en

cuadriláteros que tienen todos los tonos del gris oscuro hasta el negro. Son los enarenados, de que más tarde se hablará, que destacan violentamente sobre el fondo amarillento o rosado pálido del terreno. Las viñas, además de la inevitable capa de arena negra y esponjosa, como la carbonilla de las estaciones de ferrocarril, tiene sus cepas resguardadas del viento por muretes de piedra en forma de media luna, con los cuernos apuntando hacia el Sur. Existen también especies arbóreas, como son las higueras, pero éstas se ocultan en el fondo de verdaderos pozos, de forma que se puede decir que aquí los bosques son subterráneos.

El macizo de Timanfaya era la zona más rica de la isla y desapareció bajo el manto de lapillis y lava, demasiado fresco para permitir el desarrollo de la vegetación. Es un caos volcánico, un paisaje lunar de tonos negros o rojizos, sombrío y silencioso, que nos muestra las huellas del furor de la Naturaleza, que, después de una crisis parosísmica, quedó inerte y como agotada, semejante a la muerte. Ni una mata, ni un árbol, ni un sólo ser viviente, insecto, lagarto o pájaro, ni una mísera fuente o charco en todo lo



Una calle de Teguisse

Teguisse es la única población con Betancuria, que en las dos islas orientales ostenta el título de Villa. Conserva muchos rasgos de la primitiva urbanización, de la que carecen los demás pueblos, que no hace mucho aún eran simples pagos o caseríos desordenados. (Foto Ch.)

que alcanza la vista. Conos volcánicos, ríos de lava solidificada, tonalidades ne-

gras, grises o rojas, la soledad y el vendaval silvando eternamente sobre este lugar desolado y tétrico, pero al mismo tiempo grandioso y original.



ARRECIFE

Como sucedió con Puerto Cabras y La Antigua, Arrecife acabó arrebatando con su puerto la importancia que durante mucho tiempo ostentó Teguise, en el interior de la Isla. Mientras la costa estuvo bajo la amenaza de piratas y corsarios, las poblaciones se asentaban en el interior y preferentemente al abrigo de un castillo, pero cuando el mar dejó de ser peligroso, el puerto sirvió de núcleo o fermento a una floreciente urbanización. Arrecife posee el mejor puerto y por ello es la más importante población de ambas islas.

(Foto Aviación)

—Al Norte se extiende el Malpaís; la llanura que hace sólo tres siglos era una rica vega, es ahora un conglomerado de arroyos petrificados, de escorias y amontonamiento de detritus volcánicos, por donde es penosísimo avanzar, no solamente por las desigualdades inusitadas del terreno, sino por la agudeza del filo de las duras lajas, erizadas de asperezas y anfractuosidades. Malpaís, país maldito, pero que encierra bajo una capa de poco espesor de materiales, acaso utilizables, la promesa de una buena y fértil tierra.

La isla de Fuerteventura ofrece tres aspectos diferentes. Grandes llanuras o mesetas, jalonadas, salpicadas, aquí y allá de pequeños conos aislados. Terreno parecido al castellano, tierra de cereales, uniforme y seca, donde algunos oasis ponen como en La Antigua y Gran Tarajal, la nota plumosa de las palmeras, al lado de los molinos de viento de tipo americano. Tierra escueta y enjuta, esqueleto de isla

como la llamó Unamuno, donde apenas existe vegetación espontánea y ésta es desde luego la desértica.

De Pájara al Valle de Santa Inés, por Betancuria, existen grandes barrancos abiertos por el agua en un macizo de rocas graníticas. El aspecto es el de una tierra de montaña, áspera, breñosa y batida por el viento norteño. Los valles son amplios, profundos y tienen cierta humedad.

Por último, Jandía es un enorme rullón de roca negra que se yergue violento y pujante sobre el lecho de blanca arena, formado por las extensas playas litorales.

COMUNICACIONES. Los puertos más importantes son los de Arrecife, Puerto de Cabras y Gran Tarajal. Existen también numerosas caletas y fondeaderos a todo lo largo del litoral especialmente en las costas de sotavento y en la Bocaina.

En Guazimeta, cerca de Arrecife, existe un aeródromo nacional. En Fuerteventura hay otro aeródromo en Tefía y un campo eventual de aterrizaje en Tetir.



MALPAIS

Este es el malpaís o país maldito. La lava lo arrasó todo, cubrió la tierra fértil y extendió sus masas de escorias, sus cordales de magmas solidificados, sus lajas, sus rocas porosas y duras, erizadas de agujas y perforadas de oquedades, por entre las cuales es penosísimo el caminar. (Foto Ch.)

Las carreteras son de tercer orden, pero gracias a lo llano del terreno y a la compacidad que pronto adquiere por el

tránsito rodado la arena volcánica que se emplea en los firmes, son bastante aceptables y cómodas para su categoría e incluso, por dicho motivo, muchas pistas y caminos vecinales son francamente accesibles para coches y camiones.

Las más importantes son : En Lanzarote, de Arrecife a Tahiche, donde se bi-



Rada de Penedo

En el Norte de Lanzarote se forma una profunda bahía limitada al Oeste por el Risco. Al fondo se distinguen los islotes de Graciosa y Montaña Clara. (Foto Ch.)

furca por la costa pasando por Guatiza y Mala a Haría, regresando por Teguisse a Tahiche. De Arrecife a Tinajo pasando por San Bartolomé, Mosaga y Tao con bifurcación en Tiagua a Soo. De Teguisse a Famara. De Teguisse á Uga. De Arrecife al Berrugo por Macher, Uga, Yaiza y Playa Blanca, con derivación a Femez. En total 115 kilómetros de carretera y 122 de caminos vecinales.

En Fuerteventura : De Puerto Cabras a Corralejo, pasando por Tetir, Tindaya, La Oliva y Lajares, con derivación a La Asomada, Manta, San Antonio y por Tetir a Tao, Llanos y Valle de Santa Inés. De Puerto Cabras a Gran Tarajal, por Casillas del Angel, Hampuyenta, La Antigua y Tuineje, con bifurcación a Triquivijate, la Florida, Jinijinamar. (De esta última parte una pista que por Chiliega va a la península de Jandía, y otro ramal que de Tuineje y pasando por Toto y Pájara muere en Betancuria). Total

95 kilómetros de carretera y 49 de caminos vecinales.

Poblaciones más importantes : Lanzarote tiene 31.823 habitantes, con 39 habitantes por kilómetro cuadrado, distribuidos en dos villas y 105 pueblos, aldeas y caseríos, agrupados en siete Ayuntamientos.

Arrecife, la Capital, con 9.121 habitantes, es alegre y acogedora, posee una bella Iglesia, rectas calles, buenos edificios y surtido comercio. Tiene también un Albergue o Parador de turismo, fábricas de salazón y conservas de pescado, salinas, dos cines, parada de taxímetros, teléfono urbano, interurbano e internacional y telégrafo. Es cabecera de un Batallón de Cazadores, Ayudantía de Marina, Cabeza de Partido Judicial, Administración delegada de Puertos Francos, Depositaria de Hacienda, Notaría y Registro de la Propiedad y posee Observatorio Meteorológico, Escuela Elemental de Pesca, Escuela de Artes y Oficios e Instituto de Segunda Enseñanza, 15 Escuelas Primarias y una de Párvulos. Existen tres Casinos. Es sede del Cabildo Insular y posee un modernísimo Hospital y Centro de Maternidad. Su único pago es Argana.

Teguisse, 891 habitantes, a 10 kilómetros del mar y 12 de Arrecife, a una altura de 261 metros. Antigua Capital de la Isla, con viejos conventos, el Castillo de Santa Bárbara, antiguo Guanapay y la célebre Mareta de la Villa, estanque de piedra en gradería, hoy casi cegado por las arenas, que recogía las aguas de una gran extensión de terreno para uso de los vecinos y los ganados. El Municipio tiene 6.799 habitantes y comprende los lugares de : Guatiza, Soo, Tahiche, Tao, Tiagua, Los Valles, Los Islotes, Teseguite, El Mojón, Muñique, Las Casetas, La Graciosa, Mozaga y Nazaret.

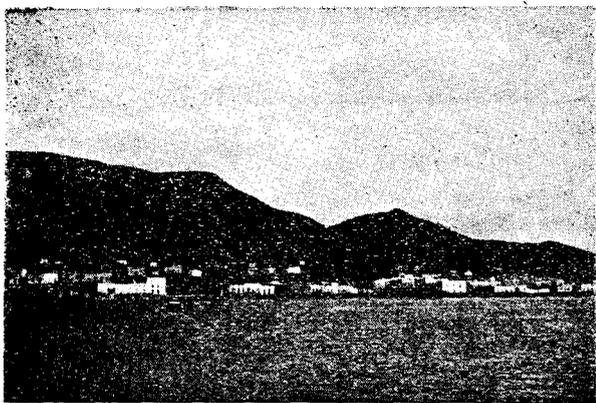
Haría (2.347 habitantes), situada a 28 kilómetros de Arrecife, en un pintoresco valle. A 8 kilómetros de esta población se halla El Río, panorama de gran belleza, y a 5 la cueva de Los Verdes y

el jameo del Agua. Las aldeas y caseríos más importantes son : Orosola, con linda playa ; Ye, Máguez, Arrieta, con un pequeño puerto ; Punta Mujeres, Taballaste, Malpaso y Mala. El Municipio cuenta 4.552 habitantes.

Tías (2.957 habitantes), a 12 kilómetros de Arrecife. De caserío muy diseminado, sus pagos y pueblos más importantes son : Matagorda, La Tiñosa, Las Hoyas, Conil, Masdache, Las Vegas, Testeina, Mácher y La Asomada.

San Bartolomé (1.870 habitantes), a 7 kilómetros de Arrecife, siendo los lugares de más importancia Goime, Mozaga, La Florida, Playa Honda, Montaña Blanca y El Isote. El Municipio tiene 3.113 habitantes.

Yaiza, a 22 kilómetros de la capital, cerca de la Montaña de Fuego. Cosecha buenos frutos, estando dentro del término enclavados los pagos de Femez, entre montañas, a 27 kilómetros de Arrecife, en él existen las ruinas de San Marcial de Rubicón, la primera catedral canaria ; Uga, Pedro Perico, Juan Perdomo y Janubio, en el Charco de su nombre, con salinas ; Playa Quemada, La Geria, La Hoya, El Golfo, Las Casitas, Massiot, Las



GRAN TARAJAL

Al pié de unas colinas se extienden el caserío que nació a la atracción de un simple espigón de muelle. No obstante el pueblo crece rápidamente; cada día se abren nuevos almacenes y casas de comercio y el tráfico adquiere mayor volumen. El aspecto del lugar es el típico del Oeste americano en la época romántica de la colonización. (Foto Ch.)

Breñas, Playa Blanca, El Berrugo y Papagayo.



El valle de los Castillos. — Lanzarote

Situado entre el Risco y los contrafuertes meridionales, abrigado de los vientos y con cierto grado de humedad, crecen en él profusamente las palmeras sobre el tapiz de eterno verdor; a él conduce una carretera en zig-zag de vistosas perspectivas. Al fondo y en el centro el pueblo de Haría y a la izquierda La Montaña Corona, volcán de cráter perfecto y sin duda el más bello y característico del Archipiélago. (Foto Ch.)

Tinajo, con una rica vega de enarenados que produce abundantes cosechas. Pagos : La Vegueta, Tajaste, Mancha Blanca, El Cuchillo y La Santa.

Fuerteventura tiene 13.173 habitantes y una densidad de 761 por kilómetro cuadrado, repartidos en una villa y 136 pueblos, aldeas y caseríos, reunidos en seis Ayuntamientos.

Puerto de Cabras es la capital, con 1.727 habitantes. Es residencia del Cabildo Isleño, cabecera de un Batallón de Cazadores y además de un buen Hotel de Turismo tiene telégrafo y teléfono. Juzgado de primera Instancia. Puerto Franco y Ayundantía de Marina. Los agregados son Tetir (974 habitantes) a 13 kilómetros de Puerto Cabras en un fértil valle, Casillas del Angel (857 habitantes) a 8 kilómetros de la Capital. Hampuyenta, en la que a fines del siglo pasado se construyó un hospital con el legado de Don Tomás A. Mena, Doctor en Medicina, que jamás se ha abierto al servicio por falta de

material y mobiliario, Guisgüey, La Matilla, Tefía, Matorral y Tesjuetes. Población total, 4.305 habitantes.

La Oliva (3.324 habitantes) a 520 metros sobre el nivel del mar en terreno muy seco pero productivo, sus pagos y aldeas son: Corralejo (en la Bocaína). El Cotillo, El Tostón, San Antonio, Manta, Lajares, Tindaya, Villaverde, Vallebrón, Caldereta y Puerto Laja.

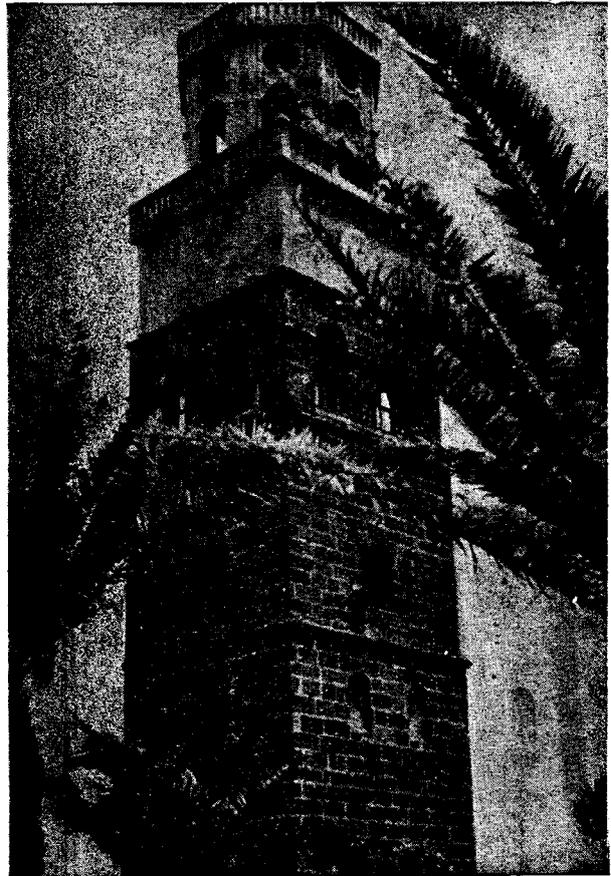
La Antigua (2.000 habitantes), a 19 kilómetros de Puerto de Cabras, en el centro de la Isla, sobre una llanura que cruza un barranco en el que numerosas norrias extraen las aguas freáticas para sus huertas y alfalfares. Ha sido hasta mediados del siglo pasado capital de la Isla, son sus pagos más notables: Salinas, Pozo Negro, Triquivijate, Llanos, Agua de Bueyes, Casillas de Morales, Pocetas y Valles de Ortega.

Santa María de Betancuria (725 habitantes), situada al borde de un profundo barranco en cuyo fondo crecen las palmeras. Como fundada por el Conquistador, aún guarda vestigios medioevales y casas de dos y tres pisos al estilo normando. En su Iglesia, que fué Catedral, se conservan los restos del pendón real de la conquista. La sacristía tiene un interesante artesonado del siglo XV. Son sus pagos Valle de Santa Inés y vega de Río Palma.

Pájara. (1.442 habitantes), con buena vega y alguna industria de adobo de corcobanes al estilo primitivo. Son sus barrios Toto, Chilegua, Morro Jable, Borjeda y Ajuy.

Tuineje (3.102 habitantes), cerca de Pájara, situado en el mismo valle. A él

pertenece el puerto de Gran Tarajal, por el que salen todos los productos del Sur de la Isla, que cada vez adquiere más importancia y se le ve crecer de día en día, no siendo extraño que acabe por ser el pueblo más importante de esta región meridional, La Florida, Jinijinamar, Tarajalejo, Tesejeraque y Tiscamanita.



Torre de la Iglesia de Teguisse

Este templo es uno de los más antiguos de las Islas. Fué destruido por los sarracenos y a fines del siglo pasado por un incendio, pues la techumbre solía fabricarse con un armazón de tea. Reconstruida la nave en un estilo completamente moderno, ha permanecido sin embargo la hermosa torre tal como se edificó en su tiempo. (Foto Ch.)

EL CLIMA

El Clima del Archipiélago Canario se deriva de la conjugación de dos factores importantes. Uno es el régimen de los vientos alisios, en cuya zona se halla incluido, y el otro la Corriente del Golfo, que lo encuentra en su camino de retorno.

Es sabido que en el paralelo 35° se encuentra una zona de altas presiones, que determina el nacimiento de la corriente aérea que se dirige a llenar el vacío creado en las zonas de calma situadas en el Ecuador, y es consecuencia de la ascensión de las masas de aire fuertemente calentadas por su contacto con la tierra en aquellas latitudes. Estos vientos llamados alisios, que habrían de llevar una dirección N.S., en realidad soplan del N. E. debido al efecto de compensación originado por el giro de la Tierra, ya que la velocidad periférica de esta, es mayor a medida que la latitud es más baja. Sin embargo, este efecto de compensación, que determina la oblicuidad de la dirección del viento respecto a los meridianos, es mayor cuanto más se acerca al Ecuador y, por este motivo, en las altas latitudes

la dirección de los vientos es sensiblemente la N. S.

Los alisios se caracterizan por ser vientos bajos y, además, por proceder del Trópico, al correr hacia latitudes inferiores, son frescos y, aunque se deslizan lamando el mar, por el motivo que apuntamos, poseen una humedad relativa escasa, ya que penetran en regiones más calientes.

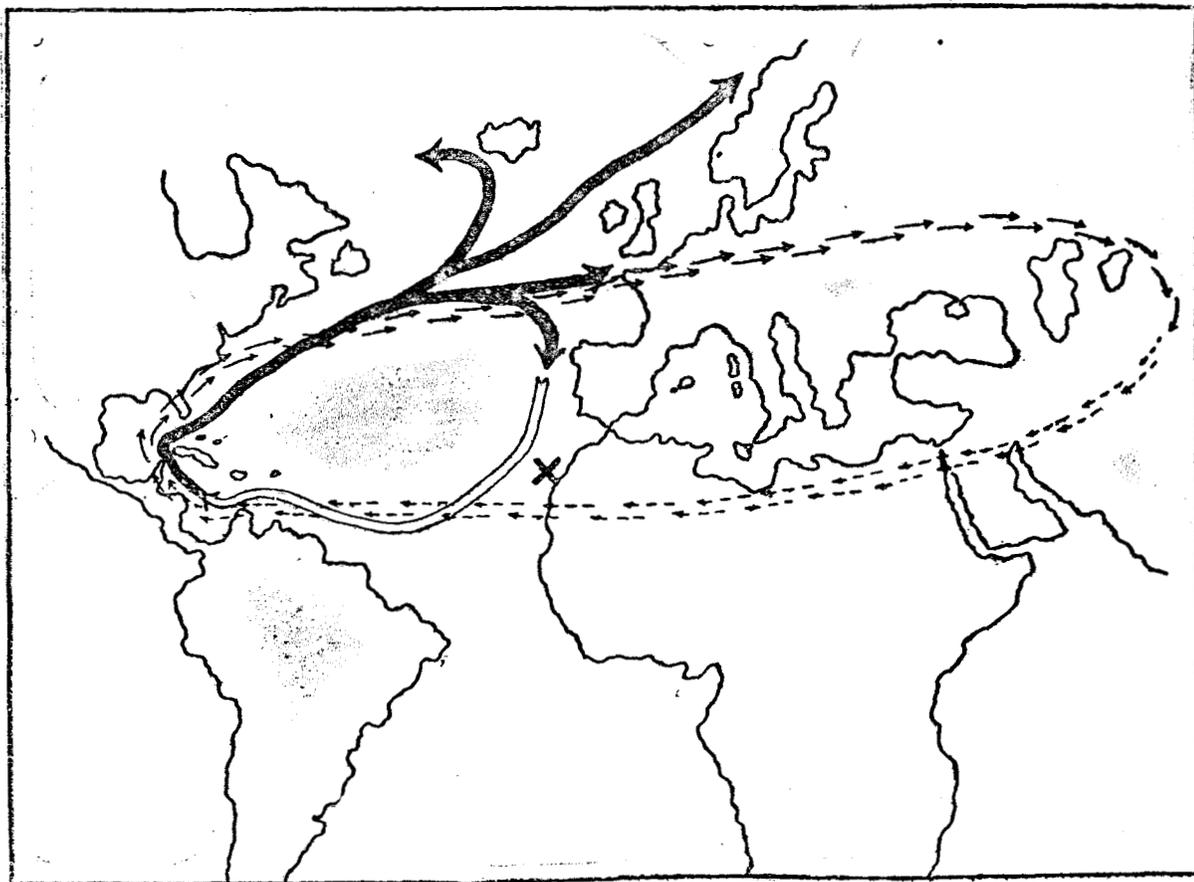
Por otra parte, desde el Ecuador se dirige hacia los Trópicos una corriente de aire caliente, que circula por encima de los alisios. Son los contralisios que, a semejanza de aquellos, por efecto de la rotación de la Tierra, no llevan la dirección S.N. sino que soplan del SW., pero aquí, la desviación de su dirección, respecto a la del meridiano, es máxima por encima del Archipiélago Canario, hasta el punto de venir francamente del W. De esta forma, resulta que las corrientes de los vientos alisios y contralisios se cruzan según dos direcciones opuestas, que forman un ángulo menor de 180° y que, en Canarias, se aproxima a los 90°.

La Corriente del Golfo, que, como es sabido, nace en el Golfo de Méjico, sale de éste a través del Canal de la Florida y pasando por el estrecho de Las Bahamas, se dirige, cruzando el Atlántico, hacia las costas europeas, dividiéndose en tres brazos, dos de los cuales se encaminan al Norte y el tercero, después de describir un semicírculo, hacia el Sur, y lamiendo las costas occidentales del Africa del Norte, pasa por el Oeste de las Islas Canarias, retornando al Golfo de Méjico, después de cruzar nuevamente el Atlántico central.

Esta corriente, ya fría, es la que baña con su margen oriental el Archipiélago Canario, y ella es la causa de que las isothermas anuales sufran una fuerte inflexión hacia el sur en esta parte del Océano, correspondiendo a las Canarias unas temperaturas medias inferiores a las de otras tierras de iguales latitudes de ambas masas continentales.

Además, hay que tener presente que a la Corriente del Golfo acompaña desde su nacimiento otra de aire cálido y húmedo que la abandona en las costas de Francia, siguiendo después por la Europa Central hasta el Norte del Caspio, donde gira contorneándolo, y sigue por Irán, Arabia y el Norte de Africa, hasta alcanzar nuevamente el Atlántico por la Mauritania, viniendo a morir en el Golfo, donde tuvo su origen. Como decía, esta corriente de aire es cálida y va cargada de humedad; descarga dicha humedad en la Europa occidental, Norte de la Península Ibérica, Francia, Alemania, secándose y enfriándose paulatinamente en Rusia y Persia, de modo que, al volver a calentarse en el Africa del Norte, ya casi desecado el aire, va desprovisto de humedad relativa.

Los alisios originan en sus bordes una zona de bajas presiones que ejerce



La corriente del Golfo

una especie de succión sobre esta corriente, y aunque por su naturaleza de vientos que se calientan progresivamente, pero de una manera, por decirlo así, retardada, debido a la influencia de la corriente fría del Golfo, son ya algo secos, se desecan aun más al mezclarse con los procedentes del Africa del Norte.

Así resulta que la Corriente del Golfo ejerce su acción sobre el Archipiélago, rebajando su temperatura media y dulcificando sus veranos.

Veamos ahora qué influencia tiene el régimen de vientos sobre su clima. En primer lugar, debemos distinguir dos formaciones isleñas completamente diferentes. Aquellas que poseen altas montañas y aquellas que, sin ser llanas, no tienen grandes alturas.

En las primeras, al chocar los alisios con las laderas septentrionales de las montañas, se ven obligados a elevarse y se comprimen entre la tierra y la corriente del contraalisio, que viene en opuesta dirección, la que, recuérdese, es de temperatura más elevada. El resultado es la formación de lo que en meteorología se denomina un «frente frío», con la subsiguiente formación de nubes y frecuentes

precipitaciones acuosas. Estas nubes se forman en la zona de fricción de ambas



Traje típico de Lanzarote

El justillo, ceñido por cordones, da a este vestido un sabor arcaico; la falda, de indiana listada, y el sombrero, de alas realzadas, demuestran el carácter mariner de Lanzarote. La blanca mantilla canaria, que resguarda del sol y enmarca graciosamente el moreno rostro, es el elemento que, con ligeras variantes, no falta en el atuendo de las mujeres de todo el Archipiélago. (Foto Turismo)



El Risco de Famara

Contemplado desde el Este con el comienzo de la rada de Penedo y la Graciosa en el fondo. El viento norteño, al chocar con el crestón de 600 metros de altura, se ve obligado a ascender, y al enfriarse, condensa su humedad en nubes que casi siempre coronan los picachos. Este es el «barrote» de los nativos, que proporciona humedad al Valle de los Castillos y a la depresión del Jable. (Foto Ch.)

corrientes, y, por eso, se encuentran a una altura media que es inferior a la del Pico de Teire, que desde el Norte de la Isla es difícil de divisar, a pesar de que su cima suele estar despejada de nubes. Este «frente frío» solamente se rompe cuando el sol calienta fuertemente la tierra y la corriente de aire ascendente lo barre; pero no por ello desaparece la nubosidad, ya que estas corrientes ascendentes dan lugar, por enfriamiento adiabático, a la formación de cúmulos.

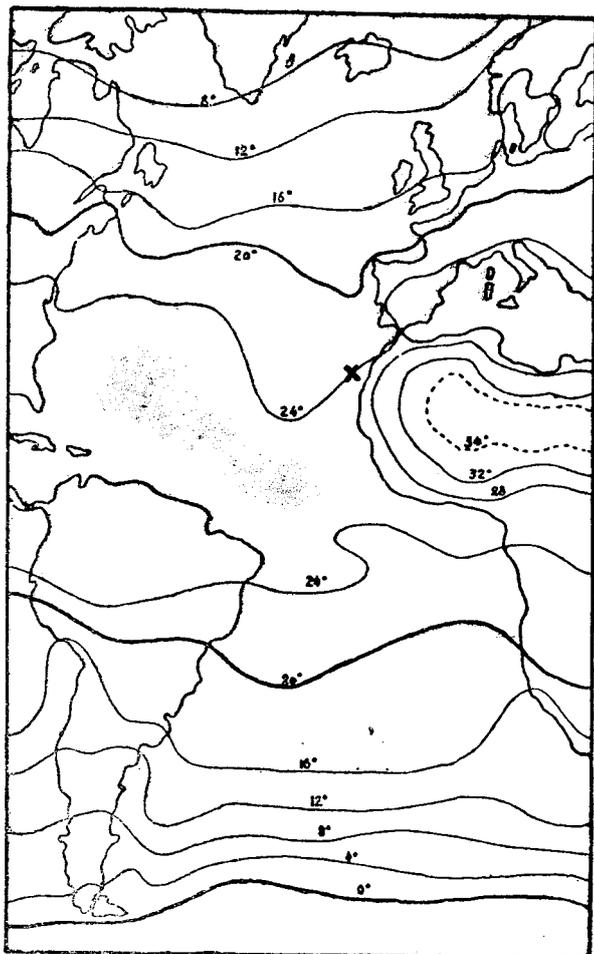
Cuando la altura de las montañas no excede de la de la zona de fricción, la

corriente del alisio sigue su camino traspasando la divisoria, pero, entonces, se convierte en viento de descenso o «fohen» que se calienta bastante antes de llegar al mar y es por lo tanto muy seco.

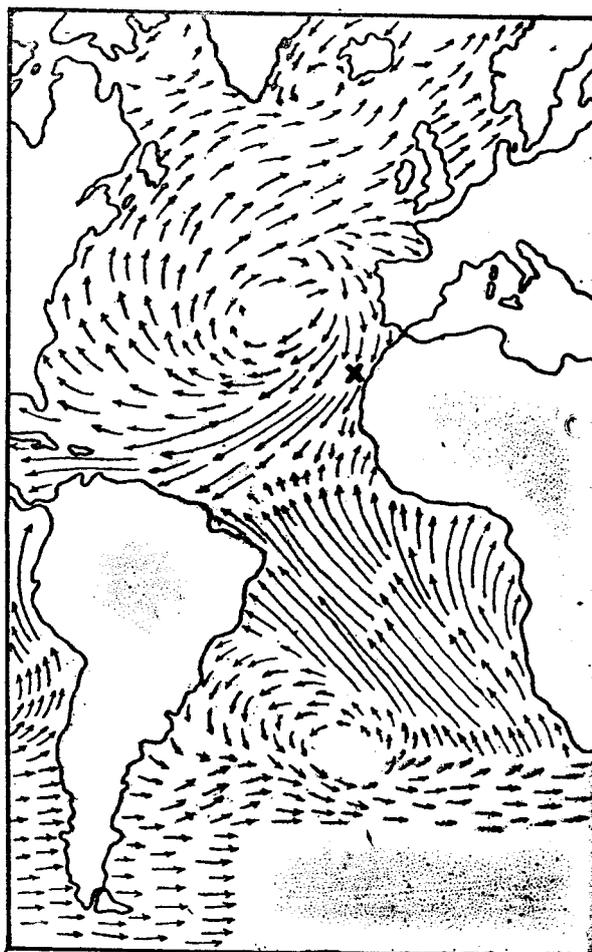
Si la cadena o sistema de montañas transversal, que cierra el paso al alisio, tiene alguna solución de continuidad,

da lugar a la ionización del aire. Esta capa, más o menos fuertemente ionizada, constituye una verdadera pantalla electrostática.

Es característica la nubosidad de cúmulos y estrato-cúmulos en la parte septentrional, de estratos en los pasos altos de los sistemas montañosos y desde



Isotermas anuales en el Atlántico



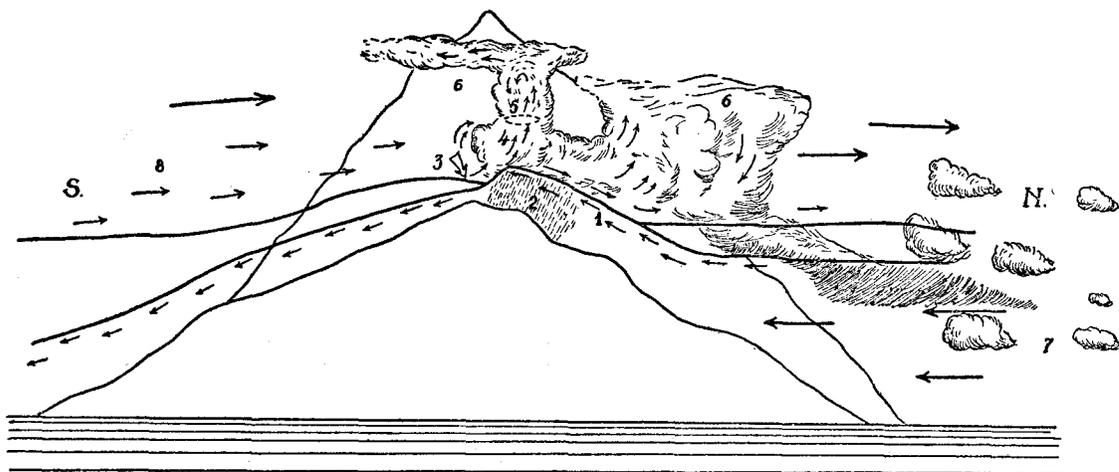
Régimen medio de los vientos en el Atlántico

por esta parte, que ejerce la acción succionadora de un embudo, se precipita al aire y es el sitio, como ocurre en el Valle del Agüere y Los Rodeos, en Tenerife, donde habrá más nubosidad y más precipitación.

Puede comprobarse además que, como consecuencia del ángulo con que inciden, al rozarse, ambas corrientes, se forma una especie de torbellino que gira en sentido opuesto a las agujas del reloj y

el Sur, puede apreciarse fácilmente cómo las nubes, traspuestas las crestas montañosas, van disolviéndose a medida que avanzan en esta dirección.

En esta parte del Atlántico el alisio toma un carácter monzónico en la estación de las lluvias en el Senegal, que corresponde a los meses de agosto y septiembre, meses en que su persistencia e intensidad son máximas, seguidos generalmente de algunos días en que saltan



Influencia del Régimen de vientos sobre el clima de las islas montañosas de Canarias.

1. Frente frío; 2. Lluvia; 3. Viento arrachado caliente; 4. Viento ascendente de gran velocidad;
5. Torbellino; 6. Yunque; 7. Alisio; 8. Contralisio.

del lado opuesto de la Rosa. Este viento del SE., después de haber atravesado la Mauritania, es cálido y seco hasta ser sofocante.

Así, pues, resumiendo, las islas con montañas elevadas tienen una parte septentrional húmeda, de cielo cubierto, y una parte meridional seca y cálida, bañada por los vientos «fohen».

En las islas con montañas poco elevadas, como Fuerteventura y Lanzarote, el alisio no encuentra obstáculos en su carrera y discurre libremente de Norte a Sur. No puede, pues, formarse un «frente frío» y no hay gran nubosidad. El fuerte caldeo que experimenta el aire a su contacto con la tierra, le hace ascender chocando con el alisio y estrechándole un poco con el contraalisio; pero como la humedad relativa del aire ascendente es aun menor que la de aquel que lo originó, no llega a formarse un «frente caliente» y sí, solamente, en la zona de descompresión de la superficie de contacto entre el alisio y el contraalisio, a sotavento de la isla, se originan brumas altas, que no llegan a tomar consistencia de verdaderas nubes.

Algunos años, los vientos de retorno de la Corriente del Golfo, que, procedentes de Africa, normalmente desembocan en latitudes más bajas, se desplazan

hacia el Norte y, también con un carácter marcado de monzón invernal azotan las Islas, trayendo a ellas los ardores, la sequedad y las arenas del Sahara.

De todo lo dicho se deduce que, así como las islas de Tenerife, Gran Canaria y La Palma, gozarán siempre en las medianías de su parte de barlovento, de la humedad suficiente para que la vegetación prospere, y las precipitaciones de las cumbres pueden irrigar buena parte de su zona meridional, en las demás islas, en mayor o menor grado, esto no puede suceder y, en este sentido, son las de Lanzarote y Fuerteventura las menos favorecidas por ser las de más escaso relieve.

El cuadro adjunto está confeccionado con datos obtenidos por el Observatorio Meteorológico de Guazimeta, en Lanzarote. Tres características saltan inmediatamente a la vista cuando se estudia.

Las temperaturas máximas no son muy elevadas, pues raramente sobrepasan los 39° C.; en cambio, las mínimas es raro que desciendan de los 12° C., siendo las diferencias entre las temperaturas máximas y mínimas, a lo largo del día, pequeñas, y, asimismo, es también pequeña la diferencia entre la temperatura media estival y la invernal.

Las lluvias anuales son insignifican-

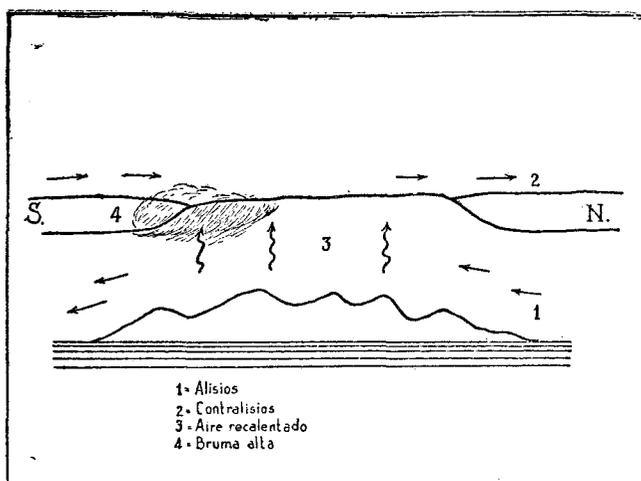
tes, pues la media no suele sobrepasar los 80 mm., pero como el número de días de lluvia es de unos 23, la mayor parte de la precipitación es tan pequeña, que, sin llegar a penetrar en el suelo, se vuelve a evaporar con rapidéz.

La humedad relativa media es también escasa, alcanzando su máximo valor de 77%, en el mes de abril.

En cambio, el viento sopla constantemente, y casi de una manera invariable,

del Nordeste. Su intensidad es bastante regular, alcanzando el máximo valor en los meses de julio y agosto. El recorrido anual es de unos 209.000 kilómetros y el número de días de calma puede calcularse en 0'3%.

En resumen : el clima de estas Islas es, evidentemente, seco, de temperaturas subtropicales, dulces e invariables, y en cambio, el viento alisio sopla con regularidad e intensidad del Nordeste.



En las islas bajas el viento no puede descargar su humedad.

LA GEOLOGIA

Lanzarote y Fuerteventura constituyen un solo conjunto montañoso volcánico, formado, en su casi totalidad, por materiales eruptivos, pues, a parte de éstos, según veremos más adelante, existen solamente tres formaciones que no son de origen volcánico. Los materiales de que están constituídas estas dos islas pueden agruparse de la siguiente manera :

1.º Macizos de basalto antiguo situados especialmente en las partes Norte, Sur y Central del conjunto. El primero lo constituye el Risco de Famara, situado en la parte septentrional de Lanzarote. El segundo lo forma el macizo de la península de Jandía, extremo meridional de la isla de Fuerteventura y el tercero está constituída por la cadena de Los Ajaches, que desciende bruscamente sobre el mar, al Sur de Lanzarote. En esta formación se encuentran las alturas más notables de ambas islas y sus basaltos se consideran procedentes de la Era Terciaria.

2.º La zona de los volcanes antiguos, constituídos por la mayor parte de las is-

las, con excepción de la comarca de Timanfaya, donde están situados los macizos de la Montaña de Fuego y de la nueva Montaña de Fuego y sus campos lávicos correspondientes, en Lanzarote, del enclave holocristalino de Betancuria y algunas comarcas de volcanes recientes, situados en las regiones de La Oliva y Gran Tarajal, en Fuerteventura. Sus materiales son : traquitas, algunas forman parte de volcanes cónicos homogéneos y sin cráter y tienen colores abigarrados, por lo que fueron confundidas con jaspe, otras son blancas y deleznales ; otros basaltos antiguos, alterados, formando capas alternativas de lavas y tobas, constituyen el denominado «trapp». Forman casi todas las alineaciones montañosas y alcanzan alturas de hasta 685 metros en la parte meridional de Fuerteventura. Forman malpais antiguos en vías de lateritización muy avanzada o campos de lapillis y cenizas que han ido aglomerándose con el tiempo. Es desde luego la parte más cultivable de las islas, consistiendo la labor, esencialmente, en la limpieza del te-

rreno de piedras lávicas, escorias grandes y bombas volcánicas, agrupándose en característicos montones, y la rotura de la costra superficial de lapillis, que en otros existe.

Malpaíses de lava escoriácea o cordiforme, volcanes de lapillis y cenizas,



La Caldera de Los Cuervos en Timanfaya

Cráteres, volcanes, conos de ceniza, amontonamientos de escorias, ríos de lava, ruina y desolación: esto es Timanfaya. Pero en su eterna soledad, en la que el viento pone un sonoro y cambiante arpegio al cruzar las barrancadas o desfilar por las grietas, en sus tonos sombríos y trágicos, en sus extensiones yermas y quemadas, se encierra un extraño atractivo que invita a la mística meditación. (Fl. Aviación)

llanuras de una arena basáltica negra, llanuras de una arena calcárea blanquísima, llanuras de lateritas rojas u ocráceas, éste es el aspecto de Lanzarote, pero donde quiera que la roca se ha meteorizado, allí donde una capa de tierra de más o menos espesor se ha formado, ésta es tan fértil que a poca agua que se le dé, rinde, bajo un clima dulce y soleado, aunque ventoso, mil por uno.

3.º Zona de los volcanes modernos que existen a sotavento del Risco de Famara y abundan en la parte Norte de Fuerteventura. Sus basaltos pueden subdividirse en tres grupos, por orden de antigüedad :

a) Volcanes escoriáceos, rojizos, con escasez de lavas flúidas y abundancia de materiales explosivos.

b) Emisiones de tipo efusivo, forma-

das en volcanes de lavas muy flúidas, que discurren en mantos cordados y se extienden en superficies remansadas, que en el país llaman «lajares» (fladen laven).

c) Volcanes que participan de los caracteres de los grupos anteriores. Abundancia de materiales explosivos y emisión de lavas negras y escoriáceas que forman ásperos malpaíses.

Las formaciones de los grupos a) y b) se hallan principalmente en las zonas Norte y Nordeste de Fuerteventura y en los campos lávicos de la Montaña Corona, en Lanzarote, y la c) en el centro de Fuerteventura y en la región de Timanfaya, de Lanzarote.

4.º Volcanes cuyas erupciones tuvieron lugar en época histórica y concretamente en los siglos XVIII y XIX en Timanfaya y Tinguatón (Lanzarote).

Esta zona, que era la más rica de la Isla, ha desaparecido bajo el manto de lapillis y lava que la arrasó.

El Macizo del Fuego, en un espacio de 9 por 6 kilómetros, tiene 25 cráteres. La cima más alta tiene 513 metros y se eleva a unos 250 sobre la llanura. Está formado por un piso de escorias negras,



Grietas insondables en el volcán

En los volcanes de Las Cuevas y Calderas Quemadas del grupo de las Montañas del Fuego, existen grandes grietas que no han sido aún exploradas. Su profundidad es tan considerable, que no llega a oírse el ruido de las piedras que se arrojan, al chocar con el fondo. (Foto Manrique)

rojas y amarillas, y lapillis diversamente coloreados. Se aprecia que la cresta es de lavas antiguas y capas de tosca (aglomerados de cenizas y lapillis), que asoman aquí y allá en las abruptas escarpas y que corresponden a la vieja Montaña de Timanfaya. Forma la línea de cumbres un arco abierto al Nordeste, rodeando a una profunda depresión, en la que existen tres cráteres, separados por bajos lomos de escoria. Este arco de círculo que forma la cresta se enlaza por el Este con otra cumbre más baja, también en arco de círculo, pero abierto al Oeste, de suerte que, entre los dos, forman una especie de «S», cuyo extremo meridional es el llamado Lomo del Azufre, por los costrones de toba de color amarillento que lo cubren, el cual contournea una poco profunda depresión, correspondiente, al parecer, al fondo de un viejo cráter; en este sitio y en las vertientes internas del Lomo del Azufre, es donde hasta hace poco tiempo las emanaciones caloríficas eran más perceptibles. Posteriormente se ha descubierto otra zona de viejísimas lateritas contorneadas por los cordales de lava de las emisiones del siglo XVIII, llamado Islo de Hilario, situado 1.200 metros al Suroeste, en donde la termalidad está más cerca de la superficie y tiene mayor intensidad.

5.º Materiales de origen no volcánico:

a) El accidente geológico más notable de Fuerteventura es, sin duda, el gran afloramiento de los materiales holocristalinos y preterciarios, que en las otras islas sólo suelen verse como pequeños enclaves o cantos, incluidos entre rocas más modernas. Este afloramiento está constituido por una roca, que en el país denominan como granito, pero que es principalmente diorita y sienita, sin que falten otras rocas intrusivas como el verdadero granito. En él está situado el pueblecito de Betancuria y su extensión no es menor de 30 por 15 kilómetros. Anteriormente se benefició una can-

tera de diorita que actualmente está abandonada por la carestía del transporte.

b) Arenas voladoras. Son éstas conducidas por las corrientes marinas a las playas de barlovento y que el viento transporta a través de la isla, siguiendo, en Fuerteventura, el Istmo de Jandía y



La majorera

El vestido típico de la mujer de Fuerteventura recuerda mucho el de las antiguas beduinas del Sahara. Haldudo sombrero de paja adornado con cordones y borlas, la amplia sobrefalda con los característicos calados del país, se levanta por detrás y al cubrir la cabeza, sirve de mantilla y velo, tomando la apariencia de un jaique. (Foto Turismo)

una depresión que nace en la bahía de Penedo y termina en La Goleta, al Sur de Airrefe, en la de Lanzarote. Están formadas por acumulaciones de un fino material de naturaleza calcárea, de origen marino y procedencia animal, que los naturales denominan «jable». Es una arena blanca, fina y mate, completamen-

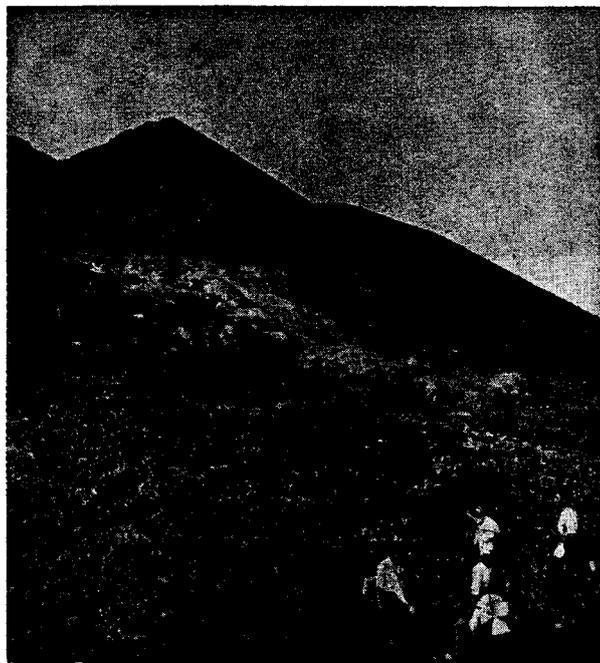
te soluble en ácido clorhídrico, no dejando otro residuo que tal o cual partícula de material lávico y un sedimento arcilloso, ligero como un velo. Examinado al microscopio, se ve está formada por delgadas laminillas procedentes de la intensa trituración de conchas, no percibiéndose entre las partículas ninguna que muestre el característico brillo del cuarzo.

En general, el espesor del manto arenoso es pequeño. Entre él arman los peñascos lávicos del subsuelo, de tal modo, que la corriente de lava se distingue perfectamente. Sin embargo, cuando el viento sopla con fuerza, levanta espesas nubes de polvo que ocultan la vista. Se ha calculado que en estos días se sepultan en el mar, por el Istmo de Jandía, hasta 70 toneladas de arena en 24 horas. A veces forma característicos médanos en media luna, de cien y más metros de longitud por diez o doce de altura, que llegan a interceptar temporalmente la carretera. El estudio de los fondos mari-

nos, efectuado en diversos sondeos y especialmente por el «Princesa Alicia», el yate del Soberano monegasco, y el de estas arenas calcáreas, ha conducido sin discusión, a establecer que proceden del fondo del Atlántico, por el cual son arrastradas por una corriente submarina, lavadas de otros materiales más pesados, al ascender por las laderas de la isla, y depositadas por las olas en las costas bajas de barlovento. Posteriormente el alisio las seca y transporta a través de ella, hundiéndolas otra vez en el mar por sotavento.

c) Travertinos. Así denomina el profesor Fernández Navarro a un barniz calcáreo que, por cementar, a veces, a las mismas lateritas o cubrirlas, se considera, generalmente, debe tener un origen aún más moderno. Su potencia es considerable, en algunos puntos, como por ejemplo, por encima de la playa de Tarife, junto a Chilegua, alcanza 100 metros de espesor. Tiene asimismo importancia en Matas Blancas y en el Cotillo (Jandía) y en La Peña (Costa occidental), en Fuerteventura. Esta piedra ha sido de antiguo objeto de explotación, constituyendo uno de los principales recursos de la isla de Fuerteventura. Se obtienen buenas piedras de sillería y, calcinadas, suministran una excelente cal, que se exporta al resto del Archipiélago. También se beneficia esta piedra calcárea al Norte de Ubigue, entre la banda de arenas voladoras y la carretera de Arrecife a Teguisse, donde los costrones y fragmentos sueltos abundan. También abundan estas calizas en el territorio que se extiende desde Teguisse hasta Las Laderas, en la vertiente occidental del Risco de Famara, y sobre todo al Este de El Jabie, en una zona ancha de un par de kilómetros, que comienza en Penedo y termina en Tahiche.

Muchos geólogos han emitido su opinión sobre el origen de este barniz calcáreo que recubre Lanzaventura, pero este es el día en que no se ha deducido ninguna conclusión definitiva y son un



Torrente de lava en Timanfaya

Entre los conos volcánicos cubiertos de cenizas y lapillits, la lava, cordiforme en la parte alta, escoriacea en la baja, discurre como un río petrificado. (Foto Manrique)

verdadero misterio las causas que lo produjeron.

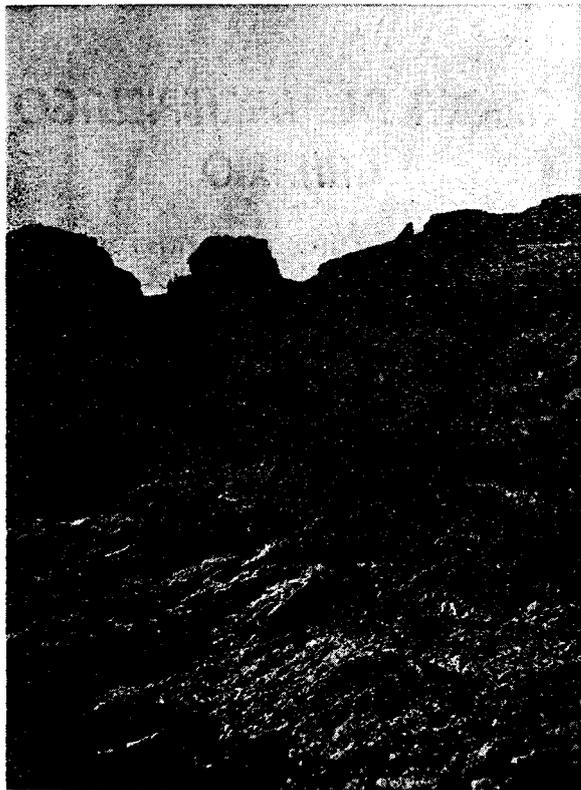
Yo creo que el origen de toda la caliza existente en estas islas es el mismo: las arenas marinas voladoras. Los yacimientos de rica toba calcárea (cal de albeo) situados en la costa de barlovento de la Isla de Fuerteventura, no son otra cosa que verdaderas dunas fósiles, fijadas y protegidas por un delgado manto de lava, de una emisión posterior a su formación. En cuanto a las margas calizas (cal de cuchara) de los estratos, nódulos y lentejones que existen por todas partes en Lanzarote y, muy especialmente, en Fuerteventura, son el resultado de la metamorfización de capas de jable mezcladas con lateritas, bajo la acción física de la dinámica externa y la química de los agentes atmosféricos en unión de las reacciones producidas con los materiales deslavados de basaltos y otros productos lávicos. Su estructura, su composición, la forma del yacimiento y la manera de estar armados los distintos materiales, así parecen confirmarlo.

El geólogo señor Hernández Pacheco deduce respecto a estas islas las siguientes características, que las distinguen del resto del archipiélago:

1.ª Su relieve, y especialmente el de Fuerteventura, es escaso, no existiendo en ellas puntos dominantes, dando la sensación de que son las más antiguas y la dinámica externa ha tenido tiempo de suavizar sus eminencias por la acción conjugada de la atmósfera y el mar. En cambio, los derrubios y la zona conquistada por aquel último, las dotan de una plataforma mucho más dilatada, dentro de su angostura, que la existente en las otras islas.

2.ª La denudación de los viejos campos lávicos o acaso su diversidad de origen, ha permitido el afloramiento del supuesto núcleo o zócalo holocristalino al que se atribuye ser el asiento de todas estas islas, pero que solamente en Fuerteventura es bien visible y está constituido por sienitas y dioritas.

3.ª Aunque el estudio petrográfico de estas islas, y especialmente la de Fuerteventura, no es muy completo, puede, sin embargo, señalarse en ellas la ausen-



¡MALPAIS...!!

(Foto Turismo)

cia de fonolitas y traquifonolitas, tan abundantes en las otras islas. Puede decirse que las rocas eruptivas del grupo están constituidas, casi exclusivamente, por basaltos de la serie antigua y moderna, con excepción de un pequeño afloramiento al Sur de Los Ajaches, formado, al parecer, por una traquiandesita muy alterada.

4.ª Ambas islas, pero especialmente la mayor, están cubiertas de un barniz calcáreo uniforme, que los autores denominan travertinos, y que solamente se encuentran también, en pequeñas manchas, en Gran Canaria.

5.ª En las demás islas los volcanes son generalmente del tipo radial, con un cráter central alrededor del cual se agru-

pan, a modo de conos adventicios, los demás cráteres. En estas islas los volcanes se hallan, en general, establecidos por erupciones en línea, que siguen la dirección de la alineación de las islas y corresponden a grietas o líneas de fractura.

ORIGEN DEL ARCHIPIELAGO CANARIO

Desde hace mucho tiempo preocupó a los geólogos el origen de las islas diseminadas por el Atlántico y, al parecer, sin ninguna conexión submarina con los continentes. Entre estas islas atlánticas se encuentran las Canarias.

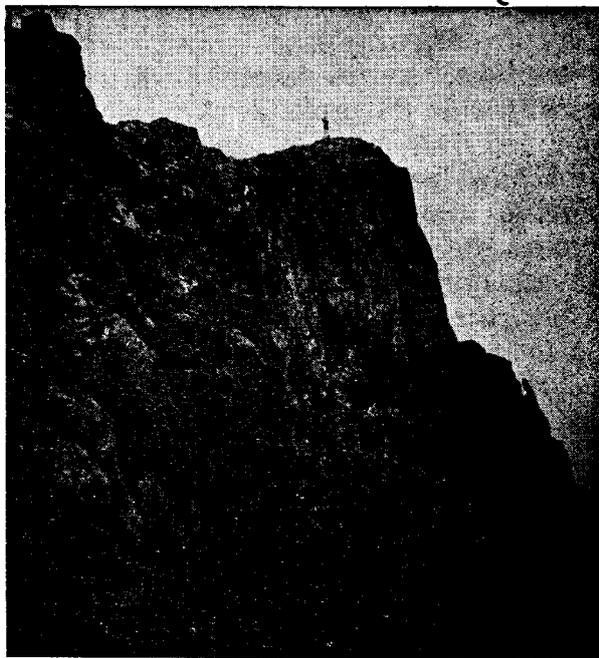
Las hipótesis emitidas por los hombres de ciencia pueden agruparse de la siguiente manera:

1.º—Las islas son trozos de continente.

a) Perteneían a un continente desaparecido, por haberse hundido. Kobel había estudiado la fauna mesozoica de las riberas del Atlántico y sus estudios sirvieron a Borsau para desarrollar la primera hipótesis científico-paleográfica del Atlántico. Más tarde, Botella trató también de explicar las relaciones antiguas existentes entre los continentes de ambas orillas del Océano. Scharff siguió acumulando datos sobre la zoología y paleontología de ambos continentes, y Germain resumió en una obra magistral y prolija, cuanto se sabía en su época sobre las analogías de las faunas y floras antiguas de Europa, Africa y América.

El problema se centró en los siguientes términos: las organizaciones animales y vegetales han sufrido profundas transformaciones en el curso de las edades. Las formas, en un principio simples, han ido complicándose. Este movimiento evolutivo no se desarrolla de una manera uniforme; cada grupo evoluciona a su hora y siguiendo modalidades que le son propias. Todo grupo zoológico o botánico toma nacimiento y comienza a di-

versificarse en un lugar determinado: su centro de creación. El zoólogo Rosa ha pretendido demostrar que una misma especie podía nacer en dos lugares alejados del globo y podía, asimismo, evolucionar siguiendo líneas paralelas; pero esta teoría de la hologénesis ha sido totalmente rebatida por todas las observaciones paleontológicas. El inglés Willis ha sentado la afirmación, hasta hoy irrefutable, de que el área de dispersión de una especie, es tanto mayor, cuanto más



Crestera del Risco de Famara

Lo primero que emergió de las aguas en el Archipiélago Canario fué el volcán del que solo queda un semicrater que forma este risco de basaltos, el cual desciende a pico sobre el mar desde una altura media de 400 metros. En la fotografía solo se divisa la parte alta de vertiginoso farallón desde el que se puede contemplar el incomparable panorama del Rto, con los islotes en el fondo. (Foto Manrique)

antiguo es su origen. Podríamos citar cientos de ejemplos sobre la historia de la evolución y de la dispersión de los seres. La extensión de un grupo se encuentra limitada por los obstáculos naturales, montañas, cursos de agua, desiertos, estepas heladas, abismos oceánicos.

Aceptadas estas ideas, desde hace mucho tiempo, geógrafos, geólogos, botá-

nicos y zoólogos, se vieron sorprendidos por las analogías existentes, en el transcurso de las edades, entre las floras y las faunas de ambos lados del Atlántico, y, lo que es más paradójico, con la semejanza entre las faunas del Africa del N. y del S., en contraste con la analogía entre seres vivos que están separados por el obstáculo infranqueable del Océano. Ha sido explicado de la siguiente manera: La teoría fijista considera, no solamente la permanencia de continentes y océanos, sino también su fijeza, y para justificar la dispersión de los seres vivos en tan grandes extensiones de la Tierra, a pesar de la existencia de los océanos, establece unos puentes continentales, a través de los cuales discurrieron las emigraciones y que, una vez cumplidas éstas, se hundieron sencillamente en el mar. Esta teoría tenía una base tradicional en el mito o fábula de la Atlántida, isla oceánica que debió estar situada frente a las columnas de Hércules y que un terremoto hundió en el Océano, según lo describen los Diálogos de Platón: «Timeo o de la Naturaleza» y «Critias o de la Atlantis». Esta leyenda fué recogida por Saint-Vicent, Donnelli, Bertieux, Unger y Heer, y constituyó la base fundamental de las teorías geotectónicas que alcanzaron su máxima boga a principios de siglo con los trabajos de Gentil.

Los geólogos españoles les concedieron la máxima atención, ya que se creía que el Archipiélago Canario era los restos de aquellas antiguas tierras sumergidas.

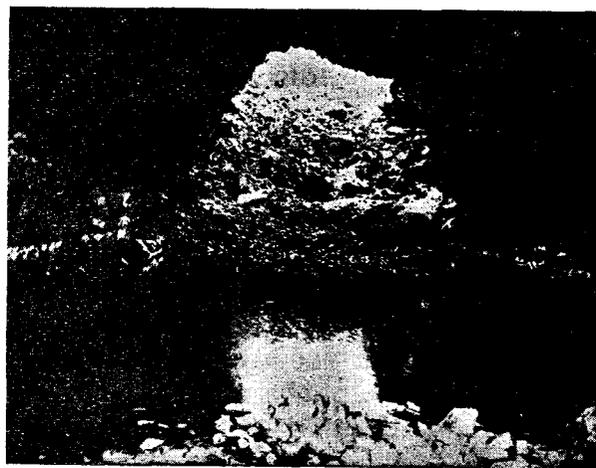
Pero toda esta teoría ha ido desmoronándose y hoy no queda de ella apenas otra cosa que un recuerdo en la historia de la Geología.

Desde el punto de vista biológico, no era suficiente la tensión de un puente para que una especie biológica determinada pueda emigrar o dispersarse. Difícilmente podríamos explicarnos cómo los proboscídeos, que tuvieron, por ejemplo, su cuna en Egipto, pudieron extenderse hasta América del Norte, donde en

las Eras terciaria y cuaternaria estuvieron tan brillantemente representados (*Elephas Atlanticus*, *E. Imperator*, *Tetrabelodón*, *Mastodón*). Entre América del Norte y América del Sur existe en la época actual un verdadero puente continental que constituye, sin embargo, una seria barrera de separación para los seres vivientes de ambas Américas.

Por otra parte, el hundimiento de grandes masas de tierra es incompatible con las ideas de la isostasia, de que más adelante hablaré.

b) F. Forbes es el autor de la hipótesis más plausible de la unión de España y Norte de Africa en el plioceno, por una faja de tierra firme, que incluía a Canarias y las islas de Cabo Verde. Está fuera de duda que dicho pasillo de unión, entre Africa y la Península Ibérica, existió, como parece probarlo la estratigrafía y la paleontología. Mas ello no implica necesariamente que dichas

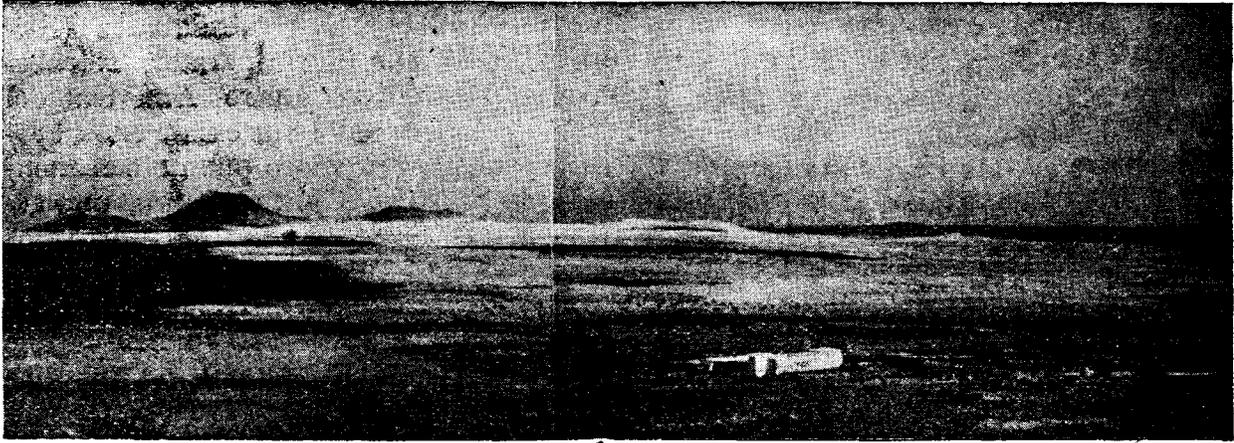


Entrada del Jameo del Agua

Curiosa formación volcánica situada en un malpais al norte de Lanzarote. Está constituido por un tunel lávico, formado por un torrente de lava que se solidificó en la superficie y que al seguir fluyendo dejó hueco el interior, que por ignorado conducto comunica con el mar. Se hundieron las entradas y con ello es posible el acceso a la laguna interior.
(Foto Manrique)

islas habrían de estar incluidas entre las tierras entonces emergidas.

Las grandes profundidades existentes entre las islas y entre éstas y el Con-



EL JABLE

La arena es abandonada por las corrientes marinas, por la derecha de la fotografía, y después transportada por el viento a lo ancho de Lanzarote. La mayor humedad que esta depresión contiene, por las aguas que desde «Las Laderas» del Risco descienden, permiten el cultivo, bajo la capa de arena de poco espesor. A la izquierda puede verse el comienzo de una de estas zonas cultivadas. (Foto Ch.)

tinente, hacen poco viable la hipótesis. Dichas profundidades oscilan alrededor de los 2.000 metros, excediendo entre Tenerife y La Palma de los 3.000, siendo así que su distancia mutua es de alrededor de los 100 kms., menos entre Gomera y Tenerife, que sólo es de 27, sin que por ello mengüe la sonda. Otro centenar de kilómetros y análoga profundidad media entre Fuerteventura y Cabo Juby, en la costa de Africa.

c) Por último, Wegener supone que al separarse el continente americano del resto de la «Pangea», el mar simático fluyó para ocupar el vacío que dejaban entre sí los dos témpanos siálicos y la corriente engendrada desgajó del borde de las plataformas continentales, trozos que, siguiendo a la deriva en el seno del mismo, constituyeron los actuales archipiélagos.

Aunque, en general, la teoría de Wegener cada vez encuentra más brillante confirmación en cuantas investigaciones sobre biología, estratigrafía y climatología antiguas, se efectúan, no explica de ninguna manera el constante carácter volcánico de las islas atlánticas. Además, es, en cierta forma contradictoria, ya que las corrientes en el sima se explican por-

que entre los zócalos que pasan, se apartan y luego tras de ellos tendrían que fluir de nuevo. De ahí que las corrientes simáticas se considerarían en parte como efecto y en otros puntos como causa del movimiento de los escudos continentales. El sima atlántico una vez fluye para colmar la fractura, en vías de continuo ensanchamiento, y luego otra vez él mismo produce la fractura atlántica, porque aquí es comprimido y por ambos lados fluye independientemente, lo cual es a todas luces contradictorio.

2.º—Las islas son producciones exclusivamente volcánicas.

Scrope (Geological Observations in Volcanic Islands, 1844) y Daussy (On Volcanoes) habían probado la existencia de vastas regiones volcánicas en medio del Atlántico.

Los volcanes pueden agruparse en dos grandes familias. Los de la familia pacífica, que comprenden los de la zona circunpacífica y del Mediterráneo, y los de la familia atlántica, situados en la parte central y septentrional del Atlántico. El contraste entre ambos grupos estriba en los magmas originarios. La familia atlántica se caracteriza por una gran riqueza en álcalis (serie alcalina); en los mag-

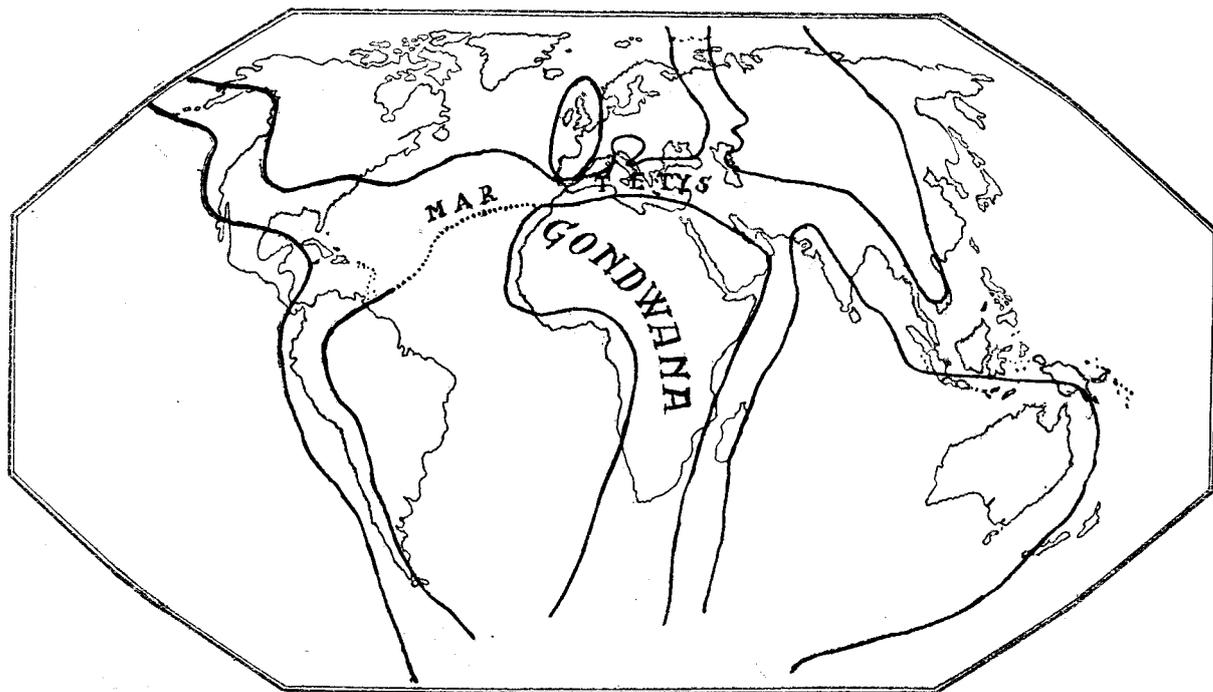
mas pacíficos, el magnesio y el calcio desempeñan un importante papel (serie calcio-alcalina). El grupo pacífico está circunscripto a las grandes zonas de plegamiento de la Tierra y el atlántico radica en las zonas con grandes dislocaciones verticales, perpendiculares entre sí, es decir, en los países tabulares.

El hecho de que los volcanes estén localizados en las grandes zonas de plegamientos y a lo largo de las líneas de fractura, obedece a una mutua dependencia entre los fenómenos volcánicos y los tectónicos. En general, ha sido establecido que la disminución local de presión, aumenta la movilidad del magma, y que los fenómenos tectónicos que abren fracturas en la corteza terrestre, facilitan su elevación desde las grandes profundidades.

Según el pensar de la mayoría de los investigadores, la diversidad de magmas es, sin embargo, un fenómeno secundario. Todos los magmas proceden de un magma único basáltico, fundamental, cuya composición varía a consecuencia de asimilaciones, diferenciaciones y difusiones gaseosas.

Generalmente, los geólogos admiten hoy la teoría de que las Canarias se formaron por la emisión de materiales eruptivos a través de la serie de líneas de fractura paralelas entre sí, al borde continental y a las crestas de los plegamientos, las fosas y las fallas del Continente. Estas emisiones comprenden dos períodos, uno submarino, sobre el cual se formó un sedimento miocénico, y otro subaéreo, que continúa aún en los tiempos actuales. Entre estos dos extremos cronológicos, el período mioceno y la época histórica, se extiende una serie de erupciones intermitentes y discontinuas, durante las cuales se suceden los materiales de distintas clases arrojados al exterior por líneas que contienen pluralidad de aberturas, generalmente en fila. Las rocas que forman los distintos mantos de lava, que van superponiéndose, pertenecen a la casi totalidad de las rocas eruptivas.

Los componentes principales son: el sanidino, la plagioclasa, la nefelina, la augita, el anfíbol y el olivino. Estos materiales se combinan entre sí, dando origen a dos series diferentes: la sanidíni-



Los Continentes en la Era Secundaria (Según Haug)

co-anfibólica y la plagioclásico-augítica. La primera serie está representada por la traquita, que corresponde al tipo de composición del grupo, y la fonolita, en cuya pasta entra además la nefelina, la hauina y la noseana. La segunda serie está formada por la andesita anfibólica, compuesta de oligoclasa, anfíbol y magnetita; la andesita augítica, en la que la augita reemplaza al anfíbol; la tefrita, en la que se unen la plagioclasa y la nefelina a la augita; el basalto nefelínico, de olivino, con augita y nefelina; el basalto feldespático, en el que el feldespato triclínico sustituye a la nefelina de la anterior, y, por último, la limburgita, en que desaparece todo elemento feldespático y no queda más que augita y olivino (según Calderón).

S. C. Deville cree que se han sucedido tres épocas de «actividad tranquila». En las dos primeras, submarinas, los materiales se caracterizan por los feldespatos mono o triclínicos. La última es la aérea. La diversidad de los materiales la atribuye a los sistemas de grietas, que deben corresponder a cada roca particular.

V. Buch sugiere que el magma se estratifica en el interior de la Tierra por orden de densidades. Los materiales leucocratos, pobres en hierro, son los más ligeros y los primeros en surgir y los melanocratos surgen a continuación, y se superponen sobre los anteriores, ya consolidados.

Scrope supone que, independientemente de las erupciones discontinuas, la actividad del foco volcánico persiste en su proceso de elaboración y transformación de materiales en el interior de la Tierra y, por dicho motivo, las transiciones entre los distintos tipos de rocas son graduales y, de esta manera, las fonolitas pasan a andesitas, la andesita obsidiánica pasa a liparita, las traquitas se cargan de plagioclasas hasta convertirse casi en andesitas, etc.

Simón Benítez cita la opinión de Mr. Boucart, jefe del Servicio Geológico del

Marruecos francés, el cual clasificó las erupciones de la Gran Canaria por orden de antigüedad en las siguientes series:

- 1.ª Serie basáltica.
- 2.ª Serie riolítica roja.
- 3.ª Serie fonolítica.
- 4.ª Serie Terciario de Las Palmas.
- 5.ª Serie basaltos miocenos.
- 6.ª Serie erupciones basálticas cuaternarias.

Añade que no rectifica más que en detalle esta excelente cronología y que este detalle consiste en intercalar en ella las traquitas, que ya preceden, ya siguen a la serie fonolítica, y ésta, a su vez tiende a ampliar su manto a expensas de la riolita.

Desarrollándose en el tiempo, las rocas basálticas con déficit de sílice (basaltos, fonolitas) van enriqueciéndose en elementos blancos (traquitas) hasta la supersaturación (riolitas) descendiendo luego en orden inverso. Este resultado es paradójico. Invalida una ley de sucesión de terrenos volcánicos, hace tiempo formulada, que quiere que las erupciones vomiten lavas que empiezan siendo ácidas (mucho sílice) y acaban siendo básicas (poca sílice). El motivo de esta virazón se atribuye a que siendo más ligeros los materiales silíceos, flotan en el magma y salen primero, reservando para el final los más pesados (vide v. Buch).

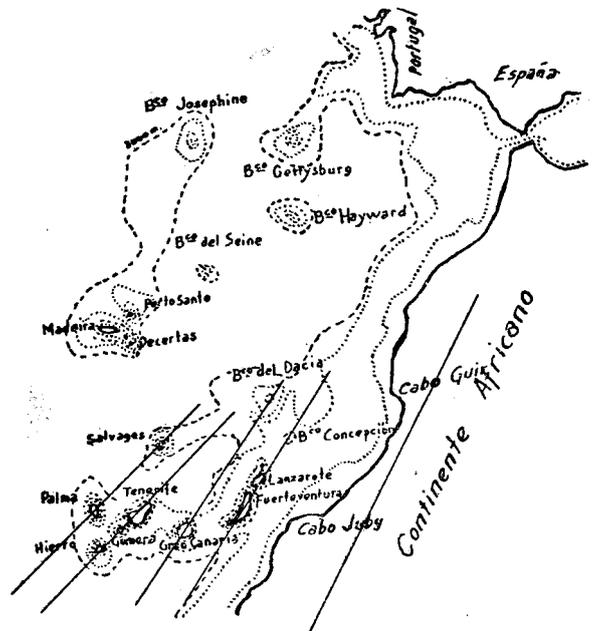
Consideradas como volcánicas las islas, llama sin embargo la atención la enorme potencia que alcanzan por la elevación gigantesca sobre el fondo del Atlántico en que se yerguen, sobre todo, teniendo en cuenta el poder erosivo del mar. Cerca de 7.000 metros desde el fondo del mar a la cima del Teide. A este respecto puede demostrarse por los yacimientos fosilíferos marinos que, en altitudes hasta más de 300 metros, se han encontrado en diversos lugares (Testudo Buchardii a 210 metros s. n. m. en el Barranco del Infierno, cerca de Adeje) que estas islas experimentan un lento y continuo proceso de emersión, que, a través de las edades,

ha podido alcanzar alturas hasta de 600 metros y si dichos mantos fosilíferos no son tan frecuentes como haría suponer su permanencia submarina, ésto es debido a que se encuentran ocultos por los abundantes, homogéneos y superpuestos mantos lávicos, a través de los cuales, excepcionales ventanas tectónicas, dejan ver, en raras ocasiones, su interior.

Siendo distintas las densidades de las rocas del sima y del sial, parecería lógica consecuencia que la intensidad de la gravedad fuese mayor en unos sitios que en otros. Asimismo, los grandes relieves continentales debían influir sobre la gravedad del lugar más que los abismos oceánicos. Sin embargo, no es así. Existe una compensación en virtud de que los bloques siálicos flotan sobre el sima y se comportan hidrostáticamente como los témpanos de hielo, que tienen sumergida una parte más grande, cuanto mayor es su altitud. Por debajo de la capa siálica existe una zona de compensación que alcanzan, según H. Elmet, los 120 km. en general, aunque en particular, a veces, no es más profunda de los 60 Km. La compensación isostática no ha sido estudiada en toda la Tierra y solo puede considerarse como fenómeno general. Localmente existen zonas que no están compensadas isostáticamente y, considerando la fluidez del sima, se comprende que dichas regiones se encuentren en período de compensación, como ocurre en Escandinavia, que emerge continuamente después de haberse librado los hielos glaciares, o se encuentran en equilibrio inestable, aprisionadas entre zonas de isostasia casi compensada y que sufren un empuje hidrostático considerablemente mayor.

La isostasia no es en modo alguno un estado permanente, sino más bien una tendencia de que están animadas las masas de la corteza terrestre. Cuando los magmas suben puede ocurrir frecuentemente que lo hagan con suma rapidéz, con respecto a las capas superiores de la corteza terrestre, aglomerándose así las

masas eruptivas básicas, que poseen una mayor densidad. De esta manera aumenta natural y extraordinariamente el peso de las zonas sólidas, a lo cual hay que añadir el hecho de que las masas eruptivas suben de una zona en donde la velocidad de rotación es menor que en la zona en que penetran. Así, ocurre que, en pedazos de corteza sólida, en los que el peso y la velocidad de rotación tenían un valor determinado y donde existía cierto equilibrio isostático, debe producirse un cambio considerable. Dichos pedazos sueltos de corteza sólida en la cual habían pene-



Esquema tectónico del conjunto canario al flanco del escudo continental.

(Inspirado en Fernández Navarro y Gagel)

trado las masas magmáticas de peso considerable, no podrán moverse ya con la misma rapidez hacia el Este, se inclinarán a retrasar su marcha, ejerciendo una presión en dirección Oeste, cuando encuentran una resistencia en esta dirección; tendrá, por lo tanto, y aparentemente, un movimiento hacia el Oeste. Ahora bien, si a estas masas se opone desde el Oeste una fuerte resistencia, quedarán arrastradas por la fuerza en dirección Este y entonces, en vista y a causa de su

mayor peso y densidad, se les comunicará una fuerza viva rotativa más grande (aumento de la fuerza centrífuga) que las abrigará a moverse hacia el exterior (según Oton María Reiss).

Se ha planteado el problema de si las emisiones volcánicas se efectuaron a través de fallas existentes en el fondo submarino o, por el contrario, estas se verificaron por bancos, macizos o islas de materiales preterciarios diseminados por el mar y que constituyen el zócalo o núcleo de dichas islas. Calderón opina, como consecuencia del análisis de ciertas rocas, que ésto último es lo verdadero y Cohen, de Strasburgo, al analizar unas supuestas hiperstenitas, le confirma en esta idea. En Gran Canaria cita una diorita cuarcífera con titanita, epidota, moscovita y flogopita, una diabasa y una porfirita epidótica.

Calderón añade: «.....las islas son el resultado de erupciones volcánicas acumuladas sobre antiguas eminencias plutónicas que se asientan en cadenas que corren por el fondo del mar...»

«... con los descubrimientos que atestiguan un proceso de levantamiento lento y gradual en una vasta región atlántica, cuya iniciación se remonta a una época desconocida, pero anterior sin duda a los tiempos terciarios...» «La edad del cimiento plutónico es antigua y desconocida y la de los productos volcánicos que la cubren se extiende desde el mioceno hasta nuestros días.»

La existencia del zócalo holocristalino no está probada de una manera irrefutable. Existe en Fuerteventura un gran núcleo, pero en las demás islas solamente han podido localizarse pequeños enclaves incluidos entre los basaltos. Estas formaciones no pueden considerarse como testigo irrefutable de la existencia de semejantes zócalos.

La efusión volcánica, precisamente a través de los núcleos plutónicos no plegados (vertientes empinadas y rapidísimas de las islas) masas de mayor resistencia por solidificación dentro del mar

simático, es poco comprensible, sobre todo si se tiene en cuenta que está admitido por los sismólogos, que en el fondo del Atlántico existe una «delgada película» síalica de 20 a 30 kms. de espesor. Película frágil y poco plástica, por ser cristalina como todo el sial, y por lo tanto sujeta a fáciles fracturas, pero que no deberán efectuarse por los lugares de máximo espesor, y por lo tanto de mayor solidéz.

Podemos, en resumen, considerar la formación del Archipiélago Canario como el resultado de una serie de erupciones volcánicas separadas perfectamente en dos fases: la de formación y la de consolidación.

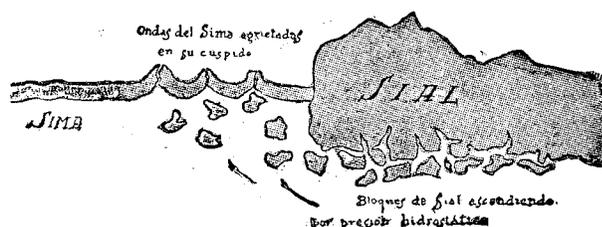
Primera fase: Imaginemos el antiguo continente de Gondwana avanzando como un témpano colosal sobre Eurasia a través del viejo Tetys. Es un enorme navío que se desliza sobre el mar de sima muy lentamente, es verdad, pero impulsado por la fuerza centrífuga, cuando en los primeros tiempos del terciario el Ecuador se hallaba situado aproximadamente a lo largo del Mediterráneo actual, y sujeto a las leyes de la dinámica. Cuando un móvil avanza por un fluido, éste le opone resistencia y se forma en la parte anterior un conjunto de ondas (onda de boca) que se abren en ángulo, y deja por la posterior una zona perturbada de torbellinos que constituyen la estela. El escudo continental llega por fin a chocar con el macizo europeo, fuertemente anclado, y se producen los distintos plegamientos alpinos: Pirineos, Alpes, Balcanes, en Europa, sistemas del Atlas en Africa.

Las ondas procedentes de este último sistema, llegan ya muy debilitadas a nuestros territorios del Sahara, que se hallan enfrente de las Canarias. Los alpides, pues, han quedado localizados más al N. El plegamiento alpino no ha alcanzado a las Canarias y sería muy aventurado considerarlas como una continuación sumergida de la cordillera del Atlas, aunque la prolonguen idealmente hacia el SW.

Pero acordémonos de aquellas ondas

que se formaron a ambos lados de la proa del gran barco, que era el escudo de la Saharida avanzando en busca del Ecuador de aquellas remotas edades. Estos «bigotes» forman pliegues fugaces en el mar simático, plástico, que rompen la corteza superficial siálica y originan líneas de fractura, líneas de mínima resistencia; al mismo tiempo se deslizan por debajo del escudo sahárico y continúan su labor perturbadora originando en él también plegamientos y fallas, que necesariamente seguirán la dirección general de éstas ondas, que no implican otra cosa que transmisión de movimientos, y no corriente material de sima por debajo de la nave siálica, que se efectuará de N. a S.

El escudo siálico, al avanzar, experi-



El origen de los bloques siálicos errantes incluidos entre las masas efusivas de las islas Canarias.
(Inspirado en S. Benitez)

menta fuertes rozamientos en su parte inferior, que le obligan a hundirse (época de transgresión marina litoral) y se desgajan trozos de la superficie interna del sial que, o son digeridos por el sima totalmente o solo en parte y superficialmente, quedando sueltos por debajo del escudo.

Sobreviene el choque y la detención y entonces la almadía, al desaparecer la resistencia opuesta a su movimiento por el sima, emerge a su posición de equilibrio hidrostático (regresión marina).

Por las líneas de fractura abiertas en el borde continental del mar simático, se producirá la efusión de materiales que son sometidos a un mayor empuje en las profundidades, y son precisamente estas primitivas erupciones las que dieron origen al Archipiélago Canario, que, como es sabido, junto con los bancos basálticos

submarinos, se alinean siguiendo estas direcciones. Queda por explicar la presencia de rocas plutónicas en unas islas de origen exclusivamente volcánico y formadas por materiales simáticos.

A. Holmes imagina que ciertas corrientes tienen lugar en la zona viscosa subcortical y que dependen de la «calidad» de la corteza. Esas corrientes se producirán por la radioactividad, que es más intensa en las rocas continentales que en las suboceánicas, y se moverían radialmente, desde el centro de los escudos continentales hacia el exterior.

Si imaginamos estas corrientes en el mar simático, situado bajo la almadía continental, es explicable que ellas arrastren hacia afuera, consigo, aquellos bloques de sial desprendidos de su parte inferior, pero como estos tienen menor densidad que el sima, es lógico que tiendan a emerger del mismo, flotando. Lo más frecuente es que queden retenidos por la película de sial que cubre el sima en el fondo del Atlántico, pero si encuentran una línea de fractura por la que fluye precisamente la corriente de magma, formada por descompresión a expensas del sima subyacente, esta corriente le arrastrará hacia arriba, sacándole a la superficie subaérea. La probabilidad de que grandes masas de rocas siálicas emerjan a través del mar simático disminuye con la distancia recorrida por las mismas, primero, porque han tenido más tiempo para ser digeridas y asimiladas por el sima y después, porque siendo las fracturas perpendiculares a la dirección de las corrientes epeirofugas, las primeras encontradas serán las que las capten, sobre todo teniendo en cuenta que siendo los mayores bloques los que sufren un empuje hidrostático más intenso, navegarán más superficialmente. Por ello, en el conjunto Lanzarote-Fuerteventura, se encuentran rocas siálicas de gran consideración, y en el Hierro sólo se ven basaltos.

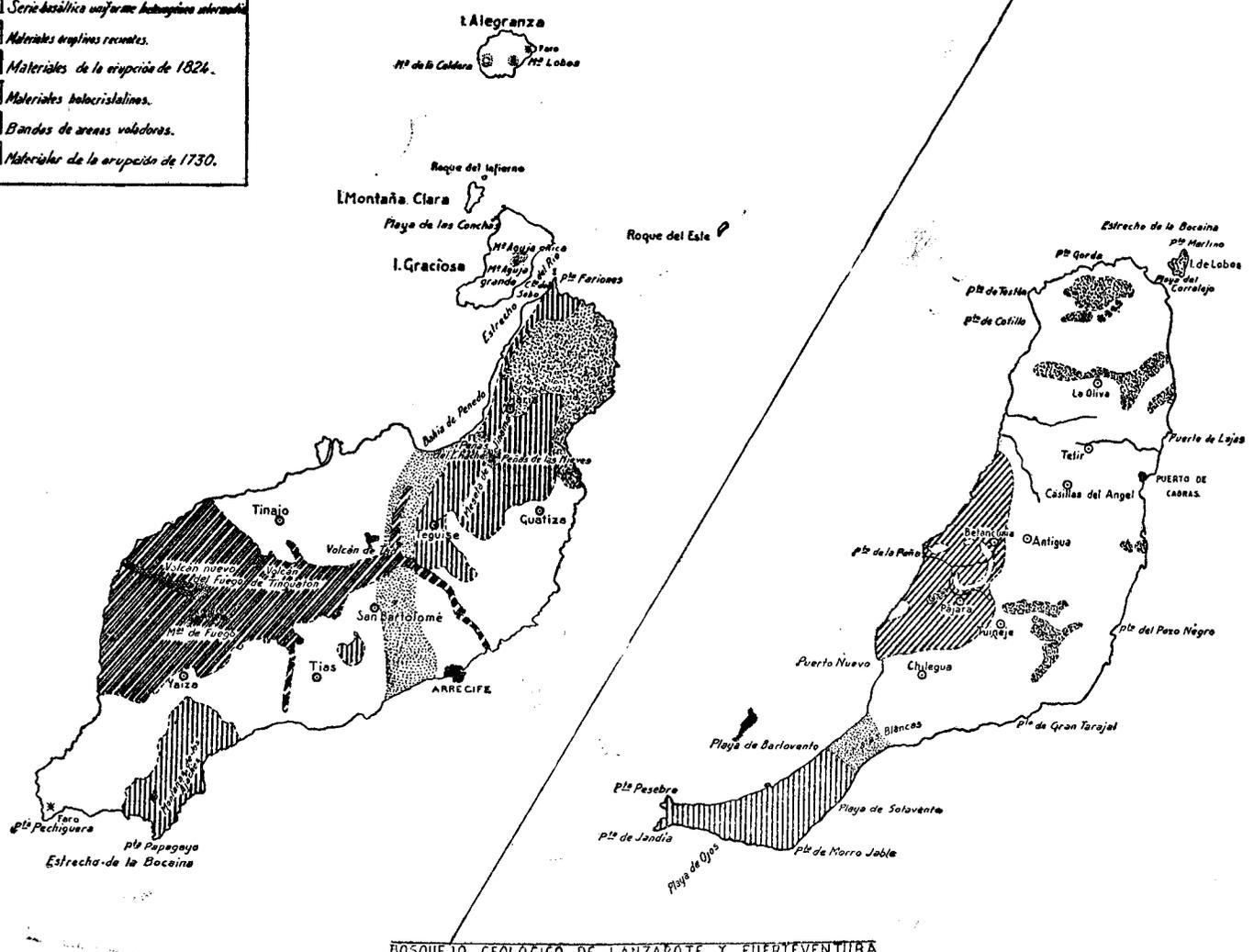
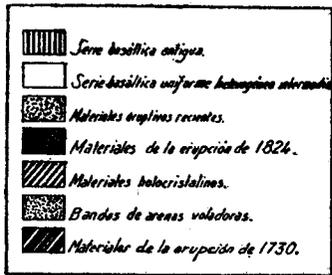
Segunda fase: De consolidación. Según se ha explicado anteriormente, las

masas de sima extraídas a distancias que no corresponden a su densidad y sujetas por lo tanto a una fuerza centrífuga considerable, de la que es testigo el movimiento de emersión que sufren las islas, a una compensación isostática que necesariamente ha de ser lentísima, a esfuerzos de torsión para adaptarse a los nuevos regímenes de velocidades, y por último a enormes fuerzas de cizallamiento por parte de los bloques síalicos que las encuadran, dará lugar a lo que los geólogos denominan fenómenos bradisísmicos. Estos son deslizamientos lentísimos de unas tierras sobre las otras que duran a veces millares de años. Dichos movimientos bradisísmicos son sin duda de una gran importancia en la producción de terremotos, ya que en algunos de estos movimientos relativos pueden llegar a ser tan importantes las fuerzas elásticas desarrolladas, que un impulso exterior insignificante baste a rebasar el límite de elasticidad y producir una súbita variación en la posición relativa de las capas, la cual dará origen a un terremoto tectónico. El deslizamiento de unas con otras, de estas considerables masas de rocas, no puede efectuarse más que con un súbito desprendimiento de calor, capaz de fundir los materiales y de poner en libertad gases que los hagan afluir

por las grietas producidas. La herida abierta en las entrañas de la isla, se cierra, suelda y consolida con su propia sangre solidificada. Estos son precisamente los volcanes locales, que hemos clasificado como modernos, y que se producen en aquellos lugares en que las rocas son más compactas, pues en los que por el contrario, están formados por materiales deleznable, el bradisismo produce lentamente el deslizamiento de unas capas sobre otras, sin llegar a ocasionarse la ruptura catastrófica.

Esto explica también la anomalía aparente que existe en el orden de sucesión de las distintas clases de basaltos que arrojan las erupciones sucesivas.

En la fase de formación, las rocas se sucedieron por orden creciente de densidad, mas en la fase de consolidación habrán de surgir necesariamente en el orden contrario por encontrarse las más ligeras, como primeras emitidas, en las capas subyacentes, y también explica la secuencia desordenada y caótica en las emisiones de ciertas fases eruptivas, como la de Timanfaya, por afectar el fenómeno a capas de muy diversa edad y procedencia, y con discordancias producidas por la erosión entre las distintas emisiones.



Mapa geológico de Lanzarote y Fuerteventura

(De F. Navarro modificado con datos de Finckh, Simony, Sapper, Hartung, H. Pacheco y observaciones personales)

RECURSOS

LA PESCA.—Las islas orientales son las más cercanas al banco sahariano, y como Arrecife cuenta con el mejor puerto del litoral, en él tiene su base una flotilla pesquera que realiza sus operaciones en las costas africanas.

Este banco sahariano está constituido por la sumergida plataforma continental que se extiende a distancias hasta de 80 millas entre los paralelos 15 y 30. La escasa profundidad de las aguas da lugar a una intensa vida vegetal y animal y, como consecuencia, es desde antiguo conocido y beneficiado por los canarios, que han dado nombre a muchos de los accidentes geográficos de la costa.

Estas pesquerías, verdadero tesoro de nuestros territorios del Africa Occidental, son abundantes en muchas especies de peces y crustáceos. Especialmente sus aguas son frecuentadas por bancos o «mantadas» migratorias, y otras son elegidas como lugar de desove. Desgraciadamente la esterilidad y falta de

agua dulce del litoral no permite el establecimiento de abrigos y factorías que diesen impulso industrial a la pesca, y ésta se practica a base de conservar el pescado en salmuera, en hielo o en viveros, para poderlo transportar hasta los distantes mercados. Por ello, en Lanzarote ha surgido, al lado de la flotilla de pesqueros, una industria conservera, que hoy está en su iniciación, pero que, en el futuro, está llamada a tener un gran desarrollo. Los barcos que efectúan la captura son de poco tonelaje, veleros o moto-veleros, y las artes empleadas, el anzuelo, la nasa y el chinchorro.

Las especies más comunes que se capturan, entre otras muchas, son las siguientes: almeja, anchoa, anjova, atún, barrilete (bocas), besugo, bígaro, bocinegro, bogavante, burro, cabezote, calamar, cangrejo real, caballa, congrio, corvina, chacarona, cherne, galera, gamba, jurel, langosta, lenguado, lisa, mejillón, merluza, mero, morena, pargo, percebe, pez martillo, pulpo, rape, raya, robalo, ro-

daballo, roquera, rubio, sama, salmone-
te, sargo, sepia, tasarte y tollo.

En resumen, los datos estadísticos de la flota de Puerto Naos, son los siguientes.

Armadores, 153; marineros, 2.800.

La media anual de la pesca capturada es de 5.000 Tm. con un valor de unos 10 millones de pesetas.

Cuenta con una fábrica de conservas y dos de salazón y secadero.

AGRICULTURA.—A pesar del carácter desértico del clima de estas islas,

su principal recurso es la agricultura. Estudiándose las precipitaciones acuosas a lo largo del año, en el cuadro que en este folleto se incluye, parece completamente imposible que con tan míseras cantidades de humedad pueda cultivarse nada. Y es, en efecto, un milagro de ingenio y esfuerzo, en la lucha del hombre con la Naturaleza impía, el que ha logrado arrancar de la tierra el sustento para la población. Por ello, los cultivos presentan en estas islas caracteres peculiares que son únicos en el Mundo.

Las gavias.—Consiste esta clase de cultivo en cerrar las cuencas de deyección de las barrancadas por medio de muretes de piedra. Las aguas pluviales empapan la tierra de estas zonas bajas y, sobre el barrizal, se siembra o planta, según los casos. El ardiente Sol acelera el ciclo vegetativo.

Se trata de un cultivo que desperdicia mucha tierra, pues su fundamento consiste en recoger el agua de una gran extensión, en un reducido espacio. Es un cultivo fratricida, ya que la zona cultivada esteriliza las colindantes. Se practica sobre todo en Fuerteventura, aunque también es empleada en la zona central de Lanzarote.

Enarenado.—La fuerte radiación solar, calienta intensamente la tierra, y ésta, a su vez, lo hace por convección con las capas de aire próximas, que adquieren un movimiento ascendente. Las corrientes térmicas son bien conocidas por los aviadores que sobrevuelan estas islas.

Las masas de aire ascendentes son sustituidas por otras frías, y esta doble circulación se compone, a su vez, con el viento del Océano, que sopla constantemente. El resultado es que sobre la tierra no existe una corriente de aire unidireccional y uniforme, sino una serie de torbellinos que obligan a rozar entre sí a unas capas de aire con otras y es consecuencia de este frotamiento, su electrificación.



Campechina de Lanzarote

Los primitivos «majos» de Lanzarote no eran muy numerosos, y su número disminuyó aun más con las guerras, las hambres y las incursiones berberiscas. Los primeros Marqueses, señores de la Isla, realizaron a su vez «entradas» en las vecinas costas africanas para traer cautivos con que cultivar sus tierras. Los moriscos fueron excluidos del decreto general de expulsión de Felipe III y se mezclaron con los españoles y aborígenes para formar la población rural actual, que aún conserva en su atuendo huellas de su ascendencia saharauí. (Foto Manrique)

Por otra parte, existe una ceniza o lapillis volcánico, muy alcalino, que posee una elevada carga electrostática y



Arado en Fuerteventura

La llanura, sin un árbol ni una mata, se extiende uniforme. La tierra es seca, arenosa y suelta, pero a pesar de ello muy fértil. Su trabajo es fácil. El arado es aún más imperfecto que el primitivo romano, que apenas araña el suelo. Como medios de tracción se emplean los curiosos camellos o los pacientes y sufridos asnos y sin embargo, a pesar de la pobreza de medios, el año que el Cielo se muestra clemente y deja caer unas cuantas gotas de agua la cosecha es ubérrima. (Foto Ch.)

cuando el vapor de agua ionizado que contiene el aire, se pone en su contacto, queda adherido o adsorbido, el que posee una carga eléctrica opuesta. El agua se va así acumulando, hasta llegar a destilar a lo largo de la superficie del lapillis.

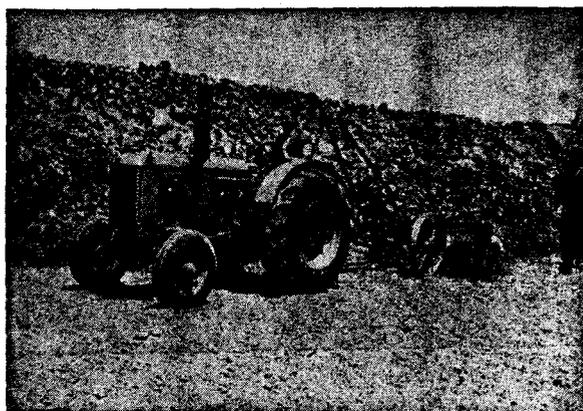
Pues bien, consiste el enarenado, en cubrir la zona cultivada, previamente abonada con estiércol, por una capa de espesor variable, de 7 a 20 centímetros, de esta arena volcánica. El picón o lapillis atrae al agua hasta mojarse y esta agua discurre por los tallos de las plantas que lo atraviesan para ir a empapar sus raíces, fijadas en la tierra vegetal subyacente.

No todo el picón posee esta propiedad. Por ello hay que extraerlo de determinados depósitos, situados generalmente en medio de malpaíses, con difíciles accesos. Es preciso construir caminos, llamados areneros, en el país, y transportarlo a me-

nudo, a grandes distancias. La limpieza del terreno de escorias y bombas volcánicas, su explanación o alisamiento, el transporte del picón y su reparto sobre la tierra abonada, son las operaciones a realizar. Ello origina, como puede suponerse, cuantiosos gastos; no menos de 40 mil pesetas por hectárea, a veces más, pero transforma totalmente la productividad de la tierra.

Sin embargo, sólo puede considerarse como remedio heroico; su rendimiento no es el que corresponde al clima, ya que la densidad del cultivo es deficiente (cada planta exige su área de captación de humedad) sólo se obtiene una cosecha o cosecha y media al año, y por otra parte las operaciones y labores agrícolas, abonado, roturación, siembra, etc., son delicadas, trabajosas y, por ende, caras. Aunque hay enarenado que dura más de 20 años, por lo general a los cinco hay que «refrescar» el picón, que va perdiendo sus propiedades absorbentes por meteorización.

El jable.—Otro sistema de cultivo es el empleado en la depresión que, desde la rada de Penedo, cruza la isla de Lanzarote hasta La Goleta. Las brumas y nú-



Tractor

Al lado de los primitivos medios de cultivo que se muestran en la anterior fotografía contrastan los modernos motoarados como este que rotura el suelo de una «gavia» en Puerto Cabras. Las paredes, que retendrán el agua de lluvia que empapará el mullido terreno, se observan en el fondo.

(Foto particular)

bes bajas dejan buena parte de su humedad entre los picachos del Risco de Famara y esta agua corre por las grietas basálticas hasta las partes inferiores del terreno. Así se acumula en el subsuelo de dicha depresión, flanqueada por las estribaciones de Las Laderas. Mas esta humedad, que asciende por capilaridad, no se aprovecharía para el cultivo si no se tratase de evitar su evaporación rompiendo dicha capilaridad en la superficie por medio de una capa de arena marina que se extiende en los lugares adecuados. El viento arrastra la arena y deja desnudas las tierras; por ello hay que renovarla frecuentemente, para lo cual se capta la que el mismo viento transporta desde la playa, colocando muretes perpendiculares a su dirección. El reparto de la arena entre los labradores se efectúa siguiendo las mismas normas que si se tratase de agua. Es decir, que existe una verdadera Comunidad de Regantes de arena.

Y de esta manera se cosechan tomates, melones, boniatos y sandías, en lugares en que el agua caída de las nubes en el año, no pasa de los 75 milímetros. Es

algo mágico ver como surgen de la estéril y blanca arena, enormes cucurbitáceas y frondosas batateras.



Una noria en Fuerteventura

La eterna necesidad del líquido fecundador se ha dejado sentir de un modo acuciante en estas islas en todos los tiempos. Al lado de la noria de engranaje de madera, propia del siglo pasado; se yergue la torre de hierro del molino de viento actual que aquí llaman «valenciano» (Foto Herrera)

Los pozos.—En Fuerteventura existe una capa de agua subterránea bastante salobre. Probablemente se trata de un depósito formado por las infiltraciones de aguas marinas, a través de tierras porosas y permeables, que fueron dejándose las sales por el camino al contacto con rocas que gozan de ciertas propiedades permutadoras.

Me fundo para señalar este origen en dos hechos. Es el primero, que la capa subterránea no está nunca muy por encima del nivel del mar. Y segundo, que el caudal de agua que proporciona es independiente de los estiajes y períodos de grandes sequías, que frecuentemente experimentan las islas, o en todo caso muy débilmente afectado.

Este agua no sirve para toda clase de cultivos, pues su contenido en cloruros y en magnesia, no todas las plantas lo toleran. Como plantas halofitas de rendimiento industrial, se cultiva el tomate, el más sabroso y estimado del Archipiélago, y la alfalfa.



El tren de Villaverde

El problema mas grave de los enarenados lo constituye el transporte del «picón» desde su yacimiento hasta el terreno de cultivo. La falta de ferrocarriles y de numerosas carreteras ha obligado a construir unas pistas, llamadas caminos areneros. Se emplean toda clase de medios de transportes, desde el camello, pasando por el carro y el autocamión, hasta este moderno tren de tracción Diessel que se ve en la ilustración. (Foto Herrera)

Un grave peligro encierran estos pozos, y es que la tierra regada con ellos, poco a poco va cargándose de sales y esteri-



Pantano de Los Molinos en Fuerteventura

El Mando Económico acometió la obra de construir diversos embalses en esta isla. Este es el mayor y aunque aún no ha sido terminado del todo, permite el cultivo de un feraz campo dedicado al tomate de exportación. Las lluvias son escasas y desiguales pero algunos años el pantano llega a llenarse, como ha ocurrido en 1950 en que fué tomada esta foto.

(Foto Ch.)

lizándose. Por otra parte, como el poder permutador de las rocas es finito, a medida que éstas se saturan de sales, el agua va aumentando su salsedumbre. Esto se observa lo mismo en los pozos antiguos, como en aquellos en que eventualmente se retira una cantidad excesiva en un momento dado. Es probable también que las aguas freáticas de lluvia, se mezclen en algunos lugares privilegiados con las de origen marino.

Las Presas.—Merece especial mención el ensayo de regadíos efectuado a base de recoger las aguas pluviales por medio de presas. Se ha construído una, conocida por «Las Peñitas», entre Betancuria y Pájara, y otra, denominada de «Los Molinos», al Suroeste de la Oliva. Ambas son obra del extinto Mando Económico. Está en proyecto elevar el muro de contención de esta última y construir otras dos, una en el barranco de Esquinzo y otra en el de Tinojay.

Son desde luego más los años que no

llegan a llenarse que los que ésto sucede. La zona regada por éllas se dedica especialmente al cultivo del tomate de exportación.

PRODUCTOS AGRICOLAS.—Antiguamente se cosechaban en estas islas determinados productos que las dotaban de cierta prosperidad, pero los progresos de la industria moderna o el establecimiento de nuevas zonas de cultivo, cerca de los antiguos mercados, los han ido eliminando. Entre ellos se encuentra:

La orchilla.—Liquen tintóreo del que se extrae una sustancia colorante de tono azulado, la azolitmina, que vira al rojizo en presencia de un ácido. Es una de las



Un viñedo en Lanzarote

En Lanzarote existen dos clases de viñedos. Los unos están situados a pleno viento en las terrazas del Risco de Famara que descienden por su parte meridional. Los otros se hallan en el centro de la isla, en una especie de meseta llamada Las Gerias. El espectáculo de estos cultivos es uno de los más extraños que darse puede. La tierra está cubierta enteramente de negrisimo lapillis o picón, que absorbe la humedad del aire, y las cepas o están hundidas en trincheras, zanjás o embudos o se encuentran resguardadas del viento por pequeños muretes de piedra seca en forma de media luna. Visto desde el Norte no se distingue ni una sola nota de color verde sobre la negra superficie. (Foto Medina)

materias que se conocían en la antigüedad con el nombre de «púrpura».

Se recogía en los farallones del Risco y en las rocas, batidas por los húmedos vientos marinos, de las costas de barlovento.

La cochinilla.— Insecto parásito de la tunera o nopal, importada de Méjico hacia 1830, parece ser que por el farmacéutico de Las Palmas Sr. Villavicencio. La chumb'era, cultivada en lugares no muy aptos para otra clase de plantas, que no sea esta desértica cactácea, es infectada con larvas. Se logran tres o cuatro generaciones y de la última, llamada «Cochinillas de cosechas» se obtienen tres variedades: las negras, las grises y las plateadas. Estas son recogidas y desecadas. De su polvo se extrae, por medio de álcalis, una sustancia colorante, el carmín o grana, de un color rojo brillante y diversos matices. Se utiliza para teñir la

zan el carmín en el tinte de los tejidos finos de lana y seda, los lápices de tocador

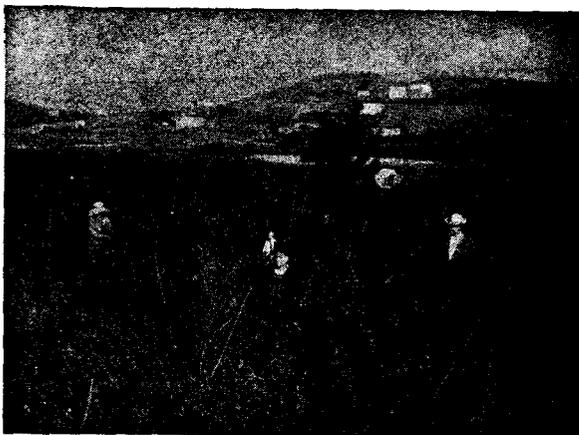


Dromedarios

En estas islas, que tanta analogía guardan crimalológicamente con las costas de próximo desierto africano, no podía faltar el «camello», el animal doméstico que mejor se ha sabido adaptar a las duras condiciones de vida que la escasez de agua impone. (Foto Manrique)

lana y la seda, y también en perfumería. El ácido carmínico se emplea en la técnica micrográfica y tiene un elevado valor.

El descubrimiento de los colorantes, obtenidos de la brea de hulla, mucho más baratos que los naturales, arruinó estas fuentes de recursos. Ya casi no se recoge la orchilla y el cultivo de la cochinilla está en franca decadencia. A penas son mercado para ellas algunos países que utili-



Un tomatar en Pájara

El tomate es uno de los recursos de Fuerleventura. El fruto, regado con aguas ligeramente solobres, es suculento y de excelente sabor, por lo que es muy apreciado en el mercado. (Foto Herrera)

y las alfombras orientales. En 1945 se exportaron por Las Palmas 173.996 Kgs. de cochinilla con un valor aproximado de un millón y medio de pesetas y en el 1946, 131.886 Kgs., con un valor de 2.250.000 pesetas, siendo los principales mercados consumidores: Irán, Inglaterra, E. E. U. U. y España.



Viñedos en Las Gerias (Lanzarote)

Los vinos de Lanzarote gozaron de antiguo de merecida fama. Son de elevada graduación y de excelente paladar. Su elaboración sigue, sin embargo, procedimientos primitivos y no se conocen el arte de la crianza ni la tipificación capaz de valorizarlo. (Foto Medina)

La barrilla.—Diversas plantas xerófilas, denominadas «barrilleras», después



Un alfalfar en Pájara

Regado con agua de pozo extraída con un molino de viento. El terreno es una «gavia» donde se reúne el agua de la lluvia. Esta humedad anormal permite el crecimiento de algunos árboles. (Foto Herrera)

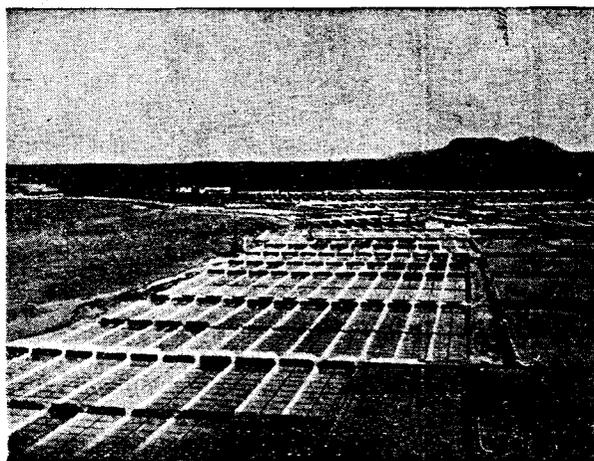
de quemadas, dan unas cenizas ricas en carbonatos de sodio y potasio. Antes de la aparición de la industria química de los alcalinos, Fuerteventura y Lanzarote proporcionaban gran cantidad de estas cenizas (soda ash) que consumían los hiladores y tejedores de lana de Inglaterra y Flandes y los fabricantes de jabón y vidrio. Lo mismo que sucedió con los productos citados, el progreso de la Ciencia ha dado fin al cultivo y aprovechamiento de las «barrillas».

La cebolla.—Este bulbo se cultiva en Lanzarote en condiciones de especial economía con relación al resto del Archipiélago, pues se efectúa en secano. Antiguamente era objeto de lucrativa exportación a los países antillanos y de la costa del Caribe. Pero la puesta en cultivo de nuevos territorios en las Bermudas y California, mucho más cerca de los mercados de consumo, cerró éstos a la producción canaria. No obstante en estos últimos tiempos, y debido a la anomalía de las circunstancias, ha resucitado momentáneamente la demanda de cebollas. En 1938 y 1939, la guerra civil cerró el mer-

cado valenciano y hubo una demanda por parte de Alemania. Lanzarote puso en cultivo 300 hectáreas. En todo el Archipiélago se produjeron 14.417 Tm., de las que se exportaron 5.690 a Alemania y 2.675 a la Península. En años sucesivos, desaparecido el mercado alemán, solo importó la cebolla temprana la Península. En 1945, el Ejército Norteamericano de ocupación en Francia adquirió 1.507 Tm., la Guinea Española 74 y el Africa Occidental Británica 10. En el año 1946, se exportaron a la Península 2.260 Tm. y a las Posesiones del Africa Occidental Británica 22 Tm.

Lanzarote produce por sí sola más de la mitad de la cebolla del Archipiélago, que tiene un gran consumo en el mismo.

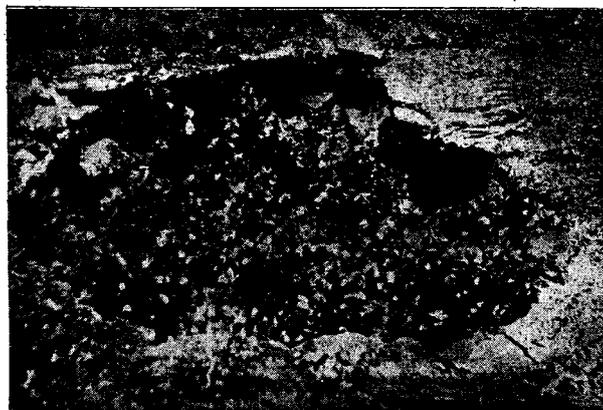
La viña.—Los vinos de Canarias tuvieron, en tiempos, merecida fama universal. El principal mercado era el inglés, más una serie de vicisitudes por que pasó la especulación, y circunstancias de orden político, cerraron aquel mercado, siendo desplazados por los vinos de Madera que han mantenido desde entonces su primacía.



Salinas del Janubio

Aprovechando una depresión próxima al mar, en la que penetran por filtración sus aguas, se han establecido unas extensas salinas que proporcionan a la industria pesquera de Lanzarote una de sus materias auxiliares. Al fondo la Montaña Roja. (Foto Ch.)

La viña se cultiva en las medianías, sobre las arenas volcánicas. Las cepas están muy degeneradas, debido a su antigüedad y al empobrecimiento de los terrenos, que generalmente no se abonan. En Lanzarote existen tres zonas de viñedo. Una está enclavada en las vertientes meridionales del Risco, en los términos de Ye y Maguez, donde crece normalmente a pleno aire, abrigado de los vientos reinantes. La segunda está ubicada en los malpaíses que desde Orsola se extienden hasta cerca de Haría. Las cepas, asociadas a las chumberas, crecen entre las grietas de la lava y se protegen del viento por medio de muros de piedra seca, establecidos en laberinto, formando las corralizas. La tercera es la zona de Las Gerías, en el centro de la isla. Aquí las cepas crecen en el fondo de embudos, zanjas y trincheras, que atraviesan la gruesa capa de negrísimo lapillis, y están también resguardadas del viento por medio de muretes semilunares.

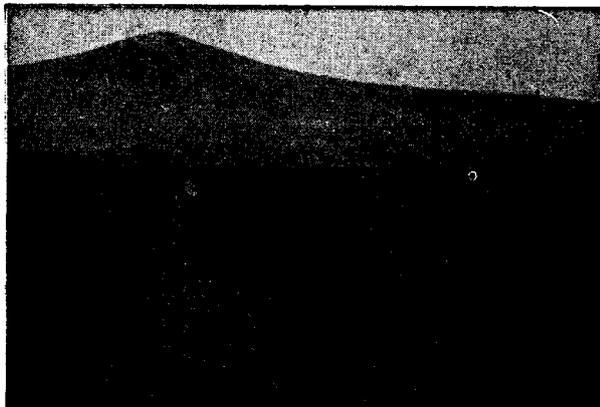


Higuera

La tierra vegetal quedó cubierta por un manto de lava que hubo que perforar para ir en su busca. El resultado fué un pozo en cuyo fondo crece una higuera que quedó así resguardada del viento impetuoso. La repetición de esta extraña plantación da al paisaje una fisonomía especial, ya que el bosque subterráneo permanece invisible para el observador de la superficie. (Foto Medina)

Aunque una parte de la uva se consume fresca, la casi totalidad se destina a la elaboración del vino. Ya no se obtiene como antes la afamada malvasía, más

que por algunos cosecheros amantes de la tradición. Los caldos son bastante gra-



Batatar en el jable de Velta - Jay

Las arenas marinas, transportadas por el viento, cubren la superficie de una extensa depresión que recoge la escasa humedad de las precipitaciones en las cumbres y que dicha arena conserva. Así es posible que sin otro riego se cultive la sandía, el melón, el tomate y la batata. (Foto Medina)

duados y de alguna variedad, tanto blancos como tintos. Su elaboración, aunque primitiva, proporciona productos de excelente paladar, algunos realmente soberbios, pero desgraciadamente carecen de verdadero valor comercial por tres causas: Desconocimiento de las más elementales reglas para la crianza o asoleramiento, la falta absoluta de uniformidad y su elevado precio en relación con el vino peninsular.

Nuevas normas de cultivo vitícola y de procedimientos enológicos podrían, sin duda, dar mejores y más económicos productos, capaces de reconquistar los mercados americanos.

La producción anual de Lanzarote es de unos 12.500 Hls.

Tabaco.—El cultivo de esta planta es de los más antiguos del Archipiélago, pero se producía especialmente en La Palma y Tenerife. El auge que toman cada día los enarenados en Lanzarote, lo han introducido en esta isla, que produce actualmente en secano 150 Tm. anuales de magnífica calidad, que, sin embargo,

es susceptible de mejora debido a la poca experiencia que aún tiene el agricultor.

Higos.—Análogamente a la vid se cultiva este fruto en Las Gerias, creciendo las higueras en el fondo de profundos pozos. Se exportan unas 5 Tm. de higos pasos.

Tomates.—Las zonas puestas en regadío en Fuerteventura, en Pájara, Tui-neje, Las Peñitas y Los Molinos, proporcionan un fruto succulento y sano, que adquiere el mercado exterior, con preferencia. En Lanzarote se cultiva en secano en la zona de El Jable, y en algunos enarenados.

La producción anual es de unos 450 mil ceretos, en Fuerteventura, y 50.000, en Lanzarote.

Batatas (Boniatos), Patatas y Sandías.—Cultivados preferentemente en El Jable de Lanzarote, con una producción de 1.000 Tm. de los primeros, 100 de las segundas y 200 de las terceras.

Cereales.—Es el fuerte de los extensos campos de Fuerteventura. Lanzarote que otrora producía mucho trigo, que exportaba a las colonias portuguesas, en el siglo XVIII, vió arrasados sus campos por la erupción de Timanfaya.

La producción de Fuerteventura es de 2.100 Tm. de cebada y 900 de trigo. En Lanzarote se producen 600 Tm. de cebada, 25 de centeno, 150 de trigo y 200 de maíz (enarenado).

Leguminosas.—En Fuerteventura se producen en secano 226 Tm. de leguminosas. En Lanzarote, merced al empleo de los enarenados, se obtienen 50 Tm. de Lentejas, 400 de garbanzos (algunos años hasta 900) 50 de judías, 200 de habas y una cantidad indeterminada, por dedicarse a piensos y al consumo interior, de chícharos o muelas y arvejas o guisantes.

Piensos.—Los terrenos que en Fuerteventura se riegan con agua salobre y que son fuertemente calcáreos, permiten

el cultivo de la alfalfa, que en cantidad de 1.560 Tm. se exporta henificada a Las Palmas y Tenerife.

GANADERIA.—La sequedad del terreno es causa de pobres pastos, a lo que hay que añadir la falta de manantiales y cursos de agua para abreviar el ganado; por ello la ganadería no es muy floreciente, contribuyendo a esta pobreza los regulares e inexorables períodos de absoluta sequía que diezma los rebaños, impidiéndoles prosperar, ya que el agricultor y el ganadero, ante la imposibilidad de seguir alimentando a sus animales, se ven precisados a deshacerse de ellos a vil precio.



El muelle de Puerto Cabras

La mayor parte del tráfico de Puerto Cabras se hace por medio de veleros que recogen la piedra caliza y la cal viva de que se hace objeto de exportación a todo el resto del archipiélago. El montón que se ve delante del pequeño vapor de la derecha está formado con esta clase de mercancía.

(Foto Ch.)

En otros tiempos había en Lanzarote una casta de magníficos caballos, que se criaban en libertad y eran descendientes de los arábigo-andaluces de los Conquistadores, pero ha desaparecido completamente.

Carezco de datos sobre la ganadería de Fuerteventura, aunque su número es muy semejante al de Lanzarote. En éste son: Las cabras, únicos animales lecheros capaces de nutrirse de aulagas y barrillas, misérrimas plantas desérticas que se dán espontáneamente en los eria-

tes. Existen 4.000 en toda la isla, además de 1.000 corderos. (1)

Camellos, o mejor dromedarios, animales importados de Africa que proporcionan gran esfuerzo muscular y se resignan a nutrirse con paupérrimos pastos y a beber agua con un elevado índice de salinidad. Hay unos 1.000.

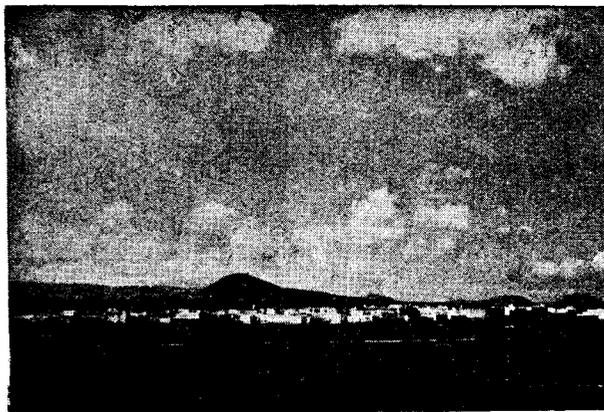
Vacas, sujeto su número a las alternativas de las lluvias anuales. Su número actual es de 250. Hay además 30 caballos, 400 asnos, 50 mulos y 25.000 gallinas.

MINERIA.—En Fuerteventura se explotan lánguidamente, por la carestía de transportes, unas canteras de «granito» (en realidad sienita) y otras de «mármol zonar» (se trata de una toba volcánica aglomerada que nada tiene que ver con

el verdadero mármol) pero una de sus principales riquezas la constituye la excelente y abundantísima piedra caliza que exporta a todo el Archipiélago en proporción de unas 34.104 Tm. anuales en crudo y 9.578 quemada.

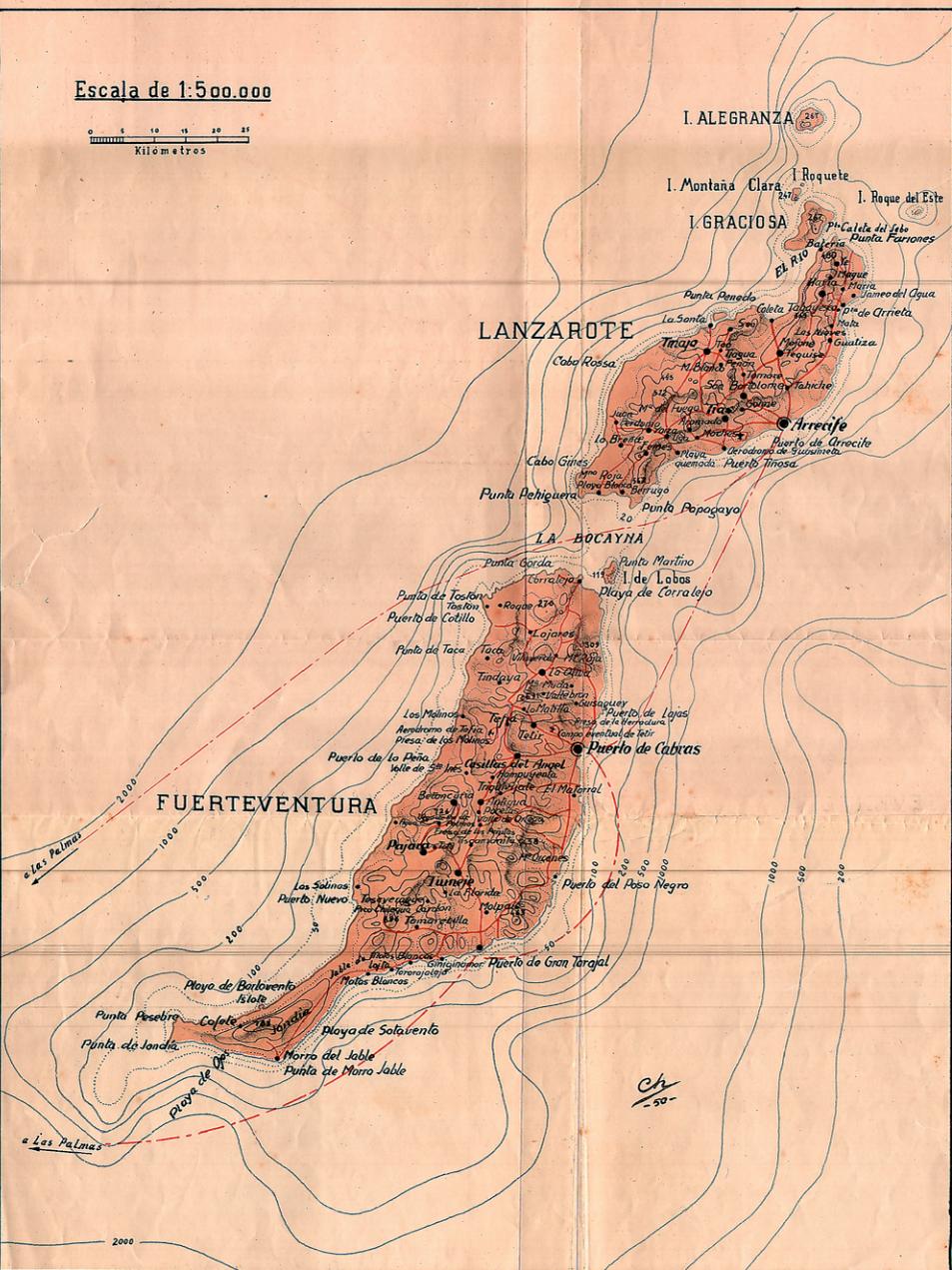
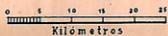
Salinas.—En Lanzarote existen 19 salinas instaladas a lo largo de las costas. Las principales son las de Puerto-Naos, El Río y Janubio, que producen unas 12 mil Tm. de sal, que se consume totalmente por la industria pesquera, siendo esta producción deficitaria.

(1) En Fuerteventura el número de cabezas de ganado menor es de unas 20.000. Después del último periodo de sequías aumentó su número en un año en un 50%, y es curioso que casi todos los partos fuesen dobles y la enorme mayoría de los nacidos hembras.



El Puerto de Lanzarote

Escaja de 1:500.000



SEGUNDA PARTE

CANARIAS

COMO CONJUNTO

GEOECONOMICO

LA AGRICULTURA

La ocupación de Canarias por parte de la Corona de Castilla, no pudo ser más oportuna. En los primeros años no supo que hacerse con aquellas lejanas Islas y por ello su Señorío pasaba de unas manos a otras sin que el Monarca prestase mucha atención a estas cesiones. Pero, casi un siglo más tarde, los navegantes españoles descubrieron un Nuevo Mundo y, de golpe, el Archipiélago cobró suma importancia como estación en la ruta de la «Carrera de las Indias Occidentales».

En aquellos tiempos los barcos eran impulsados a vela y habían de descender siguiendo la corriente del alisio hasta contra la corriente Norte-Ecuatorial; además era preciso repostarlos frecuentemente de agua dulce (que no se conservaba muy bien en los barriles de madera), de verduras frescas, leña, queso y volatería. Las Canarias, situadas a la cuarta parte del camino, eran punto de paso obligado y en ellas podían aprovisionarse los bajeles. Por este motivo su colonización fué lenta. Sus tierras, en época en que allende el mar sobraba un inmenso

continente, no despertaban ambiciones de posesión. Su comercio, como resultado de su escasa población y de la fuerza centrípeta avasalladora de la Lonja sevillana, era precario. Sin embargo, la necesidad vital obliga y, desde el principio, sus moradores hubieron de adaptarse, para sobrevivir, a las condiciones que su clima y situación geográficas imponían a su economía y que, a través de los tiempos, han perdurado, con ligeras variantes, hasta la actualidad.

Falto por completo, el Archipiélago, de recursos en su subsuelo, pero gozando de una temperatura dulce e igual, es la agricultura la única fuente de riqueza de la región. Pero situado en una encrucijada de caminos oceánicos, el comercio revaloriza en forma tal su producción, que son a la postre los puertos lo que constituyen la verdadera despensa de los isleños.

Y así ha sido y será siempre; el binomio agricultura-comercio imprime un sello, un carácter especial, a la economía canaria.

Es posible que en otros siglos Las Islas Canarias justificasen el apelativo de Jardín de las Hespérides o Islas Afortunadas, que se les asignaban. Debieron estar cubiertas, con excepción de Lanzarote y Fuerteventura, de tupidos y frondosos bosques, que aseguraban en las alturas y medianías las precipitaciones atmosféricas y proporcionaban agua abundante a las partes bajas. Pero el hacha del leñador terminó hace tiempo con esta riqueza y, en la actualidad, la idea que generalmente se posee de que estas tierras son un vergel de eterno verdor, ha pasado a la categoría de mito. Es cierto que la temperatura no ha variado y sigue siendo benigna, templada y dulce, pero no hay agua, y sin agua, no puede haber vegetación. La mayor parte de su áspero suelo está pelada y reseca.

En la eterna y titánica lucha del hombre contra la Naturaleza, pese al tópico vulgar de vida fácil que se atribuye a estas tierras, el canario ocupa un lugar destacado, en primera línea, y su esfuerzo puede considerarse, sin temor a incurrir en la hipérbole, de heroico.

Por cuatro fases o períodos pasó la economía agrícola. Todos ellos se caracterizan por el monocultivo de una especie, adaptada a las condiciones singularísimas del clima, y que, merced a la situación en medio de los caminos comerciales, lo acercan rápidamente a los mercados, que les conceden el mayor valor, obteniendo de esta forma el máximo de rentabilidad, ya que no el de rendimiento, en la unidad de superficie cultivada.

Primeramente fué la caña de azúcar, la que se produjo. Procedente de la India, la habían introducido los árabes españoles en la costa granadina, donde aún perdura. Gran Canaria, Tenerife, La Palma y hasta la Gomera, hicieron plantaciones e instalaron ingenios y trapiches. Nunca llegó a tener gran importancia. La población era escasa y sus necesidades estaban largamente cubiertas con la madera de sus bosques para el abastecimiento de los buques que fondeaban en sus

calas, los que les proporcionaban el dinero para adquisición de productos exóticos y manufacturados, y Fuerteventura y Lanzarote les proveían de cereales, (también eran objeto de exportación), que, transformados en gofio, constituyen la base fundamental, y casi exclusiva, de la alimentación del canario. Sin embargo, el cultivo de la caña también se implantó en Cuba, Santo Domingo y Jamaica y la competencia (más agua, mano de obra más barata) dió al traste con esta fuente de recursos. América envió a cambio de la dulce gramínea, el maíz y la patata, que se aclimataron estupendamente en la región.

Pronto fué sustituida la caña por la vid. Parece ser que las cepas fueron traídas de Candía a través de la Madera. Prosperaron magníficamente en las medianías, sobre la arena volcánica. De sus racimos obtuvieron los naturales dos clases de vinos: el viñedo, seco, aromoso y flojo, que resistía difícilmente el transporte sin avinagrarse, y la malvasía, dulce, licorosa y acre, por la cantidad de tártaro que encierra, que aguantaba perfectamente las largas travesías. Caldos excelentes que adquirieron renombre en el Mundo entero y que fueron loados por un cierto comediante y actor de farsas teatrales llamado Guillermo Shakespeare, asiduo concurrente a la londinense taberna de «La Sirena». Desgraciadamente Francia, España e Italia tenían vinos suficientes para su consumo, los países germánicos o centroeuropeos preferían la cerveza al vino y sólo fué Inglaterra el principal y casi único consumidor de los generosos mostos canarios. Y digo desgraciadamente, porque la avaricia de los mercaderes británicos y los acontecimientos políticos derivados de la lucha entre la Gran Bretaña y el Imperio Español, cerraron el mercado inglés. En 1666 culminó el conflicto en una especie de revolución que en Garachico, puerto de embarque por aquellas épocas, se conoció por «El Derrame del Vino». Mas fué el tratado de Methuen de 1703, al conceder ciertos privi-

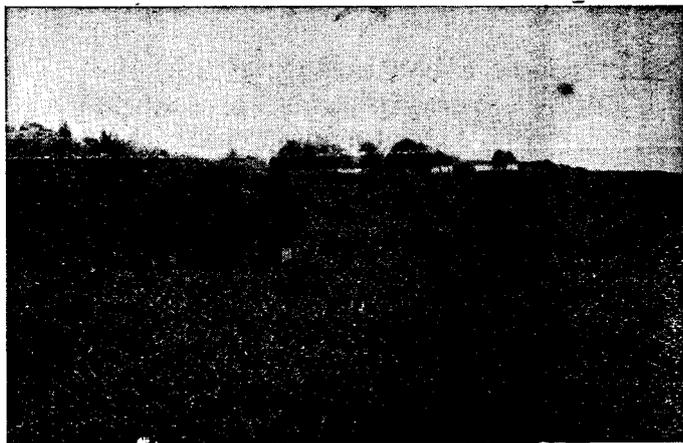
legios a los caldos portugueses para su entrada en Inglaterra, lo que dió el golpe de gracia al comercio de los vinos canarios. Las colonias inglesas de América aún siguieron adquiriendo estos vinos, pero después de 1741, puede decirse que éste se cerró definitivamente.

Tras de unos años de honda crisis y mortal decadencia, se halló momentáneamente sustituto a los vinos con el cultivo de la cochinilla, ese parásito de las tuneras, oriundo de Méjico, que proporcionaba la grana, con la que teñir los tejidos de lana y seda. Rápidamente aprendió el canario su crianza industrial y ésta tomó tal incremento, que, en el año 1870, cuando la guerra franco-prusiana, llegaron a exportarse cerca de 3.000 toneladas de insectos secos, saturándose el mercado.

Ocho años más tarde se descubrieron los colorantes de anilina, mucho más baratos y susceptibles de pintar con infinitos matices, y comenzó a declinar el comercio de la cochinilla. Once años después podía darse por liquidado el comercio de la grana y hubo de buscarse por otro camino la restauración de la economía isleña.

Se hicieron varias tentativas. Se trató de volver al cultivo de la caña de azúcar, pero ésta, que había sido derrotada anteriormente por la antillana, donde los profundos terrenos tenían más aguas, y la mano de obra, constituida por esclavos negros, era casi gratuita, había de luchar ahora con otro terrible enemigo. El «azúcar alemán» de remolacha, invadía los mercados europeos desde el bloque inglés al Continente, y que aprovechando la coyuntura que la crisis subsiguiente a la abolición de la esclavitud había sufrido el azúcar de caña, se había situado en primera línea dentro de las nacientes economías autárquicas y nacionalistas. Más adelante el perfeccionamiento de los métodos de cultivo y la industrialización de los «ingenios» antillanos, merced al capital yanqui, vencedor de

España al final del siglo XIX, haría del todo imposible la lucha. Piénsese que la producción de azúcar que, en el siglo XVI, era un monopolio de las dos naciones Ibéricas, habían aumentado en cifras colosales desde finales del XIX, alcanzándose en 1913 los 18 millones de toneladas. Es verdad que las necesidades del dulce alimento en todo el mundo no estaban aún cubiertas con ello y que muchos habitantes de este planeta apenas si lo conocen, pero el precio que adquiriría el artículo una vez despojado de las tasas con que la administración estatal lo gravó desde un principio, no lo hacían remunerador para una economía como la



Plantaciones de plátanos en Garachico. Tenerife

Se diría de un paisaje antillano, pero situado a muy corta distancia de la fría Europa. (Foto Benítez)

canaria con fuentes de recursos muy restringidos.

También se trató de dar impulso al cultivo del tabaco, pero como sucedió con el azúcar, encontró ocupado el lugar, ya que no podía competir en calidad con el cubano, ni en precios con el norteamericano, y, dado el caso, como se da con este producto, de que en la mayoría de las naciones la distribución es un monopolio del Estado, que se lleva la parte del león en la percepción de beneficios, la competencia es asáz, ruda y no deja margen de provecho digno de tenerse en cuenta.

En estas condiciones advino, a principios de siglo, el motor de explosión a resolver de una manera indirecta el problema. Ya a mediados del siglo pasado se habían hecho en Gran Canaria ensayos de regadío a base de unas norias gigantes accionadas por bueyes. Pero se comprende que el sistema no podía tomar un desarrollo importante hasta que no se introdujo la mecanización. Entonces pudieron instalarse pozos más profundos, pudieron perforarse rocas más duras con menos gasto, y se instalaron bombas poderosas que se accionaban muy económicamente gracias al reducido valor de los combustibles líquidos, que penetraban amparados en los privilegios del régimen de Puertos Francos.

Pronto se encontraron, no uno, sino dos cultivos, que rápidamente se abrieron camino en los mercados, eliminando toda competencia y dando nueva y vigorosa savia al árbol de la economía isleña. Son estos el plátano y el tomate.

El plátano canario o bananero de los franceses, es la planta canaria por excelencia y a ella debe en primer lugar la prosperidad que estas Islas fueron adquiriendo desde principios de siglo. Fruto semitropical, procedente de la Indochina, que se da a todo lo largo del año, situado a pocas singladuras del mercado europeo, no admite competencia de ningún otro, como no sea la naranja levantina a la uva almeriense, que concurre con él en las mesas invernales.

Su cultivo se practica en terrenos que no tengan una altitud superior a los trescientos metros, que es donde la temperatura es más dulce en invierno. Exige un riego cada quince días, por término medio, con un gasto de unos 16.000 metros cúbicos de agua por hectárea y año. El abonado de las tierras consume 40.000 kilos de estiércol y 6.000 kilos de abonos químicos, también por hectárea y año. Las labores de cava, escarda, combatir plagas, deshijado, corte, etc., emplean 700 jornales de hombre y 100 de mujer,

de manera que el costo total de producción alcanza las 40.000 ptas. por Ha. incluyendo en ellas el costo del agua.

El número de plantas por hectárea es de alrededor de 1.700, que proporcionan unos 1.400 racimos de un peso que oscila entre 8 y 50 kilos, siendo el promedio de 20 kgs. de los que corresponde el 10% al pedúnculo y el resto al fruto. De esta manera resulta que el producto medio de una hectárea de platanera al año, es de unas 28 toneladas, las que proporcionan, vendidas a 250 ptas. kilo, un beneficio líquido de unas 30.000 pesetas, por término medio, en el momento actual.

Claro está que las fincas enclavadas en la primera zona, o sea la inferior a los 100 metros de altura aún son más rentables, mientras que las situadas en zonas altas son de mucho menor rendimiento.

Sin embargo, la superficie destinada a esta clase de cultivo es relativamente pequeña. Ello es debido en primer lugar, a su exigencia en agua, y en segundo, a que las únicas islas que disponen de ella son precisamente las más montañosas, y aún en estas sólo la parte Septentrional, y como se elevan de altura rápidamente, la zona baja litoral es muy estrecha.

La extensión de las plataneras es la siguiente :

Gran Canaria	2.817 hectáreas
Tenerife	2.975 »
La Palma	807 »
Gomera	492 »
<hr/>	
Total	7.091 hectáreas

El principal mercado es, desde luego, el nacional ; sigue en importancia, en cuanto a cantidad, el local, y viene por último el extranjero, que, sin embargo, desde el punto de vista económico, es el que tiene la preferencia, por lo que se trata por todos los medios de intensificarlo. Véanse unos cuantos datos bien elocuentes :

Exportaciones de plátanos efectuadas durante los años que se indican detallando el consumo aproximado de la plaza en las provincias de Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria, expresado en kgs. netos.

	<i>Tenerife</i>	<i>Las Palmas</i>	<i>Total</i>
<i>Año 1938</i>			
España	26.261.758	19.090.870	45.352.628
Extranjero	32.724.747	26.335.489	59.060.236
Consumo local	3.954.514	3.045.486	7.000.000
Totales	62.941.019	48.471.845	111.412.864
<i>Año 1939</i>			
España	38.754.588	28.151.177	66.905.765
Extranjero	20.709.807	12.211.474	32.921.281
Consumo local	4.467.500	3.032.500	7.500.000
Totales	63.931.895	43.395.151	107.327.046
<i>Año 1940</i>			
España	61.087.687	49.526.410	110.614.097
Extranjero	3.421.416	2.356.662	5.778.078
Consumo local	6.096.110	4.903.890	11.000.000
Totales	70.605.213	56.786.962	127.392.175
<i>Año 1941</i>			
España	66.062.827	46.834.307	112.897.134
Extranjero	318.680	276.180	594.860
Consumo local	9.124.138	6.475.862	15.600.000
Totales	75.505.645	53.586.349	129.091.994
<i>Año 1942</i>			
España	60.705.408	39.440.857	100.146.265
Extranjero	1.273.687	1.115.977	2.389.664
Consumo local	18.940.471	20.940.886	39.881.357
Totales	80.919.566	61.497.720	142.417.286
<i>Año 1943</i>			
España	57.454.071	38.390.395	95.844.466
Extranjero	2.343.231	1.606.287	3.949.518
Consumo local	19.410.485	16.433.553	35.844.038
Totales	79.207.787	56.430.235	135.638.022

Año 1944

España	62.718.623	49.623.332	112.341.955
Extranjero	1.288.898	1.210.987	2.499.885
Consumo local	17.836.244	13.931.095	31.767.339
Totales	81.843.765	64.765.414	146.609.179

Año 1945

España	63.582.874	52.450.682	116.033.556
Extranjero	4.419.813	4.562.428	8.982.241
Consumo local	18.228.377	14.536.593	32.764.970
Totales	86.231.064	71.549.703	157.780.767

Año 1946

España	43.980.251	32.455.416	76.435.667
Extranjero	30.796.804	25.308.682	56.105.486
Consumo local	11.324.627	10.961.403	22.286.030
Totales	86.101.682	68.725.501	154.827.183

Año 1947

España	57.022.437	48.533.416	105.555.853
Extranjero	19.211.688	14.877.391	35.089.079
Consumo local	10.461.720	15.372.992	25.834.712
Totales	86.695.845	78.783.799	165.479.644

Año 1948

España	65.245.744	51.845.013	117.090.757
Extranjero	27.733.906	21.107.246	48.841.152
Consumo local	8.478.000	9.947.710	18.425.710
Totales	101.457.650	82.899.969	184.357.619

Año 1949

España	66.580.742	42.923.331	109.504.073
Extranjero	22.642.255	15.552.992	38.195.247
Consumo local	8.130.763	10.487.094	18.617.857
Totales	97.353.760	68.963.417	166.317.177

Como puede observarse, la producción va incrementándose paulatinamente y el aumento es absorbido totalmente por el mercado nacional.

Los envíos al extranjero se redujeron considerablemente con motivo de la última guerra, habiendo aumentado nuevamente a partir del año 1.946.

El rendimiento medio de estos últimos años, pese a la escasez de fertilizantes ha sido de unas 225 Tms. por Ha.

El tomate se cultiva en el Sur de las Islas, en terrenos secos y pedregosos. No es muy exigente en cuanto a la tierra y se le proporciona 10.000 kgs. de estiércol y unos 4.000 de abonos químicos. Se le dán

de 10 a 11 riegos y gasta alrededor de 8 mil metros cúbicos de agua por Ha. Su campaña se verifica en invierno en la que se producen tres zafra: la temprana, de Octubre a Diciembre, la media en Enero y Febrero y la tardía, de Marzo a Mayo.

La superficie cultivada es variable, pues depende de la demanda, pero en el último año ha llegado a 5.000 Has. en la

Provincia de Las Palmas y 3.500 en la de Tenerife. El número de jornales masculinos es de 180 y 600 los femeninos por Ha. y campaña y los gastos ascienden a unas 25.000 ptas. por Ha. de cultivo.

El tomate se envasa en seretos o cestos de tablas tronco-piramidales con un peso bruto de 12 kg.

Véase algunos datos de exportación:

Exportaciones de tomates efectuadas durante las zafra que se indican detallando el consumo aproximado de la plaza en las provincias de Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria, expresado en kgs. netos.

	<i>Tenerife</i>	<i>Las Palmas</i>	<i>Total</i>
<i>Zafra 1938/39</i>			
España	4.697.522	14.059.179	18.756.701
Extranjero	44.747.049	75.425.525	120.172.574
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	50.004.571	90.167.204	140.171.775
<i>Zafra 1939/40</i>			
España	11.002.308	18.137.403	29.139.711
Extranjero	16.940.512	37.276.281	54.216.793
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	28.502.820	56.096.184	84.599.004
<i>Zafra 1940/41</i>			
España	7.524.220	19.856.108	27.380.328
Extranjero	314.120	1.666.348	1.480.468
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	8.398.340	22.204.956	30.103.296
<i>Zafra 1941/42</i>			
España	5.236.596	14.023.587	19.260.183
Extranjero			
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	5.796.596	14.706.087	20.502.683
<i>Zafra 1942/43</i>			
España	7.616.148	14.023.587	21.639.735
Extranjero		1.380.432	1.380.432
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	8.176.148	16.086.519	24.262.667

	<i>Tenerife</i>	<i>Las Palmas</i>	<i>Total</i>
<i>Zafra 1943/44</i>			
España	11.025.036	20.115.108	31.140.144
Extranjero	1.154.328	1.254.312	2.408.640
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	12.739.364	22.051.920	34.791.284
<i>Zafra 1944/45</i>			
España	11.025.036	20.871.480	31.896.516
Extranjero	1.154.328	1.470.912	2.625.240
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	12.739.364	23.024.892	35.764.256
<i>Zafra 1945/46</i>			
España	14.326.632	26.536.692	40.863.324
Extranjero	3.886.692	13.087.164	16.943.856
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	18.773.324	40.306.356	59.049.680
<i>Zafra 1946/47</i>			
España	6.633.792	14.851.644	21.485.436
Extranjero	24.153.444	54.123.204	78.276.648
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	31.347.236	69.657.348	101.004.584
<i>Zafra 1947/48</i>			
España	3.076.596	5.738.580	8.815.176
Extranjero	42.704.880	70.856.148	113.561.028
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	46.341.476	77.277.228	123.618.704
<i>Zafra 1948/49</i>			
España	6.164.856	13.803.636	19.968.492
Extranjero	56.765.496	93.852.096	150.617.592
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	63.490.352	108.338.232	171.828.584
<i>Zafra 1949/50</i>			
España	6.354.948	18.157.092	24.512.040
Extranjero	51.584.208	75.158.988	126.743.196
Consumo local	560.000	682.500	1.242.500
Totales	58.499.156	93.998.580	152.497.736

Como vemos, la mayor parte de la producción de tomates se envió al extranjero, produciendo su exportación un importante volumen de divisas.

El rendimiento medio por Ha. en buen cultivo, es de unas 20 Tm. que dejan alrededor de 15.000 Ptas. líquidas de beneficio, en los seis meses que duran las zafras, aunque los muchos accidentes que sufre este cultivo y las bruscas oscilaciones de precio en los mercados, hagan extremadamente variable el resultado económico del mismo.

Del examen de estos datos se deduce que la rentabilidad de la tierra de Canarias es excelente. Considerado de una manera simplista parece ser así, pero si examinamos las cosas desde más cerca y analizamos cuidadosamente el valor o cuantía de los capitales puestos en juego, se verá que no es tan exagerada como a primera vista se nos presenta.

La escasez de agua en las Islas, en las que no existe un sólo arroyo y la imprescindible necesidad del riego en los cultivos de plátanos y tomates, que sólo prosperan en las zonas bajas de las Islas, han obligado a los agricultores canarios a recurrir a cuantos medios están a su alcance para la captación de las aguas de lluvias, alumbramiento de caudales subterráneos y conducción de las aguas desde el punto donde se recogen o alumbran hasta los cultivos en que se aplican.

Son numerosas las presas y embalses construídos, bien en el cauce de los barrancos o fuera de ellos, para recoger las aguas de las lluvias que en ciertas ocasiones caen sobre las Islas.

Como debido a la naturaleza volcánica del suelo, gran parte del agua de lluvia, se infiltra a través de las muchas fallas del terreno, para su captación en las capas o corrientes subválveas, los agricultores canarios han acudido a la perforación de pozos—algunos de ellos de gran profundidad, 300 metros o más—o a la

perforación de galerías horizontales en los macizos montañosos, con longitudes que, con frecuencia, pasan de los dos kilómetros.

Las aguas alumbradas en los pozos se elevan por potentes instalaciones capaces de conducir considerables caudales a alturas de varios centenares de metros.

Para el transporte del agua hasta el punto en que ha de ser empleada existe una profusa red de canales, canalillos, atarjeas y tuberías que se entrecruzan por las zonas de cultivo y que, mediante



La Vega de Arucas. Gran Canaria

Las plataneras extienden a lo largo y a lo ancho de las terrazas su verde exuberancia, que provee de frutos tropicales durante el invierno a las naciones europeas enlazadas por mar con el Archipiélago. (Foto H. Gil)

complejas distribuciones, llevan a cada agricultor el agua que le corresponde para su cultivo.

Considerando lo que antecede no es de extrañar que el agua para riego alcance elevados precios, motivados no sólo por los capitales que han sido necesario invertir para captarlas, sino por la extrema escasez en determinadas zonas y épocas, que hace que la poca agua disponible se subaste entre los agricultores, que la ansían para no ver perder, con sus cultivos, el esfuerzo, muchas veces de años, hecho para crearlos.

Para dar una idea de los capitales invertidos en alumbrar aguas, diremos que las galerías perforadas en Tenerife, según la Jefatura de Minas, miden una longitud total de 584 kilómetros, cuyo costo de perforación sería hoy de unos 300 millones de pesetas y que además se han invertido en la referida Isla 150 millones de pesetas más en la construcción de estanques, canales, tuberías, etc., para recoger y conducir el agua alumbrada. Estas obras han sido efectuadas por la iniciativa privada.

En Gran Canaria, a fines de 1949, existían 1262 pozos, con una longitud en profundidad de 75 kilómetros, y en galerías de 32, y 228 galerías de socavón, con una longitud de 75'5 kilómetros. El total del agua alumbrada en litros por segundo es de 4212. En dicho año se calcula en 70 millones de pesetas los gastos efectuados en obras hidráulicas. La rentabilidad anual de un litro-segundo oscila entre 350 mil y 100 mil pesetas, según la importancia de los gastos de explotación.

El caudal total alumbrado en Tenerife es de unos 250.000 m³ diarios, o sea, unos 2.900 litros por segundo.

Si determinásemos el interés al 6% que corresponde a los 450 millones de pesetas invertidos en obras hidráulicas en Tenerife, nos resulta el costo de un metro cúbico de agua a 0'30 Ptas. sin incluir en dicho precio los gastos de conservación de las obras y el riesgo grande de pérdidas de los caudales alumbrados, así como los de administración y distribución de las aguas y mermas en la conducción, por lo que no resulta lejos de la realidad el costo de 0'40 ptas. el m.³ de agua, en el sitio en que se emplea.

Como el precio medio del agua en Tenerife durante el año no se eleva mucho del indicado, veremos que el rendimiento medio que producen los capitales invertidos en obras hidráulicas, es normal.

El cultivo del plátano, con raras excepciones, exige costosos trabajos de preparación del terreno, ya que es necesario

proporcionarles un suelo de 0'70 metros, como mínimo, de profundidad, de buena calidad y con buen drenaje. Para ello es necesario allanar el terreno removiendo rocas a fuerza de barras y explosivos, transportar tierras, algunas veces de larga distancia, y formar bancales con muros de contención de mampostería en seco, que en ocasiones alcanza 5 metros y más.

El costo de estos trabajos de roturación pueden cifrarse en unas 80.000 ptas. por Ha. por término medio. Si a este precio le añadimos el costo del terreno antes de ser preparado, que alcanza hoy unas 50.000 ptas. por Ha. y los gastos de cultivo durante el primer año, nos hace subir el costo de la Ha. de plátanos en producción a 170.000 ptas. Como el beneficio líquido medio lo hemos cifrado en 30 mil pesetas anuales por Ha. resulta que el cultivo del plátano produce un interés medio del 17'6% de los capitales invertidos.

El capital total invertido en establecer el cultivo del plátano en el Archipiélago lo podemos evaluar en 1.200 millones de pesetas y el beneficio líquido anual en 210 millones.

El cultivo del tomate es como ya hemos dicho, de resultados económicos muy variables, habiendo años que produce beneficios muy elevados y otros en que ocasiona pérdidas cuantiosas y aún dentro de un mismo año, mientras unos agricultores obtienen saneados beneficios, hay otros que sufren elevadas pérdidas, según los momentos en que obtienen la cosecha y los precios que en esos momentos alcanza el tomate en los mercados.

Tomando una Ha. en buen cultivo que debe producir unas 20 Tms. de fruto y 16.000 pesetas de beneficio, y considerando que una Ha. para el cultivo del tomate cuesta prepararla unas 30.000 ptas. y que su coste antes de prepararla es de 50.000 ptas., o sea igual que la del plátano, resulta que el interés que produce el capital invertido en los terrenos que se dedican al cultivo del tomate es de un

20%, debiendo incluirse en dicho interés el elevado riesgo que este cultivo lleva consigo.

El Capital total inmovilizado en los terrenos que se cultivan de tomates asciende a 680 millones de pesetas y su rentabilidad puede calcularse en 120 millones.

En resumen las 7.000 Ha. cultivadas de plátanos y las 8.500 cultivadas de tomates en el Archipiélago suponen una inmovilización de 1.880 millones de pesetas en que se han valorado las obras hidráulicas en la Isla de Tenerife y los que importen las efectuadas en las demás islas del Archipiélago, seguramente se aproxima a 2.700 millones de pesetas, el total del capital inmovilizado en los cultivos de regadío del Archipiélago.

Estas inmovilizaciones han permitido disponer de un caudal aproximado de 5 metros cúbicos por segundo que aplicado al riego de los cultivos de plátanos y tomates permiten obtener 180.000 Tm. de plátanos y 17.000 Tm. de tomates, con un valor bruto de 800 millones de pesetas. El beneficio producido conjuntamente por los dos cultivos indicados asciende a 330 millones de pesetas a cuyo beneficio hay que añadir el producido por el agua, ya que hemos cargado su costo en el cultivo, y que evaluamos en unos 75 millones de pesetas.

El total de beneficio del cultivo del plátano y del tomate asciende por lo tanto a unos 405 millones de pesetas que representa un 15 % del capital inmovilizado

Una vez obtenidos los frutos por el agricultor es necesario proceder a su embalaje y transporte para la exportación, que unas veces se efectúa por el agricultor directamente, o a través de las potentes y bien organizadas Cooperativas, y otras por Entidades exportadoras, que la mayor parte de las veces trabajan a la comisión, liquidando a los agricultores con precio en relación con las alternativas del mercado.

El negocio de exportación produce también beneficios que hay que incrementar a los que se obtienen del ciclo puramente productivo.

Hemos tratado de dar una idea de lo que en la actualidad es la activa economía agrícola de Canarias y en la que como vemos los agricultores canarios han inmovilizado cuantiosas sumas de las que, gracias a su trabajo inteligente, obtienen un satisfactorio interés.

Con la generalización del transporte aéreo se abren para las Islas Canarias nuevas y sorprendentes posibilidades que bien pudieran transformar la economía dándole una pujanza hasta hoy insospechada.

La benignidad del clima permite obtener en las Islas toda clase de frutos tropicales que alcanzan precios muy elevados en los mercados europeos. Durante el invierno es posible obtener frutos como la fresa, y hortalizas, como la berenjena, espárragos y pimientos, que en Europa sólo se obtienen en primavera y verano. Es sorprendente ver en Canarias la profusa producción, durante el invierno, de flores, que en Europa sólo se obtienen en estufas calientes. Algunas de estas flores se cotizan a precios muy elevados en los mercados. Hasta el momento actual la lentitud del transporte marítimo no ha permitido poner en los mercados los productos indicados, pero hoy que el avión nos ha acercado a ellos, pudiendo hacer el transporte de los indicados frutos en contado número de horas, han comenzado a efectuarse ensayos de envío de diversas clases de frutos, flores y hortalizas, que como hemos dicho, no tardarán mucho tiempo en constituir importantes recursos para el Archipiélago, que seguramente harán superar el rendimiento hoy producido por el plátano y el tomate.

(Con la colaboración de Don Jorge Menéndez, Jefe del Servicio Agronómico de Tenerife.)

Producción agrícola de las provincias de

CULTIVOS	TENERIFE		LAS PALMAS	
	SUPERFICIE Ha.	VALOR Miles de Ptas.	SUPERFICIE Ha.	VALOR Miles de Ptas.
Cereales	33.150	35.821	21.788	21.886
Léguminosas	4.256	2.151	4.053	7.398
Barbechos	33.500	5.405		
Tubérculos, raíces y bulbo	13.359	111.136	5.594	46.708
Viñedos	4.420	17.477	457	5.639
Olivares		4.541		
Plantas industriales	610	70.508	170	1.290
Huerta	4.623	185.525	3.304	122.537
Arboles frutales	5.047	5.667	4.054	163.932
Praderas y forrajes	1.434	2.702	457	9.787
TOTALES	100.399	440.933	39.882	379.153

Superficies cultivadas y extensión total de las provincias

PROVINCIA	BAJO RIEGO (1) Ha.	SECAÑO Ha.	PASTOS Y BOSQUES Ha.	SUPERFICIE TOTAL Ha.
TENERIFE	21.346	117.364	134.711	409.974
LAS PALMAS	14.977	63.893	48.545	320.800
TOTALES	36.323	181.257	183.256	730.174

NOTA.—El caudal de agua disponible no permite regar toda esta extensión de una manera constante a lo largo de todo el año. La zona de tomates sólo se riega en el otoño e invierno. La zona regada permanentemente puede calcularse en menos de 20.000 Has.

LA INDUSTRIA

Carentes las Islas Canarias de recursos en su subsuelo, con una agricultura orientada casi exclusivamente a la producción de frutos y sin fuentes de energía autóctonas (agua, carbón, petróleo); no es de extrañar que su desarrollo industrial sea verdaderamente raquíptico.

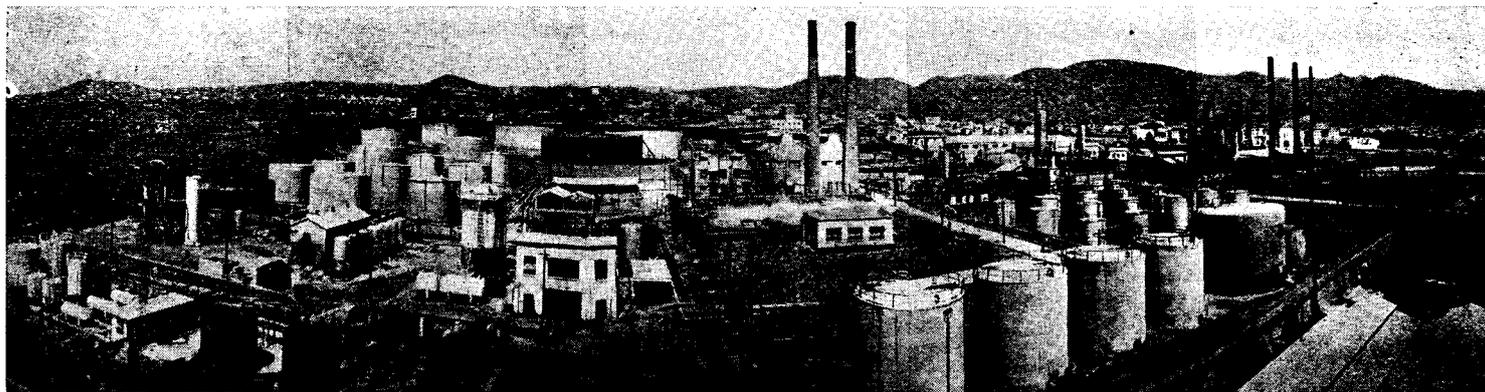
Existen algunas pequeñas industrias, de consumo casi exclusivamente local, y, aunque la industria química (fertilizantes), la de conservas y salazones de pescado y la manipulación del tabaco, tienen cierta influencia en la economía isleña, su repercusión en la economía nacional es casi nula.

Sin embargo, estando situado el Archipiélago en un lugar privilegiado de las rutas comerciales, y disfrutando de un régimen de franquicias aduaneras, en cuanto, por cualquier circunstancia, puede sobrepasar las desventajas de la carencia de materias primas y de energía, surge briosa y potente la industria, que adquiere con rapidez un magnífico desarro-

llo; y es buena prueba de ello, lo sucedido con la refinación del petróleo.

El Gobierno de Primo de Rivera, acometió la tarea de crear una autarquía económico-industrial, inspirada en patrióticos motivos de defensa nacional. Conociendo el valor que en los tiempos modernos tienen los carburantes líquidos, sin los cuales queda prácticamente detenida la Armada, la Aviación, los elementos blindados y los transportes terrestres por carretera, y las gravísimas repercusiones que sobre la industria, en general, ocasionaría la carencia de lubricantes, favoreció la creación de grandes depósitos o stocks de tan fundamentales materias, concediendo el privilegio de un monopolio a la distribución de los carburantes.

Por otra parte Canarias, situada en una encrucijada de caminos marítimos, venía siendo, desde mediados del siglo pasado, un depósito carbonero de importancia para el abastecimiento de buques, más al aparecer la motonave y consumirse combustibles líquidos, de más fácil y eco-



Vista panorámica de la Refinería de

En esta fotografía puede apreciarse claramente la importancia que esta instalación industrial ha

nómico manejo, en muchos vapores, se vió la necesidad de instalar, asimismo, depósitos de estos combustibles para cubrir estas demandas y evitar que las líneas de navegación se desviasen en busca de otros puertos de abastecimiento. Por ello, en los primeros cinco lustros del siglo actual, se establecieron por distintas Compañías, diversos depósitos de esta clase.

En esta situación se constituyó en Septiembre de 1929 la Compañía Española de Petróleos, con objeto de nacionalizar en el mayor grado posible las actividades petrolíferas españolas.

Comenzó por asegurarse el suministro de materias primas, para lo cual a primeros de 1930 adquirió en Venezuela los negocios de la Falcon Oil Corp., que incluía diversas concesiones petrolíferas en dicha nación americana, cosa que sólo era posible efectuarlo a una compañía privada, pues la mayor parte de los Estados petroleros prohíben adquirir concesiones en su territorio a Gobiernos extranjeros.

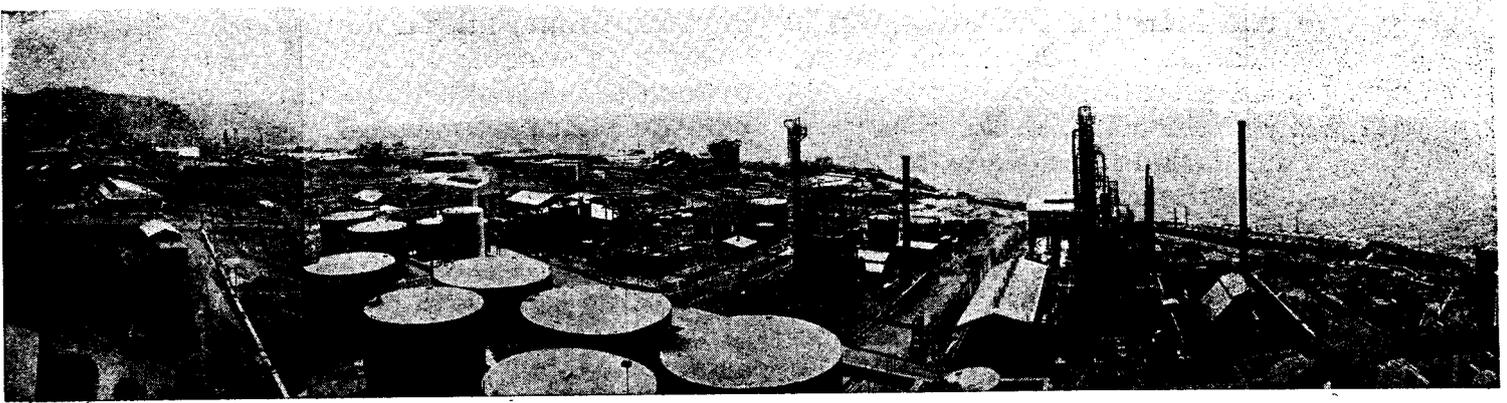
En el transcurso del tiempo, la Compañía ha adquirido concesiones por una extensión de 39.707 hectáreas, de las cuales 9.496 situadas en el Estado de Monagas se han aportado a una empresa conjunta constituida con otras empresas petrolíferas. Estas concesiones han proporcionado a la Compañía hasta 1.946 un

censo de 1.879.561 toneladas de petróleo crudo de base asfáltica.

Como paso intermedio entre la extracción y la distribución, está la refinación, proceso que, en la actualidad, más pudiéramos denominar de transformación o elaboración, y que, en la industria del petróleo, reviste la mayor importancia. La C.E.P.S.A. eligió para situar su factoría un lugar que estuviese enlazado fácilmente con las rutas conducentes a los puntos de producción y los mercados futuros, que en cierta forma fuese equidistante de todos ellos, que por sí sólo fuese un excelente mercado y por último que gozase del régimen de franquicia aduanera, para facilitar las importaciones y exportaciones. Este lugar fué Santa Cruz de Tenerife, donde en Noviembre de 1930 inauguró la primera planta de refino.

Ocupaba unas 10 hectáreas y comprendía una instalación de semicracking y destilación, capaz de tratar hasta 250 mil Tm. anuales de crudos. Al propio tiempo construyó un oleoducto para el abastecimiento de buques en el puerto.

En los cinco años siguientes proporcionó a éstos para consumo propio 1 millón 350.000 toneladas de combustible. En vista de ello, en 1936 se aumentó la instalación con una unidad de craking, sistema Dubbs y los elementos accesorios para tratamientos químicos, vapor y flúido



Petróleo de Santa Cruz de Tenerife

llegado a alcanzar y habla más elocuentemente que cualquier descripción que de ella pudiera hacerse.

do eléctrico, etc., etc., elevándose la capacidad de refino a 600.000 toneladas de crudo anuales y ocupándose unas 6 hectáreas más.

Sin embargo, tampoco esta ampliación fué suficiente, y, diez años más tarde, hubo que pensar en mejorarla, instalándose en una superficie de unas 20'5 hectáreas, una unidad de destilación fraccionada a presión atmosférica y vacío y, además de todas las unidades necesarias para producir lubricantes y parafinas, nuevas instalaciones de fuerza, mayores y más numerosos depósitos, etc. La capacidad total de refino se ha acrecentado hasta 900.000 toneladas de crudo anuales.

Esta última ampliación ha sido terminada en 1950.

En la actualidad la Refinería de Petróleos de Santa Cruz de Tenerife emplea 80 técnicos y 800 obreros. Dispone de cuatro oleoductos que la enlazan con el puerto, a través de los cuales puede abastecer a los buques de productos elaborados y descargar de crudos los petroleros.

Cuenta con una flota de tres barcos de 11.000, 10.550 y 8.500 toneladas, y un pequeño buque para el cabotaje interinsular y con Tánger, adquiridos todos después de 1940, los cuales transportan 250.000 toneladas anuales de crudos.

Elabora gasolinass, kerosenos, gas, fuel y diesel oil, asfaltos, aceite blanco,

disolventes (white spirits), toda clase de lubricantes, parafinas y aceites para máquinas eléctricas.

Como es natural, la energía para esta industria se la produce por sí misma.

Esta ojeada relámpago permite apreciar como una industria que se ha podido independizar de las limitaciones locales, ha adquirido, en el breve espacio de veinte años, un magnífico desarrollo, gracias a la excepcional situación del Archipiélago, lo que permite sacar las oportunas deducciones por analogía. El gráfico adjunto permite apreciar el desenvolvimiento del negocio petrolífero de la CEPSA desde su fundación.

El año 36 repercutió, como en todas partes del ámbito nacional, nuestra Guerra Civil, y en los años 41 a 45, la Universal, que impuso una disminución en el tráfico marítimo y una limitación en el suministro de los censos de petróleos. También se observa un incremento continuo y progresivo en el consumo local. Un índice más que demuestra la influencia del motor en la agricultura canaria.

Si se creyese, con ello, que la industria petrolera canaria ha adquirido el máximo desarrollo, se incurriría en un grave error. Con respecto a su historia, en conjunto, están aún en los albores de la Edad Antigua.

Con el petróleo sucede algo semejante a con la hulla. Ambos tienen su ori-

gen en una industria extractiva. En la primera fase de su desenvolvimiento pasan por un proceso somero de selección (lavado y clasificación, en el carbón; topping o destilación fraccionada, sin transformación química, en el petróleo), destinándose los productos obtenidos, ya sean galletas, granzas y menudos, ya lo sean gasolinas, petróleos lampantes y aceites pesados, al consumo como combustibles.

En la segunda fase de la historia, se busca ya el acondicionamiento de los productos y una mejor utilización de los mismos. La hulla se coquiza para su aplicación a la siderurgia, y se derivan el gas, el alquitrán y el benzol; el petróleo se crackiza para obtener mayor rendimiento en gasolinas ligeras para motores de explosión.

En la tercera fase se perfecciona y acentúa esta transformación, aplicando métodos químicos con ayuda del hidrógeno y catalizadores. La hulla se licúa, ya en fase sólida (Bergius), ya en gasosa (Fisher), y en el petróleo se dislocan y recomponen las moléculas en un supercracking, dando lugar a una extensa y bien controlada gama de productos comerciales, con arreglo a las necesidades de la demanda, e, incluso, se obtienen ciertos productos nuevos, haciendo «girar las moléculas», que no se encuentran en estado natural. Sin embargo, así como para el carbón no llega su Edad de Oro hasta que es utilizada íntegramente su molécula para la construcción de los complejos de la síntesis orgánica en manos de la I. G. Farben y de la Carbon and Carbide, la Du Pont, la Monsanto que obtienen los fertilizantes, los explosivos, los medicamentos, los colorantes, las resinas y tantos y tantos productos con que la moderna técnica ha enriquecido a la Humanidad, el petróleo no llega a su madurez en tanto que la química no transforma por completo su estructura y crea muchas materias tan valiosas como las anteriores, y que, al sustraer el «oro negro» de la simple, aunque

importantísima, misión de productor de energía, lo ennoblecen al convertirlo en manantial inagotable de productos útiles para múltiples actividades.

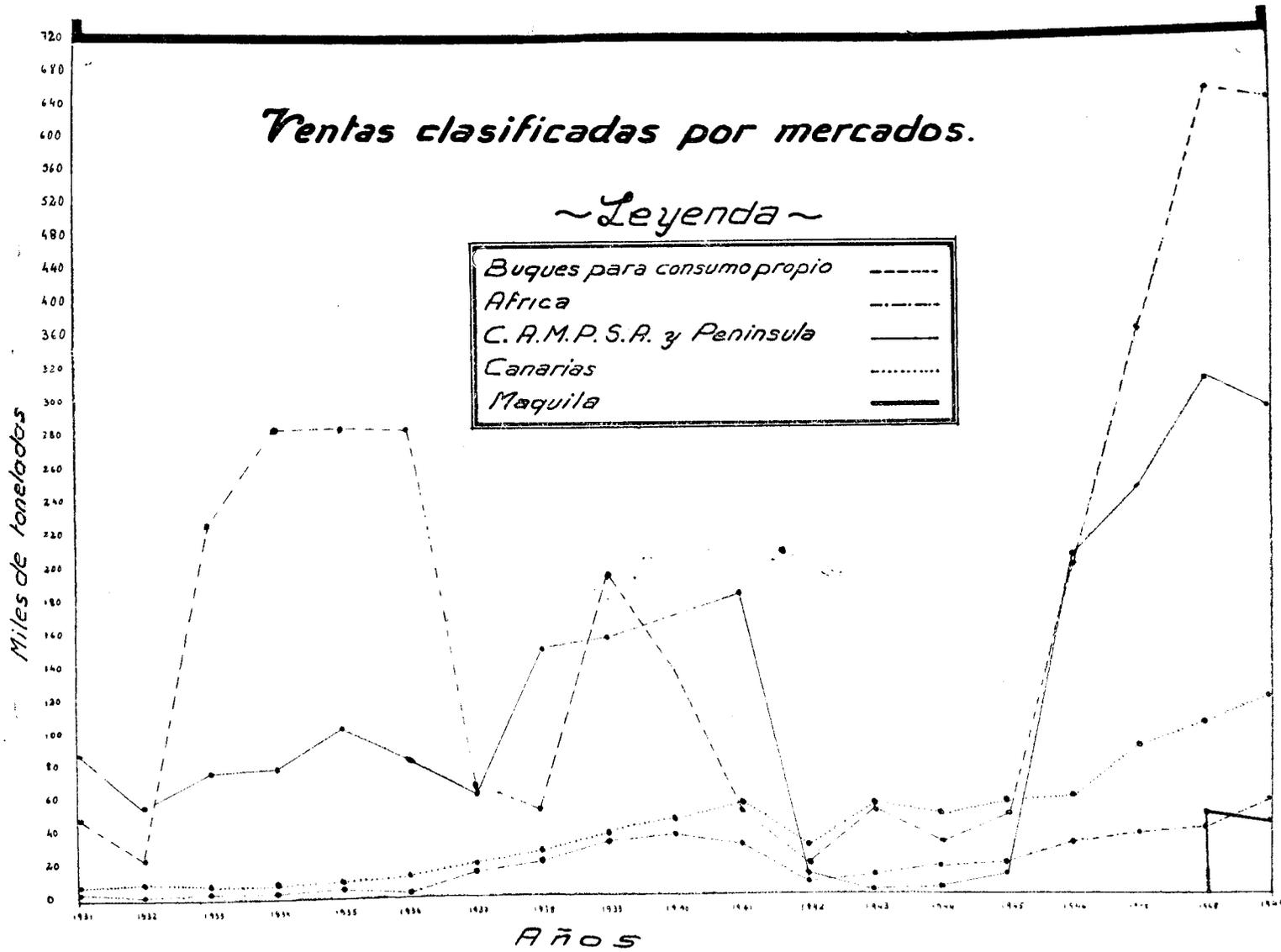
Así, por ejemplo: una tonelada de fuel cuesta 425 pesetas y proporciona 10.400.000 calorías.

Está integrada aproximadamente por 857 kgs. de carbono y 143 de hidrógeno. Si la quemamos en el seno del vapor de agua recalentado, además de una considerable cantidad de calorías, nos producirá 1.607 metros cúbicos de monóxido de carbono y 3.037 metros cúbicos de hidrógeno, que pueden fraccionarse por difusión o por destilación. El primero es base para la síntesis del etileno, alcoholes metílico, etílico y butílico, ácidos fórmico y acético, formol, acetona, etc., y, con la ayuda del cloro, de los numerosos disolventes ininflamables de uso técnico constante. El hidrógeno es la piedra fundamental, con el carbono, de las síntesis orgánicas, la fabricación del amoníaco y, sobre todo, para la producción de las gasolinas de alto índice de octano, obtenidas en el supercracking.

Los americanos obtienen en la actualidad del petróleo toda una familia de cauchos sintéticos o «elastómeros», el tolueno, empleado en sus explosivos de guerra, ácidos grasos saponificables, toda clase de plásticos, perfumes, disolventes de las más variadas clases, productos químicos diversos, en fin, que hallan la más profusa aplicación técnica.

En la Refinería de Santa Cruz de Tenerife puede observarse día y noche, como una antorcha gigantesca, la combustión de los gases no liquidables procedentes del craking. Estos gases combustibles hallarán en su día aplicación con ayuda de las materias primas indígenas, ya a la fabricación del cemento, ya a la del vidrio, ora a la producción de la energía eléctrica, o bien serán convertidos por «polimerización» en nuevos productos útiles.

Esta Refinería cuenta con una factoría comercial que es como un apéndice,



Refinería de Petróleos de Tenerife. — Ventas y Clasificación por Mercados. (Cortesía de la C. E. P. S. A.)

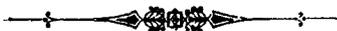
que, no solamente se encarga de la venta y distribución de los productos, sino que, elementalmente industrializada, elabora algunos otros, como son pinturas y barnices, insecticidas y encáusticos.

Mas no estará muy lejano el día en que esta factoría adquiera más importancia que la propia Refinería, la cual se limitará a servirle las primeras materias, además de los básicos carburantes, para la elaboración y manufactura de los plásticos, de las fibras artificiales, de los elas-

tómeros, de los jabones, de los fertilizantes nitrogenados y de tantos y tantos productos sintéticos como ya se han descubierto y siguen descubriéndose cada día.

En este momento, la industria del petróleo canaria habrá entrado en su mayoría de edad, y en lugar de ocupar 30 hectáreas ocupará 100, y en vez de emplear 800 obreros, dará trabajo a 5.000.

El brillante pasado, pese a los «pozos» producidos por la guerra, permite prever este futuro.



EL COMERCIO

Observando un mapa del Atlántico, salta enseguida a la vista la situación de privilegio que tienen las Islas Canarias sobre las líneas generales de navegación.

Con excepción de las que unen Europa con el Canadá y la parte septentrional de los Estados Unidos, todas las demás rutas pasan por ellas o por sus intermediaciones.

Partiendo del Canal de La Mancha o del Estrecho de Gibraltar, y conjuntándose en sus puertos, las líneas que van al Mar Caribe, Las Antillas, Nueva Orleans y Galveston, el canal de Panamá, costas americanas del Pacífico, puertos occidentales de la América del Centro y Meridional, costa Oeste de Africa e incluso Australia, tienen en Canarias estación.

Antiguamente, las líneas de mayor importancia eran las que conducían a los puertos de la América hispana. Cuando en el siglo pasado los políticos canarios tuvieron la previsión (o antevisión) de la importancia que los puertos isleños habían de adquirir en el transcurso de los

tiempos, y encontraron eco en los Gobiernos Nacionales para el desarrollo de un magno plan de obras públicas, del que es exponente el grandioso puerto de La Luz, no llegaron, sin embargo, a sospechar toda la futura realidad. Y ello fué, sin duda, porque pensaron más en Europa y América que en Africa, a la sazón una tierra maldita y misteriosa, donde reinaban la fiebre y la barbarie.

Pero, desde el comienzo de este siglo, Africa ha ido conquistando firmemente un lugar en el concierto económico de los pueblos, y, en el porvenir, este lugar no irá más que aumentando de importancia, ya que los progresos de la técnica domeñan cada día con más seguridad a la Naturaleza rebelde y salvaje, obligándola a servir los intereses del hombre.

De entonces acá, nuevas regiones productivas han surgido, y lo que era hace unos lustros, meras esperanzas de colonizadores idealistas y tenaces, son hoy espléndidas realidades, preñadas, a pesar de ello, de ubérrimas promesas. En el N.O. está Marruecos, la región más rica

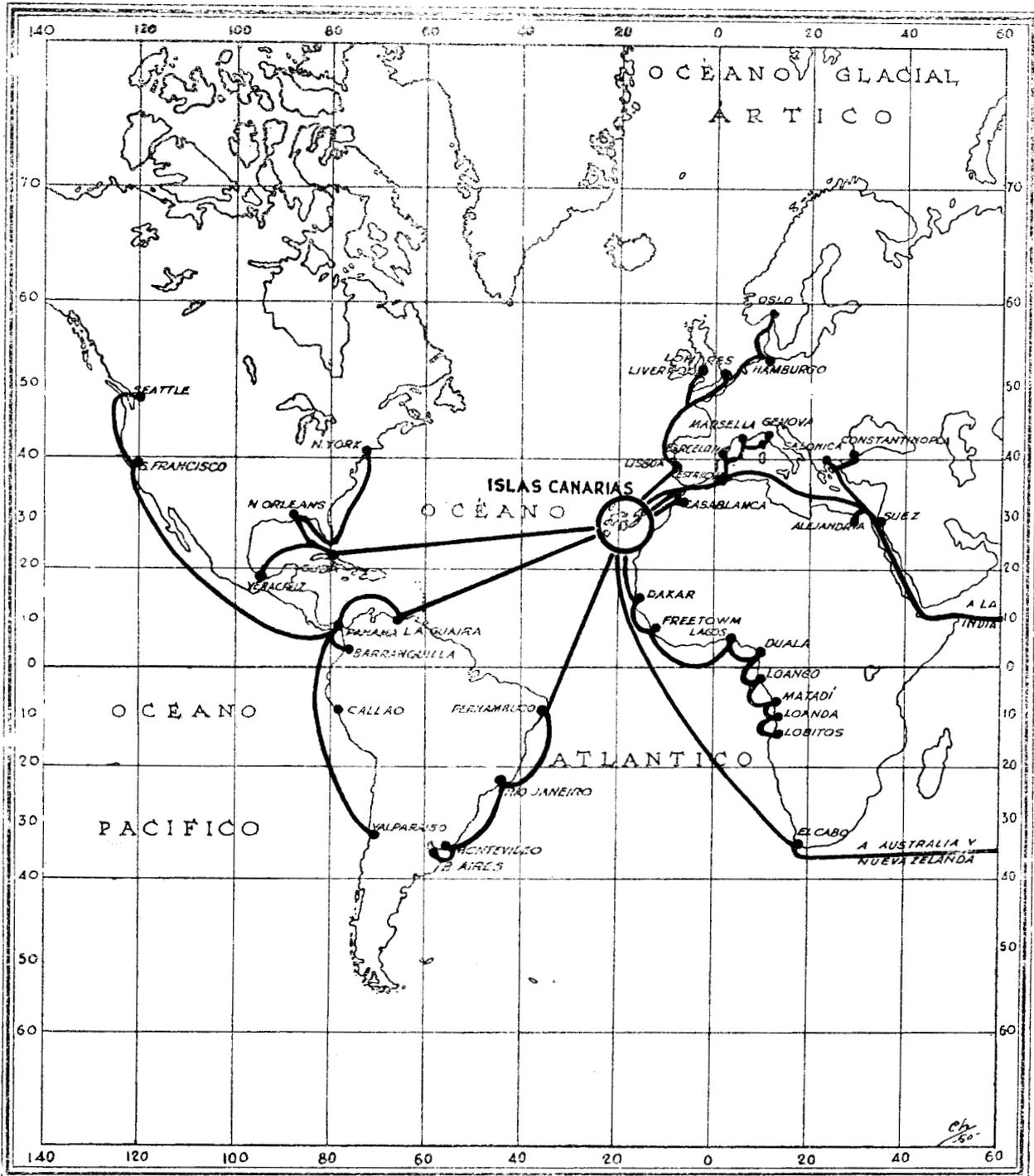


Gráfico de las comunicaciones de Canarias

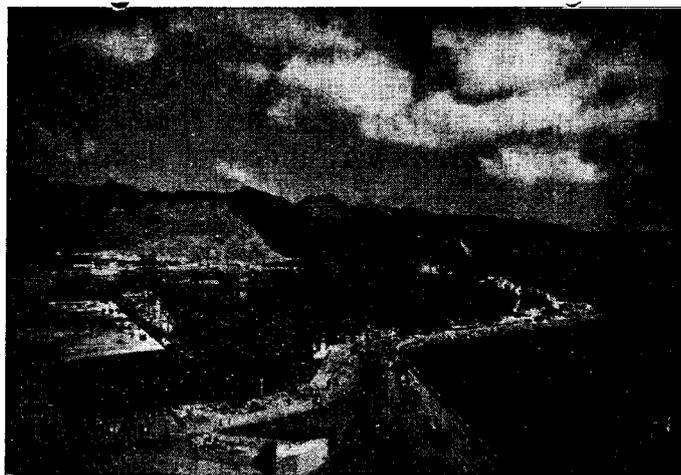
El calificativo de «OMBLIGO DEL ATLANTICO» que se ha dado al Archipiélago canario, punto crucial de las rutas marítimas más importantes del mundo queda bien justificado en este mapa.

de todo el Continente. Entre la cordillera del Atlas y el mar se extienden las llanuras de Dukala y Xauia, las tierras negras, los célebres «tirs» africanos, fecundos graneros que, casi sin cuidados, rinden enormes cosechas de cebada, garbanzos, trigo y maíz. Más al N. y a occidente, el corredor del Sebú, una maravillosa región agrícola, forma en las zonas bajas una inmensa huerta, que en las partes altas está cubierta de olivares y viñedo y da vida a numerosos rebaños de vacas y corderos. Más al S. las llanuras del Sus y de Tensif, producen también cereales, leguminosas y el argán, del que se obtiene aceite.

Los franceses desembarcaron en Casablanca en 1907. Era entonces una pequeña ciudad con 2.000 habitantes. En 1913, ya pacificada Xauia, se trazaron los planes de su engrandecimiento y se comenzó la construcción del puerto. Eran los tiempos que Pierre Benoit describió magistralmente en «El hombre de Casablanca». En 1921 contaba la ciudad con 100.000 habitantes y en 1923 podía darse por terminado aquél. Se habían lanzado dos grandes muelles, que abrigaban de las olas del Atlántico y de los vientos del N.O. una superficie de 170 hectáreas, y los grandes trasatlánticos pueden desde entonces atracar a ellos. El espíritu colonizador francés, que había logrado este milagro, no quiso detenerse aquí y lo dotó con el utillaje más moderno, con la intención de hacer de él, el puerto más importante de Africa y uno de los principales del Mundo. Más esto ha sido posible por dos razones: Porque Casablanca es la salida natural de una gran región agrícola y minera (Fosfatos del Borch) y la entrada de un mercado de consumo (Marruecos), y también porque los demás puertos de esta costa: Mazagán, Mogador, Azemur, Fedala, Saffi, no se hallan unidos por ferrocarril con el interior, como Casablanca (Tlemecen y la costa N.-

Fez-Casablanca, con ramal a Tánger; Marraqués-Casablanca).

Cuando esto sucedió, se pensó que el puerto de Casablanca había asestado un rudo golpe a los puertos canarios. En efecto, Casablanca es un puerto de consumo y de carga, que se halla situado solo unos 7° más al O. del puerto de la Luz. Lo que hay que averiguar es si esta deriva oriental de 7° puede ser justificada por la atracción ejercida por un mercado. Estos mil cien kilómetros que separan excentricamente a Casablanca de las rutas generales de navegación deben ser un lazo fuerte entre el Marruecos Francés y los puertos Canarios, ya que ésta desviación re-



Vista del Puerto de Santa Cruz de Tenerife

Este puerto que tiene una ampliación limitada por las grandes profundidades que inmediatamente se encuentran en la zona litoral es principalmente frutero y petrolero. El tráfico inusitado que no obstante llega a existir lo congestiona con frecuencia. (Foto Benítez)

presenta en realidad 2.200 kilómetros más de travesía.

Es indudable que si se sale al camino con los productos o se recogen las mercancías en ruta, sin desviar los barcos de su vía normal, se facilitan en gran medida las operaciones mercantiles y esta facilidad solo tendrá una consecuencia: La intensificación del tráfico y de los mercados.

Mas no es sólo Marruecos, el que se halla en estas circunstancias. El Senegal,

en la región precuatorial, vecina a la selva, y que produce, entre otras cosas, cantidades considerables de cacahuet, es la vía de acceso a la región de las sábanas, que se extiende entre el bosque tropical y el desierto, región de gran porvenir agrícola y que ya empieza a rendir fuerte. Su gran puerto es Dakar, empezado a construir a principios de siglo, comercial y de guerra, amplio y profundo, a él arriban los grandes paquebotes que hacen la travesía del Cabo y de América del Sur. Está unido con el interior por un ferrocarril que por Kayes y Bamako llega a Kolicoro (unos 1.300 kilómetros).

Freetown, en Sierra Leona, es un puerto comercial de importancia. En Nigeria, del puerto de Lagos parte otro ferrocarril de unos 1.000 kilómetros que llega por un lado hasta Cano y por otro hasta Bausci. En el Camerón, Duala, en la costa, está unida a Taunde (200 kilómetros). En el Congo Francés, Loango con Brazzavilla (unos 350 kilómetros), y en el Belga, Matadí con Leopoldvillia. Por último, y todavía en el Africa tropical, en Angola, tienen los portugueses dos ferrocarriles, uno que enlaza Loanda con Casangue (550 kilómetros), y otro, que partiendo del puerto de Lobitos, va a unirse en Busceja, en el alto Katanga, (1.300 kilómetros), una de las regiones mineras de riqueza más fabulosa, con el ferrocarril que partiendo de Frangut, en el Congo Belga, y a través de 3.500 kilómetros, se une con la red general de ferrocarriles de la Unión Sur Africana.

Si insisto en hablar de los ferrocarriles es porque por una parte algunos de ellos son de reciente construcción y por otra son los que han permitido valorizar y extraer los productos africanos. Las pistas camionables son escasas y difíciles de entretener, debido a que las lluvias torrenciales las arrasan constantemente, y los ríos no constituyen en Africa por los rápidos, fáciles vías de acceso al interior. Sólo el ferrocarril ha permitido rebajar el costo de los transportes en enormes proporciones. Una tonelada de mercancías

que costaba transportar en 1913, 150 francos de Konakry a Kindia por ferrocarril (200 kilómetros), gastaba 1.264 francos de Kindia a Beyla (450 kilómetros) por medio de porteadores. En relación con el valor efectivo del franco los costes son aún más reducidos en la actualidad por vía férrea.

Lamentablemente no dispongo de estadísticas recientes que pongan en evidencia el desarrollo productivo de estas colonias. Sin embargo, se dispone de información suficiente para saber que durante la guerra, las victorias japonesas cerraron a los aliados las regiones tropicales del oriente asiático. Ello ocasionó la búsqueda y puesta en marcha febril de nuevas fuentes de materias primas. El Congo Belga, el Africa Occidental Francesa, Angola y el Senegal, recibieron enorme impulso por parte de los ingleses y, sobre todo, de los americanos. Sus puertos conocieron actividad insospechada y las empresas, alimentadas generosamente en dinero y recursos, se desarrollaron vertiginosamente. La guerra ha terminado, más la obra está hecha y perdura. Aceites, minerales, caucho, maderas, féculas, fibras, y otros productos tropicales se explotan hoy intensamente.

Tenemos pues, que Casablanca, Dakar, Freetown, Lagos, Lobitos, no solamente no deben ser rivales de los puertos canarios sino que, por el contrario, estos podrían ser su complemento, si una política comercial bien orientada y encauzada atrae a este nudo de comunicaciones, que es el Archipiélago, las mercancías que habían de recoger a su paso los barcos que siguen todas las rutas, y que, por una parte, evitarán hacer viajes desviados exprofeso (disminución del costo de los fletes), y, por otra, completarán sus cargas para los diversos destinos en este punto de escala obligada (economía de los fletes).

Mas para ello es necesario tener en cuenta varias premisas.

La amistad entre los pueblos no se logra con místicos anhelos, ni con frases

allisonantes de discurso tribunicio. La vida es otra cosa. La amistad viene de la mano de los intereses comerciales comunes, del tráfico intenso internacional, de la buena voluntad y honestidad en los mútuos negocios. Esto es lo verdaderamente positivo. No hay que esperar que por amistad nos ayuden o por enemistad nos perjudiquen los otros pueblos, en nuestros intereses comerciales. Llámosles a traficar, que si hacen negocio y extraen beneficio, serán nuestros más afectuosos amigos. Pero es necesario que nos encuentren honrados y activos en todo momento. Hay que buscar las mercancías, hay que estudiar los transportes, hay que conquistar los clientes y asociados, hay, en fin, que crear, con el propio esfuerzo, un mercado.

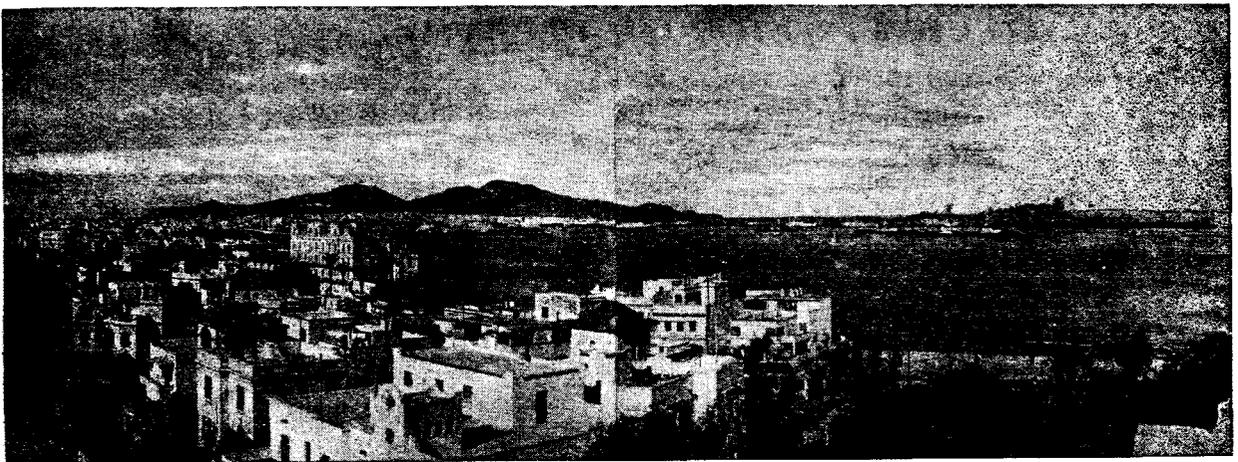
Son muy ilustrativos los cuadros de tráfico portuario que se incluyen a continuación.

Sin embargo, no hay que dejarse engañar. A pesar de que hay días que en el puerto de La Luz han entrado más de 200.000 toneladas, el comercio exterior del Archipiélago no está en consonancia con semejantes cifras. Los barcos cargan combustible, agua, algunas verduras y vuelven a partir unas horas después sin

dejar ni el recuerdo. Me refiero, claro está, a los barcos en tránsito, que son los más.

El comercio de exportación de Canarias se reduce a dos productos : el petróleo y los frutos, y en los dos capítulos anteriores hemos dado unas cifras sobre el movimiento de los mismos. Las importaciones consisten en los crudos para la elaboración de los petróleos y los artículos de consumo, desde los cereales a los vestidos, que se pagan con el importe de la exportación de plátanos y tomates. Analizando bien y a fondo la cuestión, se saca una consecuencia : A pesar de la privilegiada situación de Canarias, su comercio total, para sus habitantes, no excede mucho de los mil millones de pesetas anuales, pues ha de excluirse la partida correspondiente a los productos petrolíferos, que sólo deja unos mil jornales y los impuestos portuarios.

Ello es debido, sin duda, a que el único producto verdaderamente autóctono, son los frutos y, aunque estos estén supervalorizados, su cuantía total no es muy grande, y, por otra parte, la forma de desarrollarse el comercio internacional en la actualidad, por trueque de productos (régimen de contingentes) no permite aprovechar y explotar a fondo la ven-



El Puerto de la Luz. — Las Palmas de Gran Canaria.

Uno de los más hermosos, amplios, seguros y cómodos del mundo. Es tan amplio que a pesar del intenso tráfico de barcos que corrientemente hacen escala en él, a simple vista estos se pierden en la inmensa dársena dando la sensación de que el tonelaje atracado es inferior a la cifra que verdaderamente corresponde.

taja de exención aduanera de sus puertos francos.

Sin embargo, por las razones que he señalado anteriormente, Canarias constituye una avanzada en el frente de expansión del Continente Africano y es el nudo de enlace entre Europa, América Central y del Sur y el Continente Negro. El día en que la abundancia de sus frutos y productos vegetales e industriales atraigan,

no sólo a los barcos como actualmente, sino a los negociantes de las costas oceánicas, se convertirá automáticamente en la principal lonja del Atlántico.

Como he dicho, en otra ocasión, el comercio depende de gran parte de las facilidades de comunicación, y estas, en Canarias, abren las más amplias perspectivas.

Longitud y calado de muelles de los puertos de Canarias (Calados en marea baja)

PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE

<i>DIQUE-MUELLE DEL SUR</i>	Longitud línea alraque
Con calado de 3'00 m.	116
» » » 6'00 m.	73
» » » 6'70 m.	176
» » » 8'50 m.	220
» » » 10'00 m.	214
» » » 12'00 m.	560

MUELLE NORTE

Con calado de 8'00 m.	146
------------------------------	-----

MUELLE DE RIBERA

Con calado de 6'50 m.	280
------------------------------	-----

DIQUE-MUELLE DEL ESTE

Con calado de 8'00 m.	64
» » » 10'00 m.	79
» » » 12'00 m.	253

TOTAL 2.131

En construcción

300'00 m. de dique-muelle del Sur,
con calado de 12'00 m.

Superficie de muelles 7 Ha.

Servicios

Combustibles sólidos y líquidos, aguada,
energía eléctrica y teléfonos.

PUERTO DE LA LUZ

<i>DIQUE GENERALISIMO</i>	Longitud línea alraque
Con calado de 12 a 14 m.	395
» » » 14 a 15 m.	540
» » » 15 a 16 m.	100
» » » 16 a 17 m.	120
» » » 17 a 18 m.	845

ENSANCHE DEL MUELLE DE LA LUZ

Con calado de 1 a 5 m.	100
» » » 5 a 15 m.	1.220

MUELLE DE SANTA CATALINA

Con calado de 3 a 5 m.	360
» » » 5 a 9 m.	500

TOTAL 4.180

Superficie de muelles 145 Ha.

Movimientos de buques de los puertos de

AÑOS	TENERIFE		LAS PALMAS	
	Tonelaje procedente del extranjero	Tonelaje bruto total	Tonelaje procedente del extranjero	Tonelaje bruto total
1929	3.512.925	7.580.148	13.017.720	14.784.562
1930	3.485.390	7.347.884	12.080.806	13.986.113
1931	3.629.375	7.830.544	13.881.168	15.770.194
1932	4.403.061	8.853.737	13.962.454	16.125.433
1934	4.222.260	8.679.397	12.678.287	14.789.937
1933	3.979.855	8.610.376	11.347.808	13.528.624
1935	3.832.872	8.610.376	11.393.663	13.530.464
1936	3.528.941	7.519.824	9.592.363	10.968.198
1937	2.110.407	4.371.972	9.992.317	10.625.967
1938	1.628.979		8.773.995	9.651.279
1939	2.351.489	6.240.939	7.296.235	8.656.158
1940	655.273	3.405.777	2.540.565	4.635.684
1941	268.991	2.556.747	152.000	2.477.318
1942	111.755	2.033.550	265.790	2.484.359
1943	203.017	2.212.319	228.419	2.555.931
1944	222.017	2.156.629	152.023	2.437.433
1945	374.383	2.346.288	488.134	2.746.501
1946	1.221.185	3.833.407	4.894.252	7.137.589
1947	2.673.034	6.147.590	8.750.979	10.849.648
1948	3.892.869	8.042.767	11.830.747	14.005.793
1949	4.347.316	9.076.347	13.418.158	15.786.765

Datos demográficos de las provincias de Tenerife y Las Palmas

ISLAS	Población de DERECHO	Población de HECHO	Población relativa. Habitantes de hecho por Km ² (1)	Superficie de Regadío
Tenerife	326.499	326.968	170	12.528
La Palma	69.313	67.566	102	1.455
Gomera.....	32.775	32.138	91	992
Hierro	9.293	8.564	33	2
Gran Canaria	322.669	323.092	210'83	19.687
Lanzarote	31.906	31.361	37'51	
Fuerteventura	13.705	14.080	8'13	1.659
TOTALES	806.070	803.769		36.323

(1)—Municipios rurales eminentemente agrícolas, situados en zona platanera, de mayor densidad de población. PUERTO DE LA CRUZ (Tenerife) 1.266 habitantes por Km². y ARUCAS (Las Palmas) 710 habitantes por Km².

DATOS DEMOGRAFICOS DE LAS PROVINCIAS DE

T E N E R I F E						L A S P A L M A S				
A Ñ O S	Nacimientos	Defunciones	Incremento vegetativo Nac. - Def.	Población transeunte	Población ausente	Nacimientos	Defunciones	Incremento vegetativo Nac. - Def.	Población transeunte	Población ausente
1928	8.241	3.847	4.394	1.487	17.329	7.448	4.243	3.205	3.420	9.321
1931	8.842	4.097	4.745	4.485	18.258	7.979	3.833	4.146	6.687	10.859
1934	10.132	3.962	6.170	4.391	18.349	9.457	4.452	5.005	7.110	9.773
1937	9.014	4.508	4.506	2.384	23.488	8.044	4.942	3.102	5.303	10.746
1940	10.819	4.499	6.320	12.167	18.002	9.941	4.208	5.733	11.819	13.627
1945	11.742	4.521	7.221	17.018	17.663	11.003	4.583	6.420	13.656	11.723
1946	10.118	4.222	5.896	9.236	8.742	11.829	4.238	7.591	11.112	8.582
1949	9.709	3.744	5.965			11.301	3.606	7.695	9.720	9.841

TERCERA PARTE

EL PLAN

A su publicación en la prensa local—en el diario «Falange», más exactamente—leímos con vivo interés el conjunto de artículos que aquí nos ofrece don Manuel Chamorro y cuya publicación auspicia la Excma. Mancomunidad Provincial de Cabildos de Las Palmas.

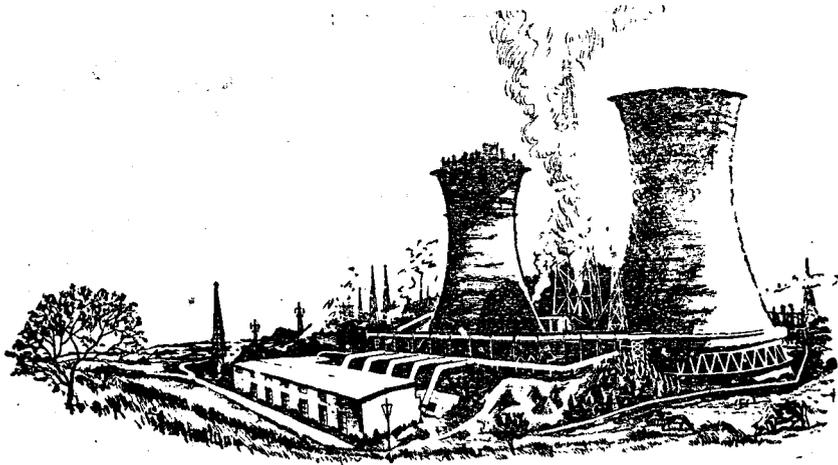
Bajo un estilo que desconcierta a veces en su afán vulgarizador, en su objeto de llevar hasta el gran público su propio pensamiento central, el señor Chamorro ampara un criterio que, de tener éxito en la práctica, resolvería los problemas que de antaño angustian y anonadan a las islas del extremo oriental, rescatándolas de su desértica desolación de siglos, enclavada más allá de lo puramente imaginado y que movilizó siempre el mejor potencial de quienes, a lo largo de los tiempos, han gobernado nuestras Islas.

Nuestra profunda identificación con Lanzarote y Fuerteventura, la vibración que ante la esperanza que en una, poco menos que milagrosa, solución de sus problemas sienten y transmiten a cuantos establecen con ellas contactos cordiales—como en el caso nuestro sucede—nos incita a apadrinar esta publicación. Por el bien común y por esos sentimientos de simpatía fraterna que esbozamos, es de esperar que el éxito sea una realidad y, por nuestra parte, nos hallamos dispuestos a colaborar en cuanto haya en ella de práctico y viable. Hoy, esta Excma. Mancomunidad cree cumplir un deber estricto al patrocinar la publicación de esta serie de artículos en espera de que la constancia, la fe y el entusiasmo de su autor logren el eco a que se han hecho acreedores y como ofrenda a nuestra primera Autoridad Civil, (1) que desde que tomó el mando de esta Provincia en agosto de 1948, ha vivido en preocupación constante, atento y decidido, al mejoramiento y adelanto de nuestras queridas islas hermanas.

MATÍAS VEGA

**Presidente de la Excma. Mancomunidad
Provincial de Cabildos de Las Palmas.**

(1) Se refiere al Excmo. Sr. Don José García Hernández, actual Director General de Administración Local.



INTRODUCCION

"Labor omnia vincit"

Hemos presentado en las páginas anteriores una visión panorámica de conjunto de la economía del Archipiélago Canario.

En general, la economía de una región depende de su agricultura, de su industria y de su comercio. La Agricultura es tributaria a tres factores: clima, agua y suelo. Se ha visto cómo el clima (temperatura) es altamente favorable en nuestro caso, pero en las islas principales el suelo disponible está prácticamente saturado y alcanza valores enormes, y hasta desproporcionados con la realidad, a causa de la especulación. Solamente en las costas meridionales, castigadas por una tenaz y sempiterna sequía, quedan aún sin cultivar algunos eriales totalmente desérticos. En cuanto al agua, si se tiene en cuenta la totalidad de la precipitación acuosa, las pérdidas por evaporación, por infiltración no recuperable, y la que va al mar a través de las capas freáticas, y se considera la importancia y volumen de las obras hidráulicas ya realizadas y el caudal de agua recogida y aplicada, se saca la consecuencia de que poco queda por hacer, pues las futuras obras de captación para aprovechar las últimas gotas restantes, serán

tan onerosas, que darán el agua a precios inasequibles. La Industria, elemento de equilibrio de la Agricultura en un sistema económico bien balanceado, depende, a su vez, de las materias primas y las fuentes de energía, y de ambas carece el conjunto canario. Por último, el Comercio está subordinado a las comunicaciones, a la situación de los mercados, a los tratados de intercambio y a la validez y nivel de los signos monetarios. También los dos primeros factores le son favorables a las Islas Canarias, situadas estratégicamente en medio de las rutas del comercio atlántico y dotadas de dos magníficos puertos, pero, desgraciadamente, la política eminentemente proteccionista, casi de puerta herméticamente cerrada, y el régimen de contingentes, seguidos por la casi totalidad de las naciones civilizadas en el momento actual, ha tenido hondas repercusiones sobre el comercio canario, hasta el punto de llegar a invalidar totalmente sus puertos francos, que han quedado reducidos a meros puertos con franquicia y que ha ocasionado penosa crisis en su economía.

Sin embargo, el índice demográfico de la región, consecuencia de otros tiempos más prósperos y fáciles, tiene un coe-

ficiente de crecimiento que no puede soslayarse, y es resultado del mismo una disminución notable en el nivel de vida, lo cual solamente encuentra una derivación en la corriente emigratoria hacia América, que hace unos años se inició y que precipitándose progresivamente por simpatía (reacción en cadena; un complejo psicológico gregario que se dió con frecuencia en la historia de la humanidad, desde las Cruzadas hasta los «rush» de California y Alaska) amenaza con despojar a estas tierras de sus mejores brazos y de sus inteligencias más despiertas.

En realidad, el problema que aqueja a las Islas es el mismo que hace sufrir a toda la humanidad y el que da origen a la mayoría de los conflictos actuales. El número de comensales que se sientan a la mesa crece en progresión geométrica, mientras que la cantidad de manjares que se transporta desde la cocina sólo aumenta, cuando aumenta, en progresión aritmética, y el resultado de esta correlación logarítmica es *hambre*.

Y como no es humano ni cristiano parodiar a Malthus conteniendo la oleada de crecimiento de la humana especie, no queda otro recurso que estimular, en lo posible, el trabajo de los cocineros, para que las viandas lleguen y alcancen para todos. En una palabra, hay que buscar nuevas fuentes de riqueza, ponerlas en explotación, y distribuir sus productos entre los hambrientos.

Hemos visto también cómo Fuerteventura, la segunda isla del Archipiélago en extensión, y que, además, encierra por sí sola más tierra laborable que entre todas las demás juntas, es un pedazo de desierto, que apenas alcanza a sustentar una misérrima población, y hemos podido apreciar al propio tiempo el esfuerzo heroico, sobrehumano e inteligente que los habitantes de otra isla, Lanzarote, han llegado a desarrollar en su titánica lucha con la ingrata Naturaleza.

Al contemplar las extensas llanuras de la primera, vienen enseguida a la me-

moria los ricos vergeles de Garachico, Icod, La Orotava, Arucas, Bañaderos, Guía y Hermigua. Es la misma temperatura, pero la tierra es más llana, mucho más profunda e infinitamente más extensa. Sólo le falta el agua. ¡ Si se pudiese regar! Y esta idea llega a constituir una obsesión.

Lo primero que se le ocurre a cualquiera, es construir unas presas o abrir unos pozos, pero un estudio racional y detenido de la cuestión da enseguida a conocer que ello no puede resolver en forma alguna el problema. En efecto: toda el agua dulce de la superficie de la tierra procede en último término de las nubes; pues bien, en Lanzarote llueve un promedio de 70 m/m. anuales, hay años de 3 cm. solamente y un año de lluvias abundantes, de 120 m/m. En Fuerteventura la precipitación es menor. Sin embargo, seamos optimistas y demos por regulares los 120 m/m. Es necesario descontar los días en que no llega a llover los 5 m/m., pues la tierra es muy porosa (escorias) y no deja correr el agua, pero unas horas después, la elevada temperatura y el fuerte viento, la han evaporado, sin que llegue a penetrar en el interior del suelo. Si el agua se recogiese en embalses, parte de ella también se evaporaría, y si se extrae de los pozos, hay que pagar un tributo a la que retiene la tierra y a la que corre por los estratos subterráneos. En estas condiciones, los cálculos más optimistas, que bien pudieran considerarse como ilusorios, no acertarían a considerar en más de 70 m/m. el agua a recoger. Ahora bien, en estas tierras de clima tropical y bien ventiladas, la cantidad mínima de agua requerida por año, en cultivo ininterrumpido, es de 1 metro. Es decir, que el agua recogida en toda su superficie, con gastos y dificultades técnicas y prácticas incalculables, sólo serviría para satisfacer las necesidades de cultivo de la 14ª parte de su extensión.

La consecuencia inmediata, caso de que esta captación fuese factible, sería

una demanda de agua grande, que ocasionaría la especulación de la misma, el aumento vertiginoso de su precio, y un desastre para la economía agrícola. Nuevamente nos encontraríamos ante el problema de tener más convidados que chuletas.

Sin embargo, el agua la sacan las nubes de alguna parte, y esa parte es bien conocida; la superficie de los mares. Ello se efectúa con el concurso de cantidades considerables de energía procedentes del Sol.

Aquí tenemos el mar al alcance de la mano. Nos falta solamente resolver la otra componente de la ecuación: la energía. Todo el problema se centra, pues, en eso, en movilizar grandes cantidades de energía, de las que, aparentemente, carece el Archipiélago, y aplicarlas a la potabilización del agua del mar.

Claro está que existe además una premisa condicionante: Esta energía ha de ser barata, tan barata, que el precio del agua obtenida no sea superior a la captada por medio de pozos, presas, galerías de mina, etc., etc.

El plan que se expone a continuación, tiende a resolver, en un solo conjunto, todas estas dificultades. Trata de captar energía ultrabarata e inagotable en cantidades extraordinarias; portabiliza con un gasto mínimo el agua del mar para aplicarla al regadío de 100.000 de las 280.000 hectáreas que tienen ambas islas de extensión; transforma las sales

marinas, dando nacimiento a una importantísima industria química que solo utiliza, además de la energía autóctona, aire, agua del mar y caliza indígena, como materias primas; y crea ese anhelado equilibrio en el binomio agro-industrial; abre nuevas perspectivas al comercio, perforando las murallas proteccionistas de otros países con productos industriales del más alto interés, y de consumo imprescindible y, sobre todo, da trabajo, y eleva el nivel de vida, a un número de personas equivalente a la totalidad de la población actual del Archipiélago.....

.....

Pero hay algo imponderable con lo que es preciso contar también: El trabajo de muchos hombres, técnicos, científicos, economistas, financieros, obreros, obreros y obreros. Sin el deseo, la fé y la voluntad de todos ellos, cualquier plan, por bien fundado y meditado que esté, no pasará de ser una utopía. Con la colaboración decidida, entusiasta y vehemente de todos ellos, con su inflamado patriotismo, con su conciencia, y su conciencia de hombres civilizados e hijos de su siglo, son posibles los milagros.

Y este plan no lo es.

Pero en todas las épocas, no ya la oposición, sino la simple inhíbición, a una obra grande y humanitaria, es una traición y una cobardía.

En España no se dan ni los cobardes, ni los traidores.

La Esfinge de Timanfaya

Parece ser que fué el barón prusiano Luitpold von Buch, uno de los padres de la moderna Geología, el primero que hizo en 1814 una descripción científica de este fenómeno de la Naturaleza, que es la Montaña de Fuego. En su visita a las Islas Canarias, quiso estudiar los terrenos de la erupción que, desde 1730 a 1736, asoló las más ricas vegas de Lanzarote y, ya desde su desembarco en Puerto Naos, oyó hablar de una montaña que, a pesar de los 84 años transcurridos, "todavía ardía".

Son muchas las formaciones volcánicas existentes en el Mundo, en las que, muchos años, a veces siglos, después de su fase de actividad parosísmica, siguen presentándose muestras del calor interno. Pero siempre este calor procede de un foco recóndito, y es transportado al exterior por medio de un vehículo fluido, ya sea líquido, vapor o gas. Una vez pasada la fase eruptiva, siempre existe la posibilidad de que el agua de infiltración o de percolación, en contacto con el magma caliente de las profundidades, o diversos gases disueltos en dicho magma, como el ácido sulfhídrico o los anhídridos carbónico o sulfuroso, etc., salgan al exterior a través de las grietas o fallas de la dislocada corteza terrestre, y, formando solfataras, mofetas, sofionis, fumarolas, geiseres o fuentes termales, traigan a la superficie subaérea el calor que aún existe latente en las entrañas de la Tierra.

Pero nada de esto ocurre en la Montaña de Fuego. Von Buch aseguraba que las emanaciones térmicas iban acompañadas por el vapor de agua, que se condensaba en gotitas sobre una superficie fría, y Hartung, que estudió este fenómeno un año después, añadió, incluso, que arrastraba yeso, que cristalizaba junto con las gotitas de agua condensada. Sin embargo, no parece probable que esto fuese así, pues, con posterioridad, no se ha encontrado vapor

de agua mas que después de haber llovido. En cuanto a la posibilidad de una sublimación del yeso, es, verdaderamente, muy dudosa.

En el año 1897 la "Revista Canaria", de Las Palmas, publicó un reportaje de Antonio M. Manrique, que en noviembre de aquel año acompañó una expedición formada por dos ingleses y un alemán que subió a la montaña. El relato trata de llevar a la convicción del lector que se trataba de una audaz y peligrosa aventura. Trae a cuento comentarios "científicos" muy pintorescos. Habla de vapores que se escapan a través de las grietas y en contacto con el frío de la atmósfera depositan ciertas sustancias. No dice qué sustancias sean éstas, pero, en cambio, durante la ascensión, va tomando de una manera metódica y constante las temperaturas del suelo, y éstas son enteramente semejantes a las que pueden observarse hoy en día.

En 1892 el austriaco Simony y en 1906 el alemán Sapper, hacen sendas descripciones geológicas de Lanzarote, acompañadas de fotografías y planos y el último compila una minuciosa catalogación de los cráteres de Timanfaya. En 1907 el sabio geólogo español Hernández Pacheco hace un estudio de la isla y de la Montaña del Fuego, y un año después el vulcanólogo ginebrino Brun, con material científico especial, prosigue los estudios, profundizando más que nadie antes que él.

El resultado de estos estudios es el siguiente: Analizado el gas que se extrae de las grietas ha resultado ser aire atmosférico con vestigios de amoníaco y bióxido de carbono, más ha de tenerse en cuenta que los materiales de la superficie están impregnados de carbonato amónico que fácilmente se volatiliza con el calor. No existe vapor de agua. apreciable.

Según Hernández Pacheco, el fenómeno térmico

debe su origen a una masa de lava que se enfria lentamente en el subsuelo de la Isla.

Una critica severa y detallada de todo los estudios hechos hasta el momento actual, apenas dejarían en pie un solo muro de todo el edificio.

En primer lugar, nada hay que autorice a suponer o a afirmar que los fenómenos térmicos que se registran en la Montaña de Fuego, y especialmente en el Lomo del Azufre y el viejo cráter del S.W., tienen su origen en la erupción del siglo XVIII, ya que los materiales suprayacentes son mucho más antiguos.

Es muy probable que ni Von Buch, ni Hartung ni Manrique vieran vapor de agua. También afirman ver azufre y no existe la menor huella de su preexistencia en aquel lugar. En aquellos tiempos se creía que los volcanes tenían siempre una comunicación submarina y, por lo tanto, habían forzosamente de emitir vapor de agua.

La teoría de Hernández Pacheco es inadmisibles, pues, teniendo en cuenta la pérdida actual de calor, la conductividad de aquellos materiales, su calor específico, la temperatura de fusión de la lava y el tiempo transcurrido, por un sencillo problema de Física se puede calcular que la profundidad de la masa solidificada, o sea de la capa de 1200° C., estaría a algo más de 400 ms. de la superficie y en estas condiciones por simple radiación o conducción, pues no hay corrientes de gases perceptibles, es imposible que se alcancen los 360° C. que a 60 cms. de profundidad se observan por término medio en casi todos los lugares.

Sin embargo, tratar de hallar una explicación, dentro de los datos y conocimientos actuales, implica serias dificultades, hasta el punto de ser hoy día irresolubles.

Si se aplica a la gráfica de temperaturas que poseemos una extrapolación, para encontrar la profundidad a que se hallarían todos los materiales en estado de fusión, tendremos, a partir de la cima, unos cuatro metros o algo menos, y es imposible que una

masa de materiales fundidos, más o menos fluidos, de 250 ms. de altura esté contenida por una delgada película de cuatro metros de espesor solamente. Por la acción de la gravedad dicha masa se desparramará por la llanura.

Por otra parte, tampoco es posible considerar que se trata de una masa de tierra que se enfria, sin recuperación del calor perdido, porque aplicando las ecuaciones de la Física matemática tendríamos como origen del fenómeno, para lograr el régimen de temperaturas actual, solamente unos diez días.

Se puede decir, por lo tanto, que la Montaña de Fuego constituye en la actualidad un enigma, que la Ciencia, cual nuevo Edipo ante la Esfinge, ha de descifrar.

¿Se logrará hallar en breve el camino de la verdad?

Muchas son las hipótesis de trabajo que, tras algunas investigaciones preliminares, se pueden seguir. Al autor de estas líneas se le ocurren varias: Puede tratarse de una masa enorme de materiales en periodo de lentísima cristalización. La cristalización supone ordenación, movilidad, trabajo y es proceso exotérmico. Pueden ser dos masas de lava de diferente composición química que, procedentes de distintos lugares, se pusieron en contacto y reaccionan muy lentamente, con desprendimiento de calor. Puede ser un núcleo radiactivo en proceso de desintegración atómica de largo periodo. Puede ser un sistema de grietas, en comunicación entre sí, por el que circula, en circuito cerrado, una masa de aire, u otros gases, que drenan el calor de algún foco interno, calentando a su vez la capa de materiales que obturan las bocas de las grietas, aislándolas del exterior. Pueden ser muchas las explicaciones y, sin duda, con los métodos modernos de investigación, se llegará a descubrir su esencia íntima.

Pero una cosa es indudable: por lo menos hace 200 años y, a pesar de que las calorías perdidas por segundo alcanzan cifras fantásticas, ese calor, a flor de tierra, no ha disminuído apreciablemente.

Prospección Geofísica

En el término municipal de Yaiza, de la isla de Lanzarote, existe una formación volcánica en la que tiene lugar un curioso fenómeno, del que no existe parigual en el resto de la Tierra, con excepción de una de las islas Aleutianas, según mis noticias.

Es conocida con el nombre de «La Montaña de Fuego». En ella, bajo una débil capa de tierra de unos diez cms., completamente fría, se encuentran fácilmente temperaturas de 110° C. en bastantes lugares, y si se sigue perforando se alcanzan los 360° C. a los 60 centímetros.

El terreno en que dichas manifestaciones térmicas tienen lugar, no puede ser más heterogéneo, dentro de la facies volcánica general que presenta toda la región. Al principio se encontró en la cumbre y a media ladera de una montañita de 350 mts. de altitud, constituida de viejas tobas y escorias más o menos aglomeradas, cubiertas por finos lapillis, arrojados por los cráteres circunvecinos en épocas más recientes. Posteriormente se ha encontrado la misma termalidad en la llanura que rodea dicha montaña y en lugares que, ora están cubiertos de bombas y arenas, ya constituyen un malpaís, por tener sobre su superficie una cobertera de lava escoriácea, ya se trata de viejísimas lateritas rojas, procedentes de la descomposición de antiguos basaltos y respetadas de las erupciones posteriores por su alejamiento de los focos de emisión, por su orientación o por su altura. Precisamente, en uno de estos lu-

gares, conocido en el país con el nombre de «Islote de Hilario» (por estar rodeado por todas partes de un mar de lava reciente), es donde se han registrado las temperaturas más altas: 420° C. a 5 cms. de profundidad, 500° C. a 80 cms.

Este calor no emana de la Tierra conducido o transportado por un fluido, ya sea líquido ó gaseoso. En los sitios donde la temperatura es más elevada, el análisis de los gases no arroja otra cosa que aire, con indicios de anhídrido carbónico y amoniaco, siendo el carbonato amónico la sal que tapiza las rocas donde tal cosa ocurre.

Este hecho notable, tan diferente de todos los conocidos fenómenos post-eruptivos de los volcanes en fase de regresión, ha llamado de antiguo la atención de los investigadores, los cuales han tratado de darle una explicación más o menos plausible.

Así Von Buch, que observó el caso en 1815, supuso que el origen del calor procedía de emisiones de vapor de agua, pues ésta se condensaba en gotitas en los cuerpos más fríos que se aproximaban a las grietas, y que tales vapores no eran tan sólo de agua pura, por cuanto, dice, se observaban incrustaciones de yeso, procedentes de haber dejado la lava la cal en libertad, por acción de los vapores sulfurosos, percibiéndose en algunas fisuras vapores de azufre, que se depositaban en cristales sobre las grietas de los alrededores, de todo lo cual deduce la consecuencia, de acuerdo con sus teorías

propias sobre el vulcanismo, que se trata, no del resultado de una activa y poderosa fuente de calor, sino, sencillamente, de la termicidad consiguiente a la oxidación de algunos restos de materiales metálicos, conservados entre las escorias del interior. Desde luego, como el calor se manifiesta en una extensa área del terreno y los materiales que lo forman, antiguos y modernos, son muy diversos, así como muy diferentes sus cotas, las que pudiéramos llamar manifestaciones secundarias, son también muy distintas. Por ejemplo: en el llamado Lomo del Azufre, se puede observar cómo, sobre el fondo del desolado paisaje lávico, cuando el viento no arrecia, el aire tiembla en múltiples lugares al ascender las cálidas corrientes en busca de su nivel de densidad. Aplicando el frío cristal de una botella llena de agua en el camino de dichas corrientes, no logrará condensarse en él el más leve vapor. Toda esta parte de la montaña está cubierta de piedrecitas amarillas a las que debe su nombre, pero pese a su color no existe en ellas traza de azufre.

Las escorias que bordean las grietas que, en la parte Sur, dejan escapar el calor, y en algunas de las cuales se han construido pequeños hornos, están tapizadas de eflorescencias de carbonato amónico, sin duda sublimado en épocas anteriores. En algunas de las grietas de la parte del Norte, en lugares apartados un kilómetro y aún más de la cima de la montaña, al introducir el termómetro, y a pesar de marcar éste aproximadamente los 400° C., se condensan gotas de un líquido claro y transparente que, al enfriarse, forman como escamas de una sustancia vítrea. Por último, el «Islote de Hilario», está surcado de unas anchas vetas de fina escoria de un vivo amarillo limón, que basta rascar dos o tres veces con el dedo para que la temperatura alcanzada no se pueda resistir. Estas escorias dejan, por extracción con sulfuro de carbono, un apreciable residuo de azufre, que no existe en ningún otro lu-

gar situado en cotas más altas. Como puede verse, la heterogeneidad de las manifestaciones concomitantes con las emanaciones de calor no permiten tomarlas como índice explicativo del origen de éstas, sino más bien como una consecuencia de la naturaleza del terreno donde la termalidad alcanza un valor más elevado.

El geólogo español señor Hernández Pacheco, también dió su opinión manifestando que:

«Por nuestra parte, la impresión que nos produjeron tales emisiones fué de que se trataba únicamente de la radiación al exterior, por las grietas de la montaña del calor de una gran masa de lavas, aún candentes, que existen en este sitio en el subsuelo de la isla. Dichas lavas deben estar en período de enfriamiento». Y en apoyo de su tesis aduce el autor numerosas razones.

Tenemos, pues, dos teorías. Una química, la de v. Buch, apoyada en la presencia de ciertas sustancias acompañando a las emisiones de calor, sustancias que por su diversidad e inconstancia no pueden tomarse como prueba indiciaria, aparte de lo difícil que se hace aceptar la idea de una lenta oxidación, a través de los siglos, de una masa de metales puros de tan considerables dimensiones como para poder desprender las cantidades colosales de calor como hasta la actualidad se desprendieron, y que no lleva trazas de disminuir.

La otra, física, la del profesor Hernández Pacheco, fundada en el lento enfriamiento de una masa de lavas candentes existentes en el subsuelo. Mas tampoco esta teoría es admisible. La presencia de los fenómenos térmicos en terrenos muy antiguos, que en forma alguna fueron afectados por la erupción de 1.730-36, debe hacer suponer que aquellos no tuvieron su origen en ésta, pero teniendo en cuenta que las primeras noticias históricas que de ellos se tienen y que datan de 1815, los suponen situados en dicha épo-

ca de 1730, admitámosla a fortiori, como buena.

Aplicando la conocida fórmula de Fourier para el cálculo del enfriamiento de la tierra.

$$t = \frac{t_0 \cdot K \cdot \sqrt{\delta \cdot \rho}}{a \sqrt{\pi \theta}}$$

siendo t = la temperatura actual

K = coeficiente de conductividad = 0,002

ρ = calor específico = 0,200

δ = densidad = 2,7

θ = tiempo = 212 años

t_0 = temperatura inicial = 1473°K

$$\frac{1}{a} = \sqrt{8304}$$

tendremos $t = 0'00085^\circ K$

Y para alcanzar los 390° C, que en algunos lugares se observan hubiera hecho

$$\text{falta un tiempo } \theta = \frac{1}{\pi} \frac{t_0^2}{a^2 \left(\frac{\delta t}{\delta x}\right)^2}$$

aproximadamente 4.10^7 segundos o sea poco más de un año, siendo $\left(\frac{\delta t}{\delta x} = 552\right)$

lo que sitúa el origen del tiempo en el caso más favorable en fecha mucho más cercana. Como se verá la aplicación rigurosa de las leyes físicas nos conduce a resultados que no alcanzan a explicar la persistencia del fenómeno.

La explicación hay que buscarla por otro camino, y no creo exista otra posibilidad, que conduzca a dicho fin, que el de una investigación geofísica, en ningún caso más justificada, por el altísimo interés, tanto científico como práctico, que el problema encierra.

Sin embargo, como los procedimientos de investigación geofísica se han aplicado generalmente a la prospección de yacimientos minerales y petrolíferos, y los terrenos volcánicos son en este sentido completamente estériles, y, por otra parte, su constitución tectónica es bastante especial, creo conveniente repasar someramente dichos procedimientos, tratando de prever los futuros problemas que se nos presentarán y la posibilidad

de modificar los sistemas clásicos, para adaptarlos a las nuevas circunstancias.

Es indudable que la solución más sencilla nos la daría una serie de sondeos metódicos que alcanzasen por lo menos el centenar de metros, en la generalidad de los casos, ahondando más cuando las circunstancias así lo aconsejen. Mas teniendo presente que el subsuelo debe estar muy dislocado, que la superficie comprendida dentro de la geoisoterma de los 110° a los 10 cms. es de unas 11'5 Has. y que es de suponer que las temperaturas interesantes aun se extenderán mucho más, puede preverse un número considerable de sondeos. Además, dichos sondeos plantean el problema de perforaciones en materiales de una elevada temperatura; los 400° C. se alcanzan casi en la superficie. Los trépanos y transmisiones han de construirse de modo que su dureza y resistencia no disminuya con el calor; las coronas de los barrenos habrán de estar formadas por carburos metálicos y metaloideos, también insensibles al calor. Asimismo el problema de la lubricación del trépano ha de tenerse en cuenta; en lugar de agua habrán de emplearse sales o aleaciones fusibles. No se podrán extraer los escombros, como de ordinario, con el auxilio de la arcilla húmeda, y habrá que emplear la cuchara, con la lentitud y enojo que ello supone. En fin, este sistema de exploración del subsuelo, siempre caro, lento y molesto, vería multiplicados sus inconvenientes en el caso actual. Ello no quiere decir que haya de abandonarse por completo. Por el contrario, será imprescindible practicarlos, no sólo para orientación en la interpretación de los datos obtenidos por los procedimientos geofísicos, sino también para la confirmación de los mismos, esclarecimiento de los casos dudosos, y, en último término, para la captación y explotación de la fuente de energía.

La constitución de los terrenos volcánicos de las Islas Canarias guarda, aparentemente, cierta semejanza con la

de los terrenos sedimentarios. Como en éstos, los materiales se hallan dispuestos por capas o estratos superpuestos, aunque dichos estratos tengan un origen completamente distinto.

Las emisiones pueden ser efusivas o explosivas. En el primer caso, de su grado de fluidéz depende la compacidad de los mantos lávicos que discurren. Si esta fluidéz es grande se forman los basaltos, fonolitas, andesitas, etc.; si es menor, son las grandes masas de escorias esponjosas que cubren los maipaises.

Si las emisiones son explosivas, la lava descende del cielo en forma de bombas, piedrecillas o cenizas.

Con el tiempo los basaltos se desintegran, mientras que los materiales menudos se aglomeran. Este proceso de desintegración y aglomeración debido a los agentes atmosféricos puede ser detenido por una nueva emisión, y lateritas y tobas, en diversos estados, quedan ocultas bajo los nuevos materiales. De esta manera se superponen estratos de muy diversa densidad, naturaleza y elasticidad, alternando los compactos basaltos con las porosas toscas, las arenosas lapillis o cenizas, las sueltas tierras lateritizadas y las informes escorias. No es frecuente existan fallas en estas rocas bien armadas y soldadas, pero sí grietas por contracción o explosión y, asimismo, suelen estar los estratos lávicos atravesados por diques y batolitos de intrusión, producidos por coladas de lava que rellenan grietas preexistentes o se abren paso a través de materiales deleznable.

Este es el panorama que ofrecen dichos terrenos, poco atacados por la erosión y donde la inclinación de los estratos no es debida a pliegues y corrimientos, sino a la deposición de los materiales sobre horizontes ya inclinados, debido a su propia naturaleza.

Los procedimientos seguidos por la geofísica en sus investigaciones pueden reducirse a cuatro: magnetométricos, gravimétricos, sismométricos y de conductividad eléctrica. La prospección magné-

tica está fundada en las anomalías que el magnetismo terrestre sufre bajo la influencia del terreno. El Globo terráqueo es un imán permanente cuyos polos no coinciden con los geográficos debido a que es resultante de tres campos superpuestos. Uno interno, formado por el núcleo, rico en hierro y níquel, que se imanta longitudinalmente por su rápido movimiento de giro, otro intermedio, imantado transversalmente, inducido por el anterior y que se compone con él para situar el eje magnético desviado del geográfico, y otro cortical, perturbado por las distintas propiedades magnéticas de los diversos materiales que constituyen la superficie de la Tierra.

Una aguja magnética suspendida libremente por su centro de gravedad en cualquier lugar del Globo, toma una posición determinada, formando un ángulo con el meridiano geográfico (declinación) y otro con la horizontal del lugar (inclinación). Existe, pues, en magnitud y dirección, una componente horizontal y otra vertical del magnetismo terrestre en cada punto de su superficie. Todas las líneas que unen puntos en que cada una de las cuatro componentes tienen el mismo valor, se llaman isomagnéticas.

Los elementos magnéticos terrestres están sujetos a variaciones periódicas y regulares y a perturbaciones repentinas e irregulares. Las primeras se pueden prever; las segundas las constituyen las llamadas tormentas magnéticas.

El estudio de las líneas isomagnéticas a pequeña escala permite observar cómo se desvían de las directrices generales a causa de variaciones o perturbaciones locales, las cuales pueden tener su origen en tres causas: 1.ª El campo magnético interno induce su magnetismo sobre la corteza terrestre y según que sus materiales tengan mayor o menor permeabilidad magnética que el medio que les rodea, las líneas de fuerza se concentran o dispersan.—2.ª Acciones físicas (vientos, diferencias de temperatura, presiones) y físicoquímicas (corrientes de

agua con electrolitos, acción de vaivén del agua de los mares infiltrada en la tierra, presiones osmóticas) pueden originar corrientes telúricas que, a su vez, son acompañados de su campo magnético correspondiente.—3.° La naturaleza magnética de los materiales de la corteza puede ser tal, que posea un poder coercitivo apreciable y como sus polos, debido a los movimientos orogénicos, acaso no coincidan con los terrestres, crearán un campo perturbador de las líneas de fuerza normales.

El geofísico alemán Dr. Haalck imaginó una teoría sobre la acción perturbadora que sobre el magnetismo terrestre ejercen las masas incluídas cerca de su superficie. Estudia por medio de una especie de brújula, la balanza magnética universal, la intensidad vertical y la declinación a lo largo de una serie de estaciones; después se introducen una serie de correcciones sobre las observaciones efectuadas, tanto instrumentales, como de temperatura, y de las variaciones periódicas diurnas, y por último se llevan al mapa las líneas isanómalas, lo cual permite deducir, tras efectuar ciertos cálculos, la existencia, orientación y profundidad de las masas perturbadoras en el subsuelo, supuesto conocida la susceptibilidad magnética de los materiales que lo constituyen en la región. El basalto es, después del gabbro, una de las rocas que poseen mayor susceptibilidad magnética (de 1.600 a 2.500). Ha de tenerse presente que las lavas básicas o melanocratas, son ricas en hierro, mientras que las ácidas, o leucocratas, pueden llegar a ser muy pobres.

En el caso particular que nos ocupa, ha de tenerse en cuenta que es muy probable que los valores de la perturbación, debida al poder coercitivo y permeabilidad de las substancias ferromagnéticas del subsuelo, sean mucho menores de lo que corresponde a su importancia, a causa de que a una cierta temperatura (punto de Curie) dichas propiedades desaparecen. De esta manera resulta que la dis-

cordancia que nos muestren los datos gravimétricos y los magnetométricos puedan servir, acaso, de orientación, para conocer la marcha de las temperaturas en el interior de la corteza terrestre y en lugares próximos a la superficie.

En el caso de Lanzarote, como no existe ninguna estación magnetométrica cercana, habría que instalar una fija provisional, que efectuase las medidas absolutas y que sirviese de referencia para la introducción de las oportunas correcciones en los datos de campo, para lo cual debe estar provista de un magnetógrafo que registre las variaciones temporales.

No solamente la balanza magnética universal de Haalck puede proporcionar los datos de campo; modernamente existen aparatos más sencillos, llamados variómetros (de componente vertical u horizontal) derivados de los de Schmidt y Koningsberger, de manejo más fácil y suficiente precisión.

La gravedad terrestre es un caso particular de la atracción universal o newtoniana. Está compuesta por dos fuerzas: una es la atracción que ejerce su masa y que está dirigida hacia su centro y otro es la fuerza centrífuga derivada de su movimiento de giro. La primera está expresada por la Ley de Newton.

$$F = K \frac{m_1 m_2}{r^2} \begin{cases} F \text{ en dinas} \\ r \text{ en cms.} \\ m_1 \text{ y } m_2 \text{ en grs.} \end{cases} \quad K = (6,664 \pm 0,002) \cdot 10^{-8}$$

La atracción ejercida por la Tierra sobre la unidad de masas, o sea la aceleración de la gravitación newtoniana, será

$$g_n = \frac{m}{r^2} K \sim 980,6 \text{ cm.} \times \text{seg.} \text{ o gal.}$$

La fuerza centrífuga crea un campo de intensidad $H = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi}{86164} \right)^2 \cdot r$.

Por lo tanto la eceleración de la gravedad será $\xi = g_n - H$ dependiendo de su distancia al centro de la Tierra, o altitud, y de la latitud del lugar, ya que los puntos más alejados del eje, al tener mayor

velocidad tangencial, sufren una repulsión centrífuga más elevada.

Los puntos que tienen igual valor de ξ están situados en la misma superficie de nivel o equipotencial. La dirección de ξ viene dada por la plomada y es perpendicular a la superficie equipotencial, que está materializada por la superficie de un líquido en reposo.

La superficie del mar es también una superficie equipotencial, que, prolongada idealmente por debajo de los continentes, constituye el llamado geoide, que ha sido medido geodésica y astronómicamente y sustituido convencionalmente por un elipsoide de revolución (elipsoide terrestre) de polos achatados.

El valor teórico de ξ al nivel del mar en un punto dado de la superficie de la Tierra viene dado por la fórmula de Helmer.

$$\xi = 978,052 (1 + 0,005285 \text{ sen}^2 \varphi - 0,00007 \text{ sen}^2 2 \varphi) \text{ dinas}$$

φ = latitud del lugar.

La observación directa de g se efectúa por medio del péndulo reversible o por el método de coincidencias. Este último procedimiento ha sido perfeccionado en la actualidad hasta el punto de hacerlo de una sencillez y precisión enormes. Se trata de medir exactamente el período de oscilación de un péndulo de longitud exactamente conocida. La medida de esta longitud se efectúa con una precisión inverosímil, pues su masa en reposo es la armadura de un condensador introducido en un circuito oscilante cuya frecuencia se mide, a su vez, por un sistema estroboscópico de destellos y cuyo período puede conocerse asimismo exactamente, gracias al heterodínage de un oscilador electrónico controlado a cristal.

Para reducir el valor observado de g al nivel del mar se utiliza la fórmula

$$g_0 = g + \frac{2h}{6370,3} g + \frac{3}{2} \frac{\rho}{5,52} \frac{h}{6370,3} g + g'$$

h = altitud s. n. m.

ρ = densidad de las rocas subyacentes

g' = acción del terreno (corrección positiva)

La diferencia entre ξ y g_0 , valores calculados y observados, nos permite deducir las anomalías introducidas en la gravedad por las masas subterráneas.

La medida relativa de g de un punto a otro y partiendo de un valor conocido, puede efectuarse por medio del péndulo de Sterneck o del elegante aparato de Threllfall y Pollock.

La dirección e intensidad de g sufre anomalías y variaciones. Está determinada por la plomada, que no siempre seguirá la dirección de la prolongación ideal del radio terrestre. Suponiéndola lo suficiente larga para que pueda registrarse por medio de un sistema óptico amplificador, cualquier variación en la posición de la masa libre que pende de su extremo, se han podido observar desviaciones angulares de la plomada de 0,01" bajo la influencia de la Luna y de 0,005" por la del Sol.

El aparato de Threllfall es una balanza de torsión de eje horizontal cuya precisión es del orden de $2 \cdot 10^{-6}$ del valor de g .

Sin embargo fué el barón Eötvös el que resolvió, con su célebre balanza de torsión de eje vertical, el problema de registrar las más pequeñas variaciones de g . Su sensibilidad es tal, que una unidad Eötvös produce una desviación de 15", en la escala, cosa perfectamente registrable fotográficamente. Una unidad Eötvös equivale a una mil millonésima de dina o sea 1×10^{-12} del valor absoluto de g .

El aparato consiste en dos pequeñas masas situadas a distintas alturas en los extremos de un brazo suspendido de un delgadísimo hilo de platino iridiado. Una triple envuelta protege el aparato, y un sistema de espejos registra sobre una placa fotográfica la menor torsión sufrida por el hilo. Haciendo girar el conjunto y deteniéndolo en distintas posiciones, las masas perturbadoras, al actuar desigualmente sobre las dos masas de la balanza hacen oscilar el brazo horizontal, oscilación que, en sentido e intensidad, se registra fotográficamente y de esta forma

puede conocerse el gradiente máximo de la gravedad en la estación considerada.

El método es bastante complicado y delicado. Es preciso efectuar previamente una nivelación y hay que introducir numerosas correcciones. Los datos obtenidos, por último, sirven para determinar la superficie de nivel y su forma, y si esta se halla enmascarada por masas cubridorras de menor densidad; puede determinarse la existencia de sinclinales, anticlinables, y fallas subterráneas, así como la presencia de filones, diques o depósitos de materiales de gran densidad.

Para ello se parte de un punto en el que se determina el valor absoluto de g por uno de los sistemas mencionados, y después por medio de la balanza de torsión se hallan los valores del Δg , debido a la perturbación, en distintas estaciones, lo que permite conocer el valor de la gravedad en todas ellas. Uniendo por medio de curvas los puntos del mismo valor, tendremos las llamadas líneas isógamas de la perturbación, o simplemente isógamas. Estas curvas permiten el trazado de perfiles del terreno en que quedan perfectamente acusados en profundidad, los accidentes perturbadores.

Actualmente se construyen balanzas dobles bastante perfeccionadas y cómodas de manejar, que efectúan las observaciones en un tiempo relativamente breve. El método es tan preciso y sensible que, no solamente puede acusarse el efecto de las mareas terrestres, sino la dilatación que sufre un terreno por efecto de un chaparrón o de una fuerte insolación, o la deformación que experimenta una montaña por el empuje del viento.

Sin embargo, en terreno muy accidentado resulta poco práctico, y hasta inaplicable, por lo que en Timanfaya solo debería ensayarse en la llanura que se extiende, cubierta de malpaíses, al W y N de la Montaña de Fuego.

Los métodos sísmicos de prospección

están fundados en la propagación de las ondas elásticas (creadas artificialmente, a través de los distintos materiales que forman el subsuelo. Están inspirados en los descubrimientos e investigaciones que la Ciencia viene efectuando en el estudio de los seísmos o terremotos. Cuando una partícula material se aparta de su posición de reposo sin rebasar el límite de elasticidad, entra en vibración armónica y su movimiento se transmite a las partículas circundantes, según dos clases de ondas. a) Ondas longitudinales, en que el movimiento se propaga por medio de contracciones y expansiones y b) Ondas transversales en las que el movimiento es perpendicular a la dirección de propagación. En sismología las ondas longitudinales se designan con la letra P y las transversales con la letra S .

Las ondas elásticas se transmiten a través de la tierra, cuando el medio es homogéneo, por rayo directo, pero cuando es heterogéneo, están sometidas a las leyes de la reflexión y de la refracción. Se ha observado que cuando se produce una perturbación capaz de dar origen a ondas sísmicas, y debajo del foco existe una capa de mayor densidad, cada una de las ondas longitudinales y transversales se descompone en otras dos; una que se propaga por rayo directo y se denomina onda individual \bar{P} o \bar{S} , y otra que alcanza la superficie de separación entre los dos estratos, corre a lo largo de ella, refractándose dos veces, si su curvatura es apreciable, y emergiendo por fin (ondas P y S). Además de estas ondas, que podemos considerar como normales, existen otras que solo se trasladan lentamente a lo largo de la superficie y se denominan ondas lentas o superficiales y que únicamente se hacen sensibles a cortas distancias del epicentro (ondas L), responsables de las grandes catástrofes.

La velocidad de propagación de las ondas sísmicas depende de la elasticidad y densidad de los materiales que les sir-

ven de soporte. Estas velocidades están dadas por las fórmulas :

$$V_p = \sqrt{\frac{6}{5} \frac{K_E}{\rho}} \quad V_s = \sqrt{\frac{2}{5} \frac{K_E}{\rho}} \quad \text{siendo} \quad \frac{V_p}{V_s} = \sqrt{3}$$

V_p = velocidad de las ondas longitudinales.

V_s = Idem de las transversales.

K_E = Coeficiente de elasticidad de Young.

ρ = Densidad de los materiales.

nos dan las velocidades de propagación de las ondas y el siguiente cuadro de Kusakaye y Oddone las refiere a las distintas clases de rocas :

Velocidad de la propagación de las ondas elásticas en las distintas rocas, en ms. por seg.^o

CLASE DE ROCA	V_1	V_2
Tierra removida y suelta	350	425
Arenas, cascajo, lapillis	500	800
Arena húmeda	1.000	1.300
Arenisca, arcilla	1.100	1.800
Rocas sedimentarias, margas	2.000	2.400
Arenisca cementada	2.800	3.000
Pizarras cristalinas	3.100	6 300
Caliza	3.000	5.000
Rocas profundas	3.200	5.300
Sal, rocas metamórficas y masas eruptivas	4.500	6.800

Las ondas elásticas del terreno se registran por medio de los sismógrafos, aparatos fundados en la inercia de una masa que inscribe por medio de un artificio, los movimientos que sufre su soporte, el cual está unido a la superficie terrestre.

De los distintos sismógrafos ideados para estudiar la componente vertical o las horizontales, en prospección geofísica, se suele utilizar solamente los de tipo vertical, de los cuales son típicos el de Mintrop, consistente en una masa esférica que se apoya sobre un muelle plano y transmite sus vibraciones por medio de una palanca cónica a un espejito amortiguado magnéticamente. Las oscilaciones

del espejo desvían un rayo de luz que se registra fotográficamente. Otro aparato es el de Ambroon, consistente en una masa suspendida entre dos tiras elásticas horizontales. Sobre la masa inerte se apoya un balancín amortiguado electromagnéticamente, y cuya presión se regula, y entre ambos existe una resistencia variable formada por dos cuchillos de grafito perpendiculares entre sí. Las variaciones de esta resistencia, función de las variaciones de presión, se miden por medio de un puente de Weathstone, cuyo galvanómetro acciona, por el método de Pogendorff una palanca óptica que registra fotográficamente dichas variaciones.

El sismo artificial se provoca con una explosión. Conocida la distancia del epicentro al sismógrafo, el origen de los tiempos de la explosión y el momento de llegada de las ondas al aparato, y disponiendo de varios sismógrafos a lo largo de una línea, se entrará en posesión de los datos necesarios, que, introducidos en una gráfica de coordenadas, permitirán construir una curva, llamada dromocrónica. Si también se conoce la elasticidad del medio y, con ella, la velocidad de propagación de la onda en los estratos, se podrá calcular, por un sistema de ecuaciones, la profundidad a que se encuentran éstos. De aquí que una investigación metódica permita la construcción de distintos perfiles, que llevados al mapa posibiliten la confección de las curvas batimétricas que nos den la disposición en profundidad de los diferentes estratos.

De todas formas, el análisis de la curva dromocrónica se basa en la diferencia de las velocidades de propagación de las ondas \bar{P} y P . A las cortas distancias la primera llega antes al sismógrafo, más como la velocidad de propagación de la P , a lo largo de la superficie del estrato, es muy grande, llega el momento en que ambas ondas se confunden en el sismógrafo en una sola, y más adelante llega la P antes que la \bar{P} . En el punto en que ambas ondas llegan al mismo tiempo, la curva

sufre una inflexión y es el elegido, para, mediante una construcción gráfica, hallar la profundidad del estrato. Sin embargo cuando los espesores a estudiar son bastante pequeños, como en nuestro caso, las distancias a que habría que colocar los sismógrafos del punto de explosión no permitirían discriminar en la curva dromocrónica, formada con los datos de los sismógrafos, el punto de cruzamiento de ambas ondas. Veremos más adelante cómo el problema se complica con las altas temperaturas internas.

En sismología solo se considera una parte bastante restringida de las ondas elásticas. Más el espectro de estas es muchísimo más extenso y merece ser estudiado en su totalidad. Las ondas sísmicas lentas superficiales tienen una frecuencia de 0,1 a 0,05 Hz. mientras que se han podido originar ultrasonidos de 500 millones Hz. El punto de referencia generalmente admitido, es la parte del espectro correspondiente a la gama sonora o audible y que se extiende entre 15 y 25.000 Hz. Así de 0,05 Hz a 15 Hz están comprendidos los infrasonidos u ondas mecánicas (convencional), de 15 a 25.000 Hz los sonidos y de 25.000 a 500.000.000 de Hz los ultrasonidos. Como puede verse la gama de las frecuencias ultrasónicas es muy extensa y por ello se ha dividido en otras tres partes. Ultrasonidos de baja frecuencia de 25.000 a 100.000 Hz; de frecuencia intermedia, de 100.000 a 1 millón de Hz y de alta frecuencia, de 1.000.000 a 500.000.000 Hz. Toda onda elástica viene caracterizada, en definitiva, por dos magnitudes, la frecuencia y la amplitud o intensidad, de las cuales, y teniendo en cuenta las propiedades del medio de propagación, se deducen todas las demás. Así por ejemplo, la longitud de onda se obtiene dividiendo la frecuencia por la velocidad de propagación.

Las ondas elásticas, como ya he dicho anteriormente, se pueden reflejar, refractar, difundir, absorber, interferir y difractar. Si la onda elástica se propaga por un espacio homogéneo e indefinido,

podrá tener, según el manantial de vibraciones, forma esférica (esfera pulsátil) y en dicho caso la amplitud de dicha onda, que es directamente proporcional a la velocidad y al módulo de Young del medio, lo es inversamente al período y al radio de la esfera considerada (distancia) de forma que a medida que se aleja, la vibración se amortigua. Por otra parte, como el medio no es perfectamente elástico, no todas las partículas vibran armónicamente, sino que algunas resbalan más o menos sobre las contiguas, transformando, por el rozamiento, en calor la energía ondulatoria, y disipándola. Así, llamado a la amplitud en el origen A y a , la del punto considerado a una distancia Z , se verifica la ley exponencial $a = A \cdot e^{-\alpha z}$ siendo α el llamado coeficiente de absorción que, en general, es inversamente proporcional a V^3 (velocidad de propagación) y directamente proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aunque teóricamente la velocidad de propagación es independiente de la frecuencia, cuando existen fenómenos de difusión y absorción, ambas están ligadas, en la práctica. Si bien el índice de refracción de un medio depende de la velocidad con que la onda se propaga por él (proporcional a su módulo de elasticidad y a su densidad), no debe olvidarse que este índice es distinto para cada una de las frecuencias, de modo que cuando mayor es ésta más se desvía la onda al pasar de un medio a otro de mayor índice de refracción.

De todo ello se deducen las siguientes consecuencias. Las ondas de período corto (mayor frecuencia) se absorben más fácilmente y, por lo tanto, no pueden emplearse a grandes distancias; cuando los estratos son delgados y numerosos y la explosión quiere realizarse a profundidades no muy grandes, es ventajoso emplear ondas cortas (de elevada frecuencia), que penetran más en el terreno, pues, por ser más desviadas, no alcanzan fácilmente el ángulo límite de separación y son reflejadas.

En realidad, si se emplea una fuente perturbadora capaz de emitir ondas cuya gama esté comprendida entre amplios límites, todo el problema se reduce a recogerlas por medio de aparatos selectivos, capaces de ser impresionados solamente por cierta parte de la banda del espectro. Teniendo en cuenta el principio de la independencia del medio interpuesto entre dos capas de distinto índice de refracción, los aparatos registradores de ondas largas registrarán especialmente los estratos superficiales y los de ondas cortas los profundos. Se comprende que los aparatos registradores deben estar provistos de filtros adecuados, ya que en las capas superiores coexistirán las frecuencias altas y bajas.

Estos aparatos registradores pueden ser el geófono, especie de bocina ancha y corta, provista de un diafragma que se adapta al terreno y en cuya embocadura se sitúa un micrófono, que puede ser de condensador, dinámico, de velocidad o de cristal, que amplificado por un aparato de baja frecuencia provisto de filtros de banda, acciona un oscilógrafo con tubo de Braun. El acelerómetro, mesa de material rígido, unida sólidamente a un micrófono de cristal, sobre el cual descansa libremente una masa m , que ejerce una presión P_1 ; si el soporte horizontal recibe un empuje hacia arriba ejercerá a su vez sobre m una presión P_2 . Ésta es $P_2 = P_1 - m \cdot a$, (siendo a la aceleración; $\left(a = \frac{d^2 x}{dt^2} \right)$, donde x es el espacio recorrido y t el tiempo). De aquí se deduce $a = - \frac{P_2 - P_1}{m}$, Siendo P_1 y m cons-

tantes, las variaciones de P_2 nos darán el valor de la aceleración. Las deformaciones del cristal piezo-eléctrico engendran una polarización dieléctrica que, debidamente amplificada, acciona el deflector de un tubo de Braun. Por último, los ultrasonidos, que tantas aplicaciones han encontrado en la técnica moderna para explorar las irregularidades

y fallas del interior de las gruesas piezas de metal, pueden ser recogidos por medio de un vástago, hundido en la tierra, unido a un detector de cuarzo de la frecuencia apropiada, el cual debe estar encerrado en una masa relativamente grande y con sus oscilaciones propias fuertemente amortiguadas.

La aplicación de los ultrasonidos a la prospección geofísica abre nuevos horizontes y plantea sugestivos temas de estudio, ya que en esta clase de ondas es frecuente el fenómeno de la reflexión, acompañado del de difracción, de modo que las ondas de esta especie presentan características muy especiales, pues las sinusoides recibidas en el osciloscopio tienen la forma de dientes de sierra y de ondas cuadradas, debido a fenómenos de relajación, que las distingue perfectamente de las figuras curvas derivadas de fenómenos de refracción o de simple reflexión.

Otra circunstancia ha de tenerse muy especialmente en cuenta en el caso de Timanfaya. Desde muy antiguo se practica por los empleados del ferrocarril la experiencia de golpear los ejes de los vagones para apreciar por el sonido su temperatura. En efecto, la dilatación disminuye la densidad y también la elasticidad de los materiales. Con ello las condiciones de la velocidad de propagación de las ondas elásticas a través de ellos. Si esta circunstancia puede favorecer o entorpecer nuestros propósitos, sólo la experiencia nos lo dirá. Por una parte puede retrasar la propagación de la onda P y obligan a alejar las estaciones del punto de explosión, con la consiguiente atenuación que ello supone, por otra, al cotejar los datos obtenidos por la prospección sismométrica con las de las demás investigaciones, la discrepancia hallada en cuanto a densidades, pudiera servir de referencia para deducir las temperaturas. Por lo que respecta al explosivo a emplear, tendrá que ser de gran poder rompedor e, incluso, introducido en cartuchos de acero resis-

tente, con objeto de que se favorezca la creación de ondas de elevada frecuencia.

Otro de los métodos de prospección geofísica, es el estudio de la conductividad eléctrica del terreno.

En realidad, los materiales pétreos son aislantes casi perfectos y las resistencias que alcanzarían grandes capas de ellos, serían enormes.

La conductividad eléctrica de un terreno se debe principalmente al agua pura, o cargada de sales, que retiene entre sus poros, entre los planos de esfoliación de sus cristales, o adherida a sus partículas. Esta humedad es la verdadera responsable del paso de la corriente eléctrica, mas es suficiente para caracterizar cada clase de roca.

Existen varios procedimientos, puestos a punto por el Dr. Schlumberger, que utilizan, bien la corriente continua, ora la alterna, que se hace circular entre dos piquetes clavados en el suelo, recogiendo por medio de otros dos piquetes exploradores las corrientes que circulan por la superficie, o el más moderno de hacer una perforación, a cuya boca y fondo se aplican sendos electrodos de la generatriz eléctrica, explorándose con otros dos a todo lo largo del taladro; sistema denominado de carotaje (intraducible) eléctrico.

Sin embargo, en nuestro caso, esto no sería posible porque sería necesario recurrir al empleo de tensiones elevadísimas, ya que la resistividad de los materiales del subsuelo debe ser enorme, pues, por sus elevadas temperaturas, carecen de humedad. Mas ello no debe significar la renuncia al empleo de los procedimientos eléctricos. Puesto que no se puede medir la conductividad de los distintos materiales, puede intentarse utilizar su diferente constante dieléctrica para, con el auxilio de las ondas electromagnéticas de radio, explorar su interior, siguiendo un sistema que guarda cierta analogía con el radar.

Las ondas de radio están formadas por condensaciones y rarefacciones de

energía, que tienen su asiento en el vacío (concepto físico) y se trasladan con la velocidad de la luz. Poseen una componente magnética y otra eléctrica, que se encuentran defasadas 90°, o sea, en cuadratura de fase. Se dice que son ondas planas, pues el plano de sus componentes eléctricos y magnéticos es perpendicular al camino de la propagación. Cuando una onda de radio pasa bruscamente de un medio a otro de diferentes características eléctricas (conductividad, constante dieléctrica) y con ello se altera el recorrido que llevaba, suceden tres cosas: a) Parte de la energía se absorbe, transformándose en calor. b) Parte de la energía atraviesa el límite de separación, pero al hacerlo se desvía y se refracta. c) Otra parte de la energía es rechazada por dicho límite y se refleja.

La porción de energía electromagnética que es reflejada o refractada depende de las propiedades eléctricas de ambos medios, del ángulo de incidencia y de la frecuencia de la onda. Estando todas estas magnitudes ligadas entre sí, el conocimiento de varias de ellas nos conduce al cálculo de las demás.

Así, si la onda pasa del aire a un objeto metálico, será reflejada casi toda ella, pues, siendo grande su conductividad, induce en él corrientes, las cuales, a su vez, regeneran la onda. Si incide sobre el agua, aunque la conductividad es pequeña, pasa lo mismo, porque su capacidad, en cambio, es grande. La tierra, con una capacidad y una conductividad moderada, deja pasar una porción, que se refracta, y refleja otra porción.

Como sucede con la luz, la refracción no puede producirse si la incidencia se verifica más allá de un ángulo límite, y la reflexión sólo es posible si la separación entre los elementos del medio es menor de los $\frac{3}{4}$ de la longitud de la onda, así como dicha reflexión es especular si la superficie del límite es lisa, y en caso contrario se produce la difusión.

Aunque he dicho que la velocidad de propagación de las ondas de radio es

la de la luz, semejante afirmación no es absolutamente exacta, pues en este caso no se podría producir la refracción. En realidad todos aquellos medios que posean electrones en libertad, ponen un freno a esta velocidad. Así, en las altas capas de la atmósfera, el bombardeo de los rayos ultravioleta, procedentes del Sol, los rayos cósmicos, los mismos electrones emitidos en los períodos de actividad de las manchas solares, arrancan nuevos electrones a los átomos de los gases atmosféricos, que, debido al enrarecimiento que reina en aquellas regiones, corren libremente largos espacios sin recombinarse. Las ondas de radio sufren tan fuerte incurvación, cuando llegan a esta zona (capa de Kenelly-Heaviside), que retornan nuevamente a la Tierra. Las ondas cortas, o de frecuencias muy elevadas, no están tan afectadas por el fenómeno de la refracción y suelen cruzar la ionósfera. Sin embargo, su incurvación es apreciable en la misma atmósfera baja, cuando una capa de aire caliente (agitación térmica) se superpone sobre otra fría, pues entonces se sobrepasa fácilmente el alcance óptico, y esto no es posible sin adaptarse a la curvatura de la Tierra. Es algo semejante a lo que sucede en ciertos crepúsculos, en que seguimos viendo el Sol sobre el horizonte, aunque se sabe que geoméricamente se ocultó por completo momentos antes.

Estas propiedades han sido utilizadas por la técnica para sondear la atmósfera y para detectar los obstáculos situados a distancia. Appleton y Buidier, en 1931, estudiaron la altura de la capa E de la ionósfera, emitiendo ondas moduladas en amplitud con 50 impulsos por segundo de 100 microsegundos de duración. Situaron a cierta distancia (unos 11 kilómetros) un receptor y llevaron las señales sobre un tubo de Braun de barrido rápido. La onda directa, de estación a estación, empleaba mucho menos tiempo que la reflejada (que aun necesitaba 2.000 microsegundos para recorrer el trayecto), de manera que este retraso de

la onda reflejada producía sobre la pantalla del osciloscopio una imagen separada de la producida por la onda directa. La medida de la separación, y la frecuencia del barrido, daban los datos para efectuar la correspondiente triangulación. Como es sabido de todos, el radar consiste en emitir un estrecho haz de ondas sobre el espacio, que, al encontrar un obstáculo, retorna sobre un colector situado en las proximidades del emisor. La diferencia entre las imágenes de emisión y recepción, nos da la distancia, y la situación relativa del haz proyectado, los ángulos de elevación y azimut.

Sin embargo, ninguno de estos procedimientos es de aplicación en nuestro caso. En el primero la diferencia de caminos a recorrer es tan pequeña, que no sería posible medirla. En el segundo, nos sería imposible conseguir imágenes legibles de las capas internas del suelo.

Si los estratos estuviesen formados por capas superpuestas de la misma clase de roca, el comportamiento del conjunto respecto a las ondas de radio, sería homogéneo. Mas, como decía al principio, esto no sucede así: los mantos lávicos, después de unos siglos a la intemperie, se meteorizan y disgregan más o menos y, aún bajo el supuesto de que todas las emisiones fuesen de la misma clase de materiales, lo cual como también sabemos, (véase el estudio geológico de Canarias en la primera parte) no es cierto, el grado de aglomeración y, por ende, de densidad relativa de los distintos estratos, sería diferente. Pero además, la conductividad térmica, el calor específico y por consecuencia, la temperatura de las distintas formaciones, ha de ser también característicos, y ya es sabido que, cuando la temperatura es elevada, la agitación térmica pone muchos electrones en libertad, y las propiedades refrangibles del medio (índice de refracción) aumentan.

Partiendo de la base de que los materiales más profundos, por ser los más antiguos, poseen mayor densidad y están más metalizados, de forma que el poder

reflejante aumenta con la profundidad y que, asimismo, la temperatura de los estratos es mayor cuanto más hondos estén, y por consiguiente son más refrangibles, cabe la posibilidad de hacer un estudio de la situación de dichas capas por medio de las ondas hertzianas.

Supongamos para ello que tenemos (Figura 1.^a) una estación emisora E , capaz de lanzar un estrecho haz de ondas

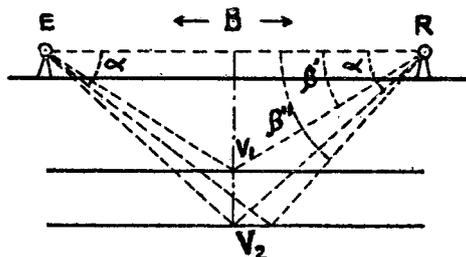


Figura 1^a

según un ángulo de buzamiento α por medio de una antena directriz, y que a una distancia B , tenemos una estación receptora R , provista de su antena direccional, orientada en el mismo plano determinado por dicho haz, con un ángulo igual α , y consideremos el caso de que ambos rayos coinciden en un punto V_1 situado sobre la superficie de un estrato. Si la onda emitida es de una frecuencia elevada, toda o casi toda ella se refractará, pasando a la capa inferior, y en el receptor habrá silencio. Pero si vamos aumentando la longitud de la onda del haz emitido, llegará un momento en que éste será reflejado, y captado por el receptor. La base B , y los ángulos α , nos permitirán calcular la altura h .

Si después seguimos explorando los puntos comprendidos entre V_1 y V_2 obtendremos silencio, aunque aumentemos la frecuencia para lograr atravesar la cara superior del estrato, pero al llegar a la superficie de separación del mismo con el subyacente, explorando la gama de frecuencias nuevamente, lograremos recoger la onda reflejada, que será más corta que la anterior.

Situando al emisor con un ángulo tal que el rayo alcance el punto medio de la

distancia entre V_1 y V_2 , el receptor podrá recoger dos ecos, correspondientes a las dos frecuencias, orientándolo con los ángulos β' y β'' .

De esta manera tendremos situadas en profundidad las diferentes capas y conoceremos la frecuencia crítica de cada una de ellas.

Para mayor claridad en la exposición, hemos supuesto que las capas eran rigurosamente paralelas, y que la superficie era especular, cosa que no sucederá en la práctica

Si la capa tiene una superficie inclinada con respecto a la base, para buscar el eco será necesario dar a la antena receptora una inclinación diferente a la del emisor (Figura 2). Sin embargo, como en el caso anterior, los dos ángulos son da-

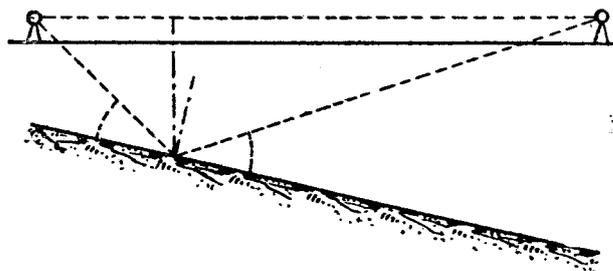


Figura 2^a

tos para la triangulación. Como la superficie reflectante no es especular, la energía recibida será una débil fracción de la emitida y además, por efecto de la difusión, determinará un cierto error en el ángulo de emergencia. Será preciso considerar un máximo.

En posesión de las frecuencias críticas, y reflejadas por cada uno de los estratos, pueden explorarse éstos a lo largo de la línea de intersección de los mismos con el plano vertical que pasa por las estaciones (Figura 3).

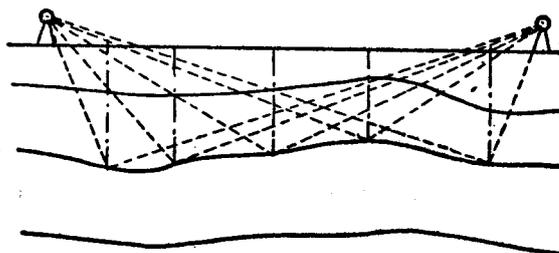


Figura 3^a

Hasta ahora hemos considerado solamente el caso de la propagación rectilínea del rayo, más si una capa intermedia está tan fuertemente caldeada que es capaz de imprimirle una fuerte curvatura (Figura 4), entonces los ángulos de buzaamiento de las antenas nos darán para la

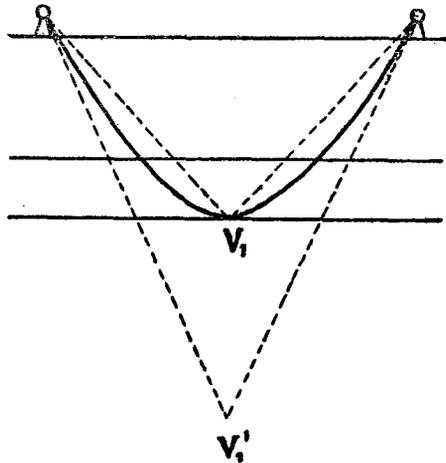


Figura 4ª

capa reflectante una situación más profunda que la que realmente le corresponde. Esta curvatura de los rayos acaso pudiera darnos en determinadas frecuencias la impresión de falsas superficies reflectantes, como sucede con las capas ionizadas de la atmósfera, que son solamente medios intensamente refrangibles. En todo caso la comparación de los resultados con los obtenidos por los demás métodos, nos permitirían deducir consecuencias muy interesantes sobre las temperaturas internas.

La construcción de los aparatos, tanto emisores como receptores, plantea, asimismo, nuevos problemas que han de resolverse, aunque afortunadamente las técnicas modernas de la radio y electrónica están tan desarrolladas, que las dificultades no serían en ningún caso de mucha consideración.

Parece ser que la mayor estriberá en diseño de la antena.

Cuando un conductor metálico es recorrido por una corriente alterna, se origina un campo magnético alternativo, que tiende a devolver la energía inyectada,

pero cuando la frecuencia de la corriente pasa de ciertos límites (frecuencias radio), esta energía ya no tiene tiempo de ser retornada, e irradia al exterior en forma de ondulaciones electro-magnéticas. Esta es en esencia la antena de un emisor de radio. Ahora bien, la máxima energía es irradiada cuando las dimensiones físicas del conductor, salvo ciertas correcciones debidas al efecto de punta, coinciden con un número exacto de cuartos de onda. Considerando la antena normal de media onda (Figura 5) al ser recorrida por la corriente, tendremos que, al llegar ésta a los extremos, será rechazada por la alta impedancia de los mismos y se establecerá un sistema estacionario en el cual la máxima intensidad radicará en el centro (mínima impedancia), y la mínima en los extremos (máxima impedancia), mientras que la tensión, por estar defasada 90° , será máxima en los extremos y mínima en el centro. Esta antena será capaz de oscilar bien (en resonancia) con una frecuencia doble (onda entera),

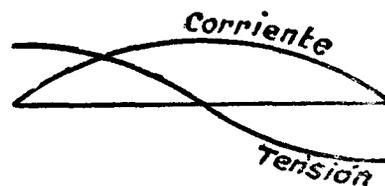


Figura 5ª

triple (onda y media), cuádruple, (dos ondas), buscando siempre que los mínimos coincidan con los extremos.

También puede oscilar en cuarto de onda, pero en este caso, el alimentador ha de completar la media onda necesaria para que haya resonancia por estacionamiento de ondas.

Veremos pues, que una antena de unas dimensiones físicas determinadas, sólo es capaz de oscilar en una serie de frecuencias, armónicas, y por lo tanto el número de éstas aplicables es muy limitado. Suponiendo que partimos de una frecuencia de 3,5 MHz podremos irradiar a 20, 15, 10 y 5 ms. Sin embargo, una

antena de media onda para 3,5 MHz habrá de tener 20,58 mts y esta es ya una dimensión respetable, sobre todo si tenemos en cuenta que la frecuencia de 28 M. Hz, no es utilizable por demasiado elevada y las de 7, 14 y 28 MHz requiere una forma de alimentación diferente de las otras dos.

Desde el punto de vista de la manejabilidad de la antena, nos conviene emplear frecuencias elevadas, más estas son poco refrangibles y los materiales téreos las dejarán sin duda pasar con relativa facilidad, sin reflejarlas. Debe existir una solución de compromiso en una fracción del espectro. Esta fracción del espectro debe ser explotada a fondo, y ello solo es posible si la antena (dimensiones eléctricas) es elástica.

Por otra parte, tenemos necesidad de emitir un haz cuya abertura sea lo más estrecha posible, no solo para que la ganancia (dentro de una determinada potencia) sea máxima, sino para que se obtenga un poder definidor o de resolución razonable. Además es también obligado que este haz esté polarizado horizontalmente. Todo ello puede conseguirse haciendo uso de un doblete alimentado por el centro a corriente, situado en el foco de un espejo parabólico formado por elementos parasíticos enlazados en forma de jaula y con un director colocado en su frente a 0,2 de la longitud de la onda fundamental (Figura 6). La antena puede estar constituida por un tubo cuyos extremos son prolongables mediante enchufe telescópico, lo que permite variar sus dimensiones y el director puede ser ajustable en el centro por medio de una horquilla cortocircui-

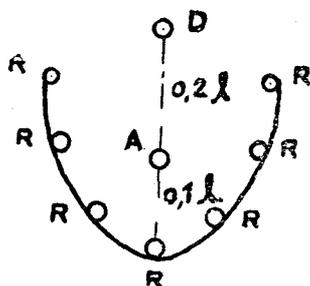


Figura 6^a

tada con una barra móvil. De este modo si la antena tiene 5 mts. y puede acortarse uno, podría irradiar en resonancia, de una manera continua, de uno a diez metros de longitud de onda. Esta antena, fabricada con materiales ligeros, estaría montada sobre un trípode provisto de los correspondientes mecanismos de alineación con el receptor y orientación en altura.

El emisor puede estar constituido por una unidad piloto formada por un multivibrador y un amplificador de radio-frecuencia sintonizable, fuertemente selectivo.

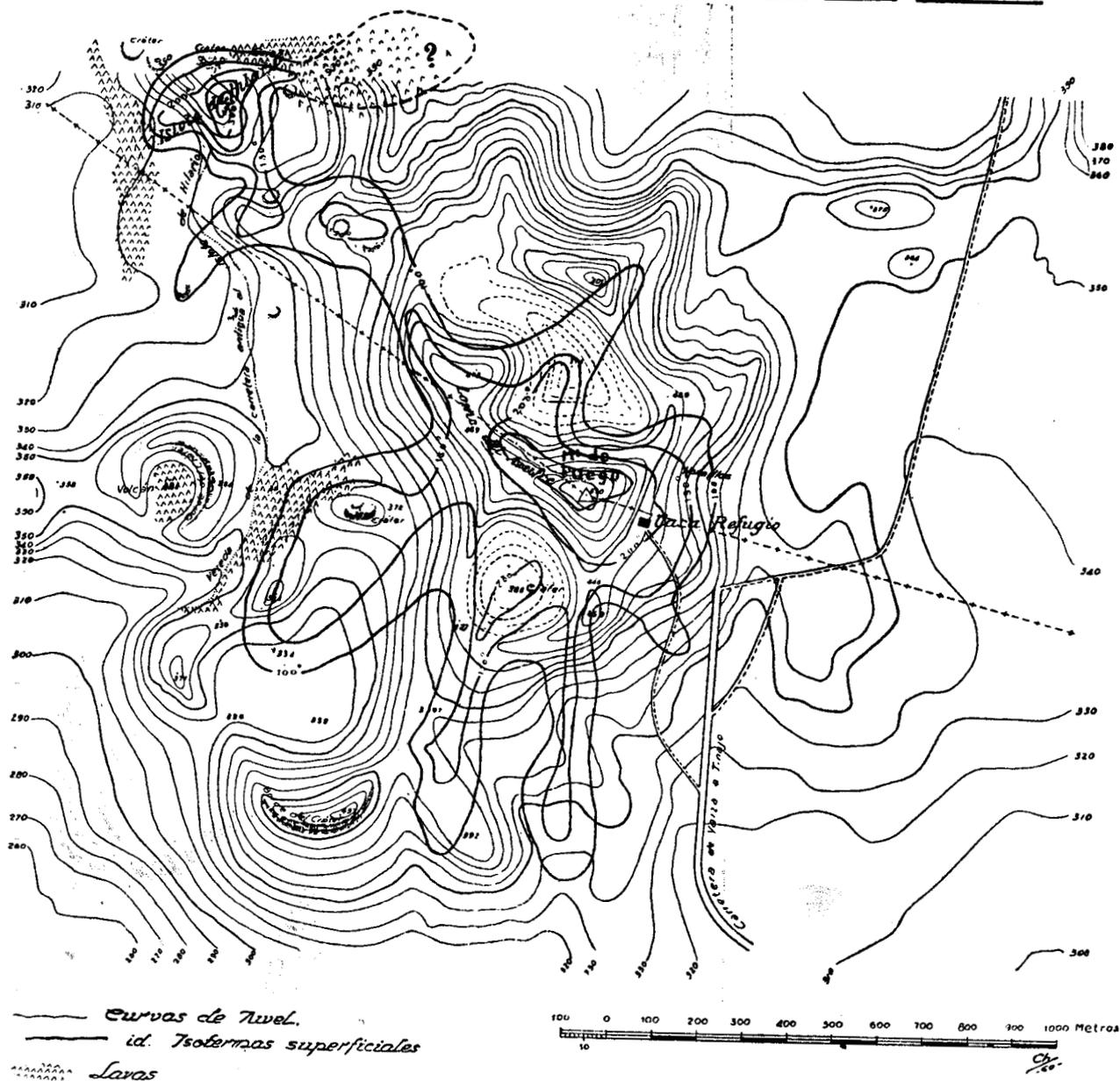
Los mandos de sintonía pueden estar unidos a un sencillo artilugio que modifique, de acuerdo con la frecuencia emitida, la longitud de la antena. La inclinación de la antena modula una señal sobre la portadora, señal que es distinta para cada ángulo de buzamiento y que puede consistir en una serie de «tops» de separación diferente. El mecanismo que hace variar lentamente los mandos de sintonía, acciona, a su vez un mecanismo de sincronización eléctrica, unido, por un cable, con otro análogo que acciona los mandos del receptor.

Este lo es de tipo convencional, y está dotado de antena direccional, cuyo ángulo de buzamiento queda inscripto en una ventanilla de que está provisto el osciloscopio. Dicho osciloscopio recibe la señal modulada, una vez desprovista de la portadora. La altura de los «tops» nos da su intensidad, y su separación el ángulo de buzamiento del transmisor. Este osciloscopio está en relación con una cámara cinematográfica.

La ventanita iluminada imprime el ángulo de buzamiento del receptor, y el dispositivo de sintonía variable imprime en el margen de la película una señal que indica la frecuencia. Así cada fotograma nos proporcionará todos los datos. Ángulos de la antena emisora y receptora, intensidad de las señales y frecuencia de las mismas.

El modo de operar consistiría en co-

ISOTERMAS SUPERFICIALES DE LA M^{ta} DEL FUEGO



PLANO DE LA MONTANA DE FUEGO

Este croquis tiene solamente un carácter provisional ya que ni el número de los sondajes efectuados ni la profundidad de las calas (máximo un metro) permiten darlo como obra de exploración definitiva. Sin embargo, permite ya formarse una idea sobre la importancia y constitución del fenómeno geológico que nos ocupa.

locar las dos estaciones sobre una base cuya longitud dependerá de la potencia del emisor, del espesor de los estratos y de la profundidad que se desea alcanzar con el radiosondeo. Enlazadas ambas estaciones por medio del cable de sincronismo, que lo es telefónico también, se van dando distintos ángulos a la antena receptora y para cada uno de ellos se efectuará un barrido vertical con la antena del emisor, de forma que en cada posición se emita con toda la gama, avanzando por lo tanto a sacudidas, o por puntos.

Una vez en posesión de los datos que proporcionarán los fotogramas, se puede confeccionar un perfil, situando por triangulación una constelación de puntos acotados con las frecuencias reflejadas en ellos. Uniendo los puntos de igual frecuen-

cia, obtendremos las líneas que delimitan los materiales homogéneos.

Por último, la prospección geofísica clásica, ha de ser completada por una prospección radioactiva. Ello está plenamente justificado, no solamente por la teoría, sino por los hechos. El autor de estas líneas ha recogido en la Montaña de Fuego materiales sueltos que, no solamente descargaban el electroscopio, sino que ennegrecieron por completo la película fotográfica.

Actualmente las investigaciones efectuadas en la búsqueda de minerales uraníferos o toríferos por medio del detector de Geiger-Müller, provisto de contador, ha puesto esta técnica al día, y no creo necesario insistir en ella por estar harto vulgarizada. El mencionado aparato debe acompañar también todo sondeo de forage que se efectúe.

Después de escrito el anterior capítulo, llegó a mi conocimiento un informe «sobre las posibilidades que hay de aprovechar el calor de la Montaña de Fuego de la Isla de Lanzarote», de la que son autores dos ingenieros españoles.

Tras de hacer unas consideraciones de orden general, estudian, en el primer capítulo, el vulcanismo de la Isla de Lanzarote, en particular.

Empiezan por tratar del grado geotérmico en Canarias, sirviéndoles de experiencia dos sondeos térmicos que realizan utilizando sendos y profundos pozos abiertos, uno en Telde (Gran Canaria) de 160 metros, y otro en El Ingenio, de la misma Isla, con 150 metros, encontrando que el grado geotérmico es el normal, o muy poco superior al normal.

Los lugares elegidos para medir el grado geotérmico, no parecen ser los más adecuados. Un pozo vertical es como una chimenea; el aire caliente, al perder densidad, asciende con rapidez y establece corrientes de convección que refrigeran con facilidad las rocas calientes de la su-

perficie, las cuales, debido a su escasa conductividad térmica, recuperan su calor más despacio que lo pierden (*).

Los lugares más apropiados serían las galerías abiertas en rampa en las faidas de las montañas de Tenerife. En ellas, por estar la boca a más bajo nivel, el aire se estaciona en su interior y no puede,

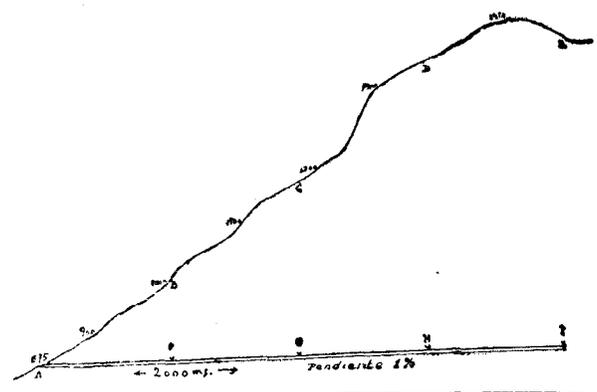
(*) No obstante todo lo dicho anteriormente, existen pozos de una profundidad que oscila entre los 100 y los 150 metros, cuyas galerías registran elevadas temperaturas, por encima de los 40°. Son ejemplo de los mismos los del barranco de Anagüerra y del barranco del Polvo (especialmente el de Martínón), en el término de Agüimes, y el Pozo de Ayagaure, en el de San Bartolomé de Tirajana. Ofrecen vivo contraste con estas perforaciones los pozos de la Gloria, del término de Santa Brígida, con 160 metros, y cuyas temperaturas son anormalmente bajas. En general, siempre que se atraviesan bancos de fonolitas, la temperatura sube rápidamente y aparecen grandes desprendimientos de bióxido de carbono. En el Pozo de las Vegas, en el término municipal de Arucas, se alcanzaron los 43° a los 8 metros, al atravesar las fonolitas. Estos desprendimientos de anhídrido carbónico suelen causar fatales accidentes entre los obreros encargados de los trabajos de perforación y cargan de gas las aguas alumbradas. Dichas aguas, a pesar de su bajo índice de salinidad y de ser ventiladas en la superficie por medios adecuados, son fuertemente tóxicas para la vegetación e impropias para el riego.—(N. del A.)

por lo tanto, refrigerar las rocas superficiales. Aunque no hay muchos datos sobre temperaturas y análisis de gases desprendidos en estas galerías, puede, sin embargo, afirmarse que, desde el punto de vista del grado geotérmico, estas galerías se dividen en frías y calientes. Las galerías calientes ofrecen un ejemplo de que el grado geotérmico de las capas de materiales antiguos de Canarias no es el normal. Precisamente, en las partes no afectadas por las erupciones recientes y al atravesarse bancos de basaltos y fonolitas, no es raro encontrar temperaturas hasta de 60° C. con diferencias geotérmicas

de 20° C. sobre la normal correspondiente. Por el contrario, cuando la galería atraviesa materiales emitidos recientemente, las paredes se muestran invariablemente frías.

Pudiera atribuirse este fenómeno de la frialdad de las lavas recientes al resquebrajamiento de contracción y porosidad y permeabilidad de las mismas, que implica la acción refrigerante del aire, y es posible que así sea en muchos casos, mas existen otros, que, a pesar de pertenecer al grupo de galerías calientes, hay en ellas una perceptible corriente de aire y, lo que es aún más curioso, se dá el fenómeno de que dicha corriente invierte periódicamente su sentido, de forma que parece que la galería respira, sin que el ritmo de la inversión coincida con el ciclo de insolación de los terrenos.

Termina esta parte diciendo: «por lo tanto, no parece que el subsuelo de estas islas sea de grado geotérmico muy superior al normal de los continentes, pero sí puede asegurarse, que las condiciones volcánicas de estas islas dan lugar a grandes anomalías térmicas en profundidad, como las observadas por los ingenieros de la Jefatura de Minas de Las Palmas, en algunos pozos, en cuyos fondos, se encuentran bancos de basaltos y lavas a temperaturas muy superiores a las de los bancos inmediatos infrayacentes y suprayacentes, y, desde luego, superiores a la que habría de corresponderle por su profundidad, probablemente por estar sus prolongaciones en contacto con algún lacolito caliente y ser tales bancos de alta conductividad calorífica, dando lugar a que, en un mismo pozo y a la misma profundidad, se alumbren a veces dos aflujos de aguas subterráneas, una caliente y otra fría, procedentes de bancos de rocas próximas».



Puntos.	A	B	C	D	E
Cotas (ms.)	875	1020	1180	1340	1350
Temperaturas	18°	16'5°	15°	13'5°	13'25°
Puntos.	A	F	G	H	I
Cotas (ms)	875	880	885	890	895
Diferencias (ms)	0	140	295	450	455
Incrementos geotérmicos	0	4'2°	9°	13'6°	13'7°
Temperaturas correspondientes	18°	20'7°	24°	27'1°	26'95°
Idem. observadas	18°	29°	38°	55°	55°
Diferencias anómalas	0°	8'3°	14°	27'9°	28'05°

Perfil de la galería de Nuestra Señora de la Concepción, en el término municipal de Arico (Tenerife). Observación del 15-IX-50. Terrenos de formación antigua de la Isla.

Basaltos 65%
 Tobas 35%
 Conglomerados volcánicos ... 5%

Por mi parte considero que no está suficientemente estudiado el caso para deducir conclusiones. La teoría de la conductividad de ciertos materiales puestos en contacto con supuestos lacolitos calientes aún, no es bastante para explicar es-

tas anomalías, que se dan con más frecuencia en los terrenos precisamente más antiguos de la isla de Tenerife y no afectados por erupciones históricas, ni próximos a lugares en donde éstas se han producido, lo que hace pensar que la causa de dichas anomalías (composición química, tensiones elevadas) puede ser diferente de la presumida por los autores.

Pasan a continuación a tratar de las grietas tectónicas volcánicas de Lanzarote y dicen: «*En Lanzarote después de muchos siglos de inactividad de más volumen, se produjo de 1730 al 36 una erupción a lo largo de una antigua grieta tectónica de dirección Este 20° Norte, jalónada por una fila de cráteres contiguos, recubiertos algunos de ellos, como la Montaña de Fuego, de espesos mantos de lapilli o picón. En pocos cráteres reboseó la lava, por los bordes de sus calderas, sino que, generalmente, rompió por grietas que se abrieron en las faldas de sus laderas, como es frecuente en los cráteres de paredes débiles, en erupciones faltas de presión. Sin embargo, la lava básica muy fluida de esta erupción alcanzó gran extensión, cubriendo más de un cuarto de la superficie de la Isla, devastándola, porque la lava se extendió sobre grandes superficies de tierra de cultivo y varios pueblecillos.*»

En primer lugar, toda la Isla de Lanzarote no es otra cosa que el tapón de una «grieta tectónica», mas la erupción de 1730-36 no se produjo, precisamente, a lo largo de una antigua grieta de dicha especie, sino que fué consecuencia de la misma. Es decir: que al formarse la grieta, la manifestación externa del hecho fué, precisamente, la erupción. En cuanto a ésta, si se tiene en cuenta el relato de un testigo presencial, el Cura párroco de Yaiza Don Andrés Lorenzo Curbelo, ofreció un muestrario completo, del que quedan evidentes huellas, de vulcanismo en actividad, pues, como puede verse a continuación, existió desde la mole ácida de lava sólida que se alza dejando escapar gases deletéreos, que «mataron todo el ganado»,

hasta la efusión básica «que corría como agua», pasando por todos los estados intermedios e incluso produciéndose el raro fenómeno de la emisión de hidrocarburos que duró bastante, según el testimonio del Obispo Dávila. He aquí el relato del Cura de Yeiza, transcribo por von Buch:

«*En primero de Septiembre (1730) entre 9 y 10 de la noche, la tierra se abrió de pronto cerca de Timanfaya, a dos leguas de Yaiza. Una enorme montaña se elevó del seno de la tierra, y del ápice se escapaban llamas que continuaron ardiendo durante diecinueve días. Pocos días después se formó un nuevo abismo y un torrente de lava se precipitó sobre Timanfaya, sobre Rodeo y sobre una parte de Mancha Blanca. La lava se extendió sobre los lugares hacia el Norte, al principio con tanta rapidez como el agua, pero bien pronto su velocidad se aminoró y no corría más que como miel. Pero el 7 de Septiembre una roca considerable se levantó del seno de la tierra, con un ruido parecido al del trueno y por su presión forzó a la lava, que desde el principio se dirigía hacia el Norte, a cambiar de camino y dirigirse hacia el NW.-WNW. La masa de lava llegó y destruyó los lugares de Marretas y Santa Catalina, situados en el Valle, en un instante. El 11 de Septiembre la erupción se renovó con más fuerza y la lava comenzó a correr. De Santa Catalina se precipitó sobre Mazo, incendió y cubrió toda esta aldea y siguió su camino hacia el mar, corriendo seis días seguidos con un ruido espantoso y formando verdaderas cataratas. Una gran cantidad de peces muertos sobrenadaban en la superficie del mar, viniendo a morir en la orilla. Bien pronto, todo se calmó y la erupción pareció haber cesado completamente. El día 18 de Octubre, tres nuevas aberturas se formaron inmediatamente encima de Santa Catalina, que arden todavía, y de sus orificios se escapan masas de humo espeso que se extiende por toda la isla acompañado de una gran cantidad de escorias, arenas, cenizas, que se reparten todo al-*

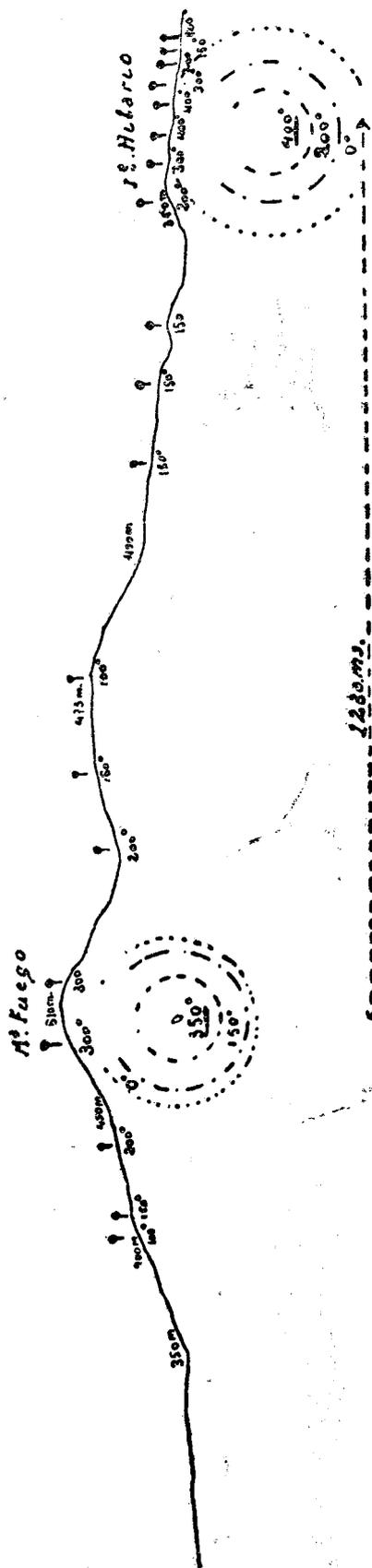
rededor viéndose caer de todos los puntos gotas de agua en forma de lluvia. Los truenos y las explosiones que acompañan a estos fenómenos, la oscuridad producida por la masa de cenizas, y el humo que recubre la Isla, forzaron más de una vez a los habitantes de Yaiza a tomar la huida, volviendo bien pronto porque estas detonaciones no parecían acompañadas de otros fenómenos de devastación. Hasta el 28 de Octubre la acción volcánica se ejerció de esta manera durante diez días enteros, cuando de un golpe, el ganado cayó muerto, asfixiado, en toda la comarca, por un desarrollo de vapores pestilentes que se condensaron y cayeron en forma de gotas. El 29 de octubre todo estaba tranquilo. Dos días después, el primero de Noviembre, los humos y las cenizas volvieron a aparecer desprendiéndose constantemente hasta el 10. Entonces apareció una nueva corriente que causó pocos daños porque todos los alrededores estaban ya quemados, arrasados y cubiertos de lavas. El 27, otra corriente se precipitó con una increíble velocidad hacia los bordes del mar. Llegó a la orilla el 1.º de Diciembre y formó en medio de las aguas una pequeña isla, todo alrededor de la cual se encontraron muchos peces muertos. El 17 de Diciembre la lava que hasta entonces se había precipitado hacia el mar, cambió de dirección y se dirigió hacia el S.W. llegando a Chupadero que bien pronto, el 17, no era más que un vasto incendio. Arrasó enseguida la fértil vega de Uga, pero no se extendió más allá. El 7 de Enero de 1731 nuevas erupciones vinieron a trastornar todas las precedentes. Corrientes incandescentes acompañadas de humos muy espesos, salieron por la abertura que se había formado en la Montaña. Las nubes de humo frecuentemente eran atravesadas por brillantes relámpagos de luz azul y roja, seguidos de violentos truenos, como en las tempestades, y este espectáculo era tan espantoso como nuevo para los habitantes, que no conocían las tempestades en esta comarca. El día 10 se vió elevarse una inmensa montaña que el

mismo día se hundió en su propio cráter con un ruido espantoso y cubrió la Isla de cenizas y piedras. Las corrientes de lava ardiéron como arroyos hasta el mar a través del malpais. El 27 esta erupción había terminado. El 3 de Febrero un nuevo cono se levantó, quemó la aldea de Rodeo y después de haber arrasado toda la comarca de esta aldea, llegó a los bordes del mar, continuando corriendo hasta el 28. Nuevos conos, terminados por cráteres, se levantaron el 20 de Marzo a una media legua más lejos. Estos conos estuvieron en erupción hasta el 31 de marzo. El 6 de abril recomenzaron con más violencia y arrojaron una corriente incandescente que se extendió oblicuamente del lado de Yaiza sobre el campo de lava ya formado. El 13, dos montañas se hundieron con un ruido espantoso y el primero de Mayo este incendio volcánico parecía extinguido, pero se renovó el día 2 a un cuarto de legua más lejos, levantándose nuevas colinas, viniendo una corriente de lava a amenazar el lugar de Yaiza. El 6 de Mayo estos fenómenos habían cesado y durante el resto del mes la inmensa erupción parecía estar enteramente terminada. El 4 de Junio tres aberturas se abrieron a la vez, fenómeno acompañado de violentas sacudidas y llamas que se desprendían con un ruido espantoso y que vino a sumir de nuevo en la consternación a los habitantes de la Isla. Esta erupción se verificó de nuevo cerca de Timanfaya. Los varios orificios se reunieron bien pronto en uno solo, del cual salía lava que se precipitaba en el mar. El 18 un nuevo cono se levantó entre los que ya se elevaban sobre las ruinas de Mazo, Santa Catalina y Timanfaya. Un cráter abierto sobre el flanco de este cono lanzaba cenizas y relámpagos y de otra montaña situada encima de Mazo se desprendió un vapor blanco que no se había observado hasta entonces. Hacia fines de Junio de 1731 todas las playas y las orillas del mar del lado del W. se cubrieron de una cantidad increíble de peces muertos de todas las es-

pecies y algunos de formas que no habían sido nunca vistas. Por el NW. se veía desde Yaiza elevarse del seno del mar una gran masa de humo y llamas, acompañadas de violentas detonaciones, observándose la misma cosa del lado de Rubicón, sobre la costa occidental. En Octubre y Noviembre, nuevas erupciones vinieron a renovar las angustias de los habitantes de la isla. El 28 de Diciembre de 1731 la Isla fué conmovida por temblores de tierra, los más violentos que se habían sentido en los años desastrosos que acababan de pasar, y el 28 de Diciembre una corriente de lava salió de un cono que se había levantado y se dirigió a Jaretas, incendió la villa y destruyó la capilla de San Juan Bautista, cerca de Yaiza.»

De esta manera prosiguió la erupción a lo largo de seis años.

Continúa el informe: «En la región central y más alta de la grieta tectónica está enclavado el macizo de la Montaña de Fuego, de 510 m. de altitud sobre el nivel del mar, cuya superficie no fué alcanzada por las lavas de la erupción de 1730-36, conservando aún su recubrimiento de picón anterior a esta erupción, debido a que rompió por sus laderas, como antes hemos dicho, por numerosas bocas que se abrieron en las llanuras laterales del macizo. Dicha erupción inyectó lavas en la grieta tectónica sobre la que está situada la Montaña de Fuego, que no lograron surgir a la superficie y quedaron en sus entrañas formando un lacolito que, por estar abrigado, como luego se explica, por una capa de protección de picón metamorfizado, que lo defiende del enfriamiento, da lugar a las manifestaciones térmicas que se observan en la actualidad. Por el contrario, los campos de lava extrusivos y las masas de lava intrusivas de los cráteres desnudos de picón se enfriaron rápidamente en cuanto se solidificaron al contacto del aire los primeros y de las rocas frías de la superficie las segundas, porque el aire atmosférico aceleró su enfriamiento,



PERFIL DE LA MONTANA DE FUEGO

Las temperaturas corresponden a las intersecciones con las curvas geosotermas, señaladas por hitos.

circulando por el interior de las masas de lava, por los numerosos circuitos de grietas que la contracción de solidificación abrió en ellas. Debido a esta razón únicamente el lacolito alojado debajo de la Montaña de Fuego, aunque solidificado ya, conserva más altas temperaturas, porque está abrigado, según queda dicho, por una capa de "picón cementado" de poca conductibilidad calorífica, que recubre la Montaña, y, sobre todo, porque dicha capa ha impedido la circulación del aire por las grietas de la lava del lacolito, debido a que esta capa de picón superficial se ha aglomerado, formando una costra cementada naturalmente, impermeable al aire, que retiene, como en una campana, el aire caliente que llena el campo de grietas del lacolito, sin dejarlo circular ni surgir a la superficie, impidiendo así el enfriamiento por aireación, que tan rápidamente solidificó, en general, en otras zonas las masas de lava. En dicha costra de picón han quedado cementados los granos sueltos de lava, de que está formado éste, por un aglutinante de sílice gelatinoso, segregada de la misma lava y del picón, superabundante en sílice, por las acciones hidratantes meteóricas, metamorfoseándose estas gravillas volcánicas en una lámina superficial continua de poco grueso, que trocea con gran facilidad en bloques de gran ligereza y poder aislante del frío, que son empleados en la Isla para la construcción de edificios.»

En estos párrafos está condensada toda la teoría de los autores. Suponen que el fenómeno de la Montaña del Fuego consiste esencialmente en un lacolito intrusivo inyectado en 1730 en una antigua grieta tectónica, que, debido a que el recubrimiento exterior está formado por una capa (película, podríamos decir) de materiales malos conductores, aun no ha podido enfriarse, a pesar del tiempo transcurrido.

Yo añadiré que esta capa de tobas volcánicas cementadas es extraordinariamente porosa, utilizándose corriente-

mente para confeccionar filtros cuando tiene suficiente consistencia para ello, que su espesor apenas alcanza los 30 cm. en las partes más gruesas, y que debajo hay un manto de escorias muy esponjosas que dejan entre sí grandes huecos por donde precisamente asciende el aire caliente. Además, la pérdida de calor, a pesar de esta capa, presunta aislante, y sólo por el capítulo de convección tiene que ser enorme, pues en los días en que el viento está calmado y la luz es favorable, se ve por todas partes temblar la atmósfera como consecuencia de las corrientes ascensionales.

Los datos que han permitido establecer esta hipótesis son los deducidos de los siguientes trabajos:

1.º—Sondeos térmicos efectuados en una extensión de unas 15 Has. Estos sondeos y calicatas se han realizado en número de 66 y la mayor profundidad alcanzada es de 1'50 m.

2.º—Análisis de los gases desprendidos.

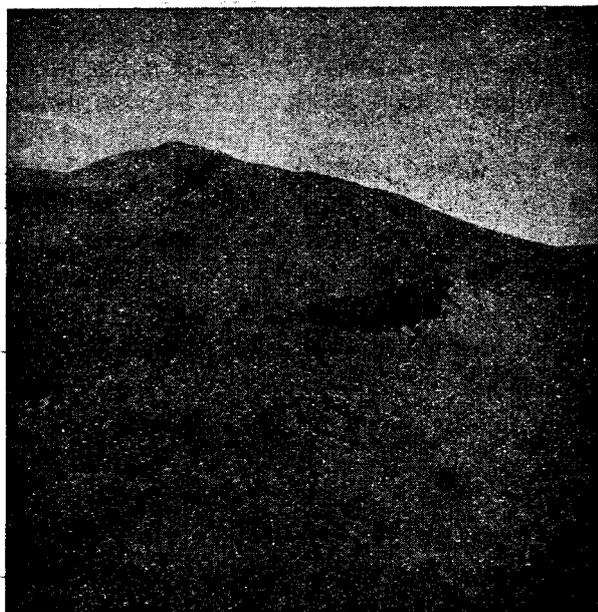
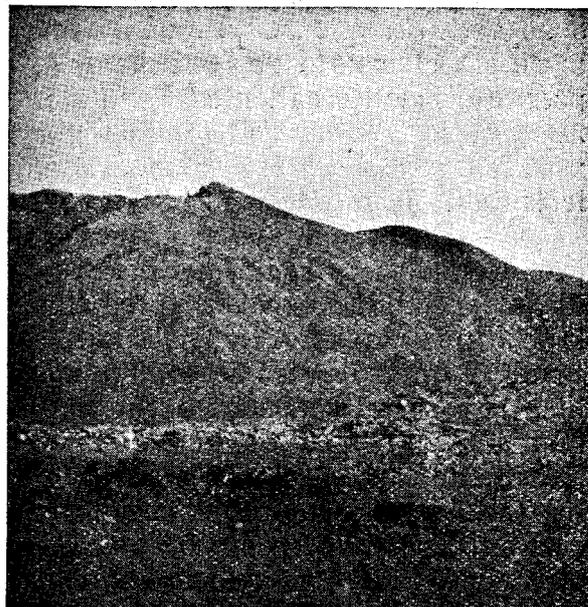
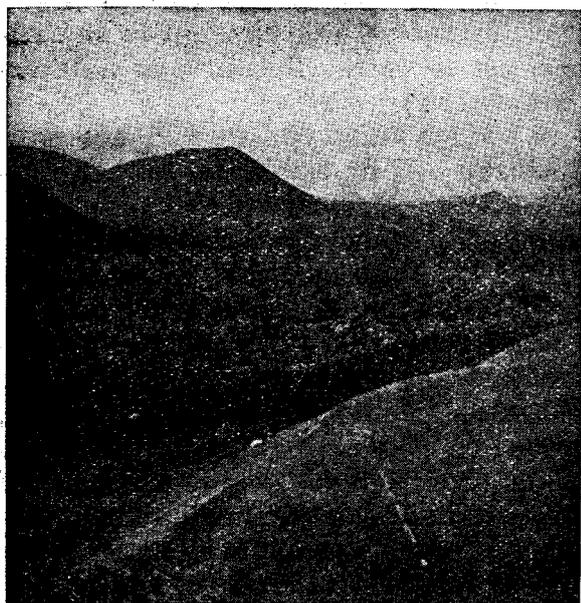
3.º—Análisis químicos de 12 muestras de rocas recogidas en la superficie del terreno.

En resumen, las conclusiones deducidas por los autores son las siguientes:

El fenómeno es el resultado de un lacolito que vino a inyectarse en una línea de fractura, en las erupciones de 1730 y 1824.

(Sin embargo, el hecho ya llamó la atención de von Buch en 1817, en que le hablaron de él en el mismo puerto de desembarco, prueba evidente de que asombraba también a los isleños.

Si se observa el mapa adjunto, puede verse que dicho lacolito tendría una forma harto irregular, que afecta lo mismo a terrenos que fueron convulsionados por las recientes erupciones como a otros que quedaron indemnes y, sobre todo, que su *dirección principal es casi perpendicular* a la de las líneas de fractura que existen a lo largo de ambas Islas y que es la de éstas y de sus cadenas montañoso-volcánicas.



VARIOS ASPECTOS DE LA MONTANA DE FUEGO

La primera fotografía es una vista del valle situado al Oeste de la Montaña, por el cual pasa la nueva pista que, partiendo de la carretera de Yaiza a Tinajo, conduce al Islote de Hilario. La segunda (arriba derecha) reproduce la Montaña de Fuego vista desde dicha pista, la tercera (abajo izquierda) es un aspecto de esta misma Montaña contemplada desde el Islote de Hilario y la última muestra dicho Islote. Los montones de piedras indican los lugares en que la temperatura es más elevada. El del primer término señala una grietecilla en la que se alcanza los 420° C. (Fotos Ch.)

Por otra parte, ¿en qué otra razón o experiencia que su propia afirmación se funda el aserto de la existencia del presunto lacolito caliente? Ya que lo somero de los sondeos efectuados no permite en forma alguna considerar como irrefutable la hipótesis.)

2.º—El análisis del gas que se desprende en las grietas superficiales donde la termalidad se hace apreciable, ya lo efectuó también el vulcanólogo suizo Brun, el que encontró se trataba simplemente de aire atmosférico con indicios de amoníaco y una mayor proporción en bióxido de carbono. La existencia de restos solfatáricos, en forma de eflorescencias de carbonato amónico, en aquellos alrededores, explica que las aguas pluviales puedan arrastrar en solución al interior algo de esta sal, que, por efecto del calor, se disocia, impurificando el aire caliente que asciende, al ponerse en contacto con el terreno.

Sin embargo, los autores hallan en su análisis el resultado siguiente:

Nitrógeno y Argón	80'00%
Oxígeno	19'50%
CO	0'10%
CO ₂	0'40%

O sea, un empobrecimiento del 1'50 por ciento en Oxígeno, y en cambio un enriquecimiento del 1'03% en Nitrógeno, de 0'07% en bióxido de carbono y del 0'4% en óxido de carbono. De ello deducen que el aire que penetra por las grietas en puntos alejados, quema determinados hidrocarburos existentes en el interior de la Tierra, cuya fórmula corresponde a $C_{24}H_4$, ganando cada kilo de aire 12 calorías por esta combustión, que es de suponer se verificará a más de 700° y a la presión normal.

(Así, la corriente de gases, rica aún en Oxígeno, va pasando por todo el gradiente de temperaturas hasta los 80, 100 ó 200° de la salida y, sin embargo, el óxido de carbono restante no halla ocasión de quemarse por completo. Además, en la combustión de este supuesto hidrocarburo se deben producir 2'4 gramos de

agua por kilo de aire, que debían empar el terreno, al enfriarse en la superficie, o por lo menos formar una nube en la atmósfera.)

3.º—Tras unas consideraciones para demostrar la imposibilidad de aprovechar el calor terrestre en los puntos de grado geotérmico normal, debido a la lentitud del flujo calórico, pasan a estudiar el problema en los terrenos volcánicos en donde se han inyectado recientemente lavas intrusivas y consideran que, salvo pequeñas anomalías locales, también en ellos el grado geotérmico es el normal, pues las lavas, debido a las grietas de contracción son fácilmente refrigeradas por el aire. Solamente en algún lugar como éste, donde la cobertura es impermeable al aire y refractaria, se ha conservado el calor por mucho mayor tiempo del habitual.

El fenómeno del enfriamiento de un lacolito laminar lo consideran como un caso de transmisión del calor a los terrenos encajantes y lo dividen en dos períodos.

El primero termina cuando la influencia de refrigeración de los terrenos encajantes llega hasta el eje del lacolito y tiene por expresión:

$$\theta_{1er \text{ período}} = 25 \left(\frac{1}{2} m\right)^2$$

siendo m el espesor del lacolito. Así obtienen para:

$m = 5$ metros	$\theta_1 = 18$ días
$m = 25$ »	$\theta_1 = 1,24$ años
$m = 50$ »	$\theta_1 = 4,95$ años

En todos estos casos la temperatura no penetra más que $\frac{1}{2}m$ en los terrenos encajantes.

El segundo período de enfriamiento lo dividen en dos fases. En la primera las temperaturas del eje del lacolito se desplazan hacia el interior y las de las rocas encajantes «se desparraman» siguiendo la forma de unas curvas que tienen su cúspide en la cabeza del lacolito.

La ecuación que aplican es:

$$\theta'_{2o \text{ per}} = \left(\frac{T - t_p}{t - t_p} - \frac{1}{2}\right)^2 \frac{m^2}{0,2^2}$$

lo que permite deducir el tiempo que, desde la erupción, ha de transcurrir para que el centro del lacolito descienda a una temperatura determinada t . Añaden que la temperatura más interesante es la de 1.000° C, a la que se solidifican las lavas y considerando una profundidad importante de 6,6 kms., el tiempo necesario será:

$\theta'_{20} = 14,2m.^2$; y para $m = 25$ metros $\theta'_{20} = 2,82$ años.

Al llegar al punto de solidificación de las lavas, concluye la primera fase, pues entonces deben producirse numerosas grietas de contracción, por las que, al circular, el aire produce un enfriamiento acelerado en la segunda fase del segundo período.

Mas cuando no pueden establecerse corrientes de aire por las grietas de la lava, como sucede en la Montaña de Fuego, a causa de la cobertera impermeable, la primera fase del segundo período continúa indefinidamente.

«En estos casos, como no tiene lugar el enfriamiento rápido de la lava, por su aereación interna, sólo pierde temperatura por la transmisión lenta de su calor, a los terrenos encajantes, estudiados en el apartado anterior y una pérdida pequeña de calor, por conducción, hacia la superficie del terreno a través de la capa de picón protectora.»

La profundidad a que alcanza el efecto refrigerante de la superficie sería

$$P = \sqrt{8 \frac{k}{c}} \theta \quad \text{y siendo } \theta = a \text{ un siglo,}$$

$P = 112,25$ metros; siendo la temperatura de un lacolito de 50 metros a esa profundidad al cabo de esos 100 años, $t = 534^{\circ}$ C.

Así, pues, se deduce que la temperatura de la lava inyectada en una grieta tectónica puede ser muy elevada al cabo de un siglo, si no circula el aire, cuando el ancho de dicho lacolito es del orden de los 50 metros. En el subsuelo, sobre el lacolito, la temperatura aumentará un grado cada 26 centímetros.

Al cabo de dos siglos de la erupción

la acción refrigerante de la superficie alcanzará la profundidad de 159 metros y la temperatura de un lacolito de 50 metros a dicha profundidad será de 389° C.

A continuación tratan de determinar la masa de lava caliente situada bajo el macizo, la profundidad a que deben hallarse las temperaturas aprovechables y el calor que inevitablemente pierden.

Para efectuar estos cálculos aseguran: *«Será necesario, por lo tanto, determinar la temperatura propia del lacolito en la actualidad, conocer el espesor de picón que recubre a la lava y localizar la profundidad hasta donde ha sido afectado el lacolito por la refrigeración de la superficie del terreno, por medio de dos sondeos de exploración; uno en la Montaña de Fuego y el otro en el Islote de Hilario, que atraviesen el picón y continúen después por las lavas infrayacentes, hasta la profundidad a que dejen de aumentar las temperaturas tomadas en el fondo del sondeo y permanezcan constantes en algunos metros más de profundidad; con lo que habremos logrado los fines antes expuestos.»*

No efectúan estos sondeos, mas, no obstante, se lanzan por el camino de los cálculos teóricos y afirman que la profundidad que alcanzó la refrigeración superficial, y a la que se retrajo la temperatura propia de la cabeza del lacolito, es de 164 metros, que esta temperatura es poco superior a los 350° C. y que la anchura de la grieta será de 5270 ms.

Asímismo, calculan que el calor perdido será de 123'4 calorías kilo por segundo, y que, al cabo de un siglo, la temperatura habrá disminuído en 50° a dicha profundidad, desplazándose la cabeza del lacolito 35 metros más abajo.

Pero si se aprovecharan estas 123 calorías kilo por segundo que se desprenden, el descenso de la cabeza del lacolito sería de 119 ms., a donde habría que ir a buscar los 350° C. (¿?)

En el Islote de Hilario las cifras que ofrecen son un poco más optimistas :

Temperatura actual	Temperatura después de un siglo	Pérdida de calor por seg ^o	Aprovechamiento por seg ^o	Desplazamiento de la temperatura en profundidad
400°	317°	108,4 cal.	0	de 125 a 167=43 5 mts
400°	317°	108,4 cal.	+ 108,4	de 125 a 237=112 »

Terminan su informe con unas consideraciones sobre la captación de los gases volcánicos, por medio de sondeos taladro, y su aplicación a un motor térmico de aire caliente.

Según mi humilde opinión, este informe carece de base, pues se apoya sobre una simple hipótesis no demostrada. La existencia de un lacolito que se enfría con tal lentitud, que al cabo de 200 y pico de años (en el supuesto más desfavorable de que tenga su origen en el año 1730) aun conserva altas temperaturas casi en la superficie del terreno. Y es que consideran que dicho lacolito que, por otra parte tiene que poseer una forma bien extraña, según se deduce del perfil del terreno que se une, sólo se enfría por conducción, ya que no puede efectuarlo por convección, a causa de la responsable película de picón cementado (permeable como bizcocho) que le sirve de cobertura.

La temperatura es la expresión del nivel térmico de un cuerpo. El calor es la consecuencia de la agitación molecular del mismo, resultado de su energía interna. Todo cuerpo caliente emite ondas electromagnéticas cuyos efectos nos permiten apreciar, precisamente, a distancia, su estado de calor.

La transmisión del calor puede efectuarse por contacto con el ambiente, ya sea sólido o líquido. En el primer caso es la transmisión por conducción y en el segundo por convección. Pero un cuerpo caliente irradia, aunque se encuentre en el vacío, y pierde energía en forma de radiaciones electromagnéticas, que son incoercibles.

La emisión de un cuerpo caliente depende de la cualidad y extensión de su superficie. El cuerpo negro es el que irra-

dia mayor magnitud. La ecuación de la radiación integral del cuerpo negro es :

$$E = \epsilon \cdot T^4$$

En la que ϵ es la constante de Stefan-Boltzmann, equivalente a $1,37 \times 10^{-12}$ calorías por segundo, por centímetro cuadrado por ($^{\circ}\text{K}$)⁴.

La cantidad de calor que un cuerpo posee viene dada por la ecuación $Q = P \cdot \rho \cdot T$, en la que P es el peso, ρ el calor específico y T la temperatura absoluta.

Cuando un cuerpo es alcanzado por una radiación térmica, sus moléculas oscilarán y, entonces, puede suceder que exista resonancia y la radiación será reflejada, o bien el frotamiento interno impida esta resonancia y toda o parte de la energía radiante se transforme nuevamente en calor; en este segundo caso se dice que hay absorción.

Si introducimos un cuerpo caliente, y suponemos que éste es absolutamente negro, de forma que emita la mayor intensidad de radiación, en el interior de una esfera material hueca, dicha esfera será alcanzada por la radiación. Suponiendo que la mayor parte de la radiación recibida sea reflejada nuevamente, caso más desfavorable, una parte de la radiación secundaria recaerá nuevamente sobre el núcleo caliente. Ambas radiaciones, principal y secundaria, interferirán, de forma que las ondas unas veces serán aniquiladas, cuando sus fases sean opuestas, y otras tendrán su amplitud reforzada y hasta duplicada. Un cálculo de probabilidades nos llevaría demasiado lejos, pero, poniéndonos en el caso menos favorable, se puede admitir que solamente la mitad de la radiación emitida se traspasa, mientras que la otra mitad es nuevamente recibida recíprocamente.

En estas condiciones la cantidad de calor perdido por radiación por el cuerpo caliente rodeado de una esfera material (caso límite inferior), será $\frac{E}{2}$ y un segundo después la cantidad del calor existente:

$$Q_1 = Q_0 - \frac{E}{2}$$

De todos los sólidos del mismo volumen el que posee una superficie menor es la esfera. La relación que existe entre el incremento del volumen y el incremento de la superficie, para una variación del radio, es $R/2$.

En efecto:

$$\frac{dV}{dR} = 4\pi R^2 \quad \frac{dA}{dR} = 8\pi R$$

$$\frac{dV}{dA} = \frac{4\pi R^2}{8\pi R} = \frac{R}{2}$$

de aquí se deduce que una esfera de radio pequeño perderá proporcionalmente más calor en la unidad de tiempo que una esfera de radio grande.

Resumiendo:

$$E = 1'37 \cdot 10^{12} \cdot S \cdot \theta \cdot T_0^4 \text{ y } Q_0 = \frac{4}{3} \pi R^3 \delta \rho T_0$$

Haciendo $\theta = 1$ segundo

$$Q_1 = \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \delta \rho T_0 \right) - \left(\frac{1'37 \cdot 10^{12} \cdot 4\pi R^2 \cdot T_0^4}{2} \right)$$

y siendo T_1 la temperatura después de ese segundo.

$$Q_1 = \frac{4}{3} \pi R^3 \delta \rho T_1$$

o sea que

$$\frac{4}{3} \pi R^3 \delta \rho T_1 = \frac{4}{3} \pi R^3 \delta \rho T_0 - \frac{1'37 \cdot 10^{12} \cdot 4\pi R^2 \cdot T_0^4}{2}$$

y la temperatura T_1 que tendrá el cuerpo después de 1 segundo.

$$T_1 = T_0 - \frac{3 \cdot 1'37 \cdot 10^{12} \cdot T_0^4}{2 \cdot \rho \delta R}$$

Ahora bien, como el enfriamiento de un cuerpo por radiación es proporcional a la cantidad de energía que posee por unidad de volumen, o sea a su nivel térmico, se puede escribir la ecuación:

$$-\frac{\Delta T}{\Delta \theta} = k T \text{ y en los límites } -\frac{dT}{d\theta} = k T$$

transponiendo $-\frac{dT}{T} = k d\theta$ e integrando entre límites:

$$\begin{aligned} \int_{T_0}^{T_1} -\frac{dT}{T} &= \int_{\theta_0}^{\theta_1} k d\theta, \text{ resolviendo: } [-\log_e T]_{T_0}^{T_1} \\ &= [k \cdot \theta]_{\theta_0}^{\theta_1} \quad \text{ " } \quad (-\log_e T_1) - (-\log_e T_0) = \\ &= k(\theta_1 - \theta_0) \text{ de donde } k = \frac{1}{\theta_1 - \theta_0} \log_e \frac{T_0}{T_1} = \\ &= \frac{2'303}{\theta_1 - \theta_0} \log_{10} \frac{T_0}{T_1} \end{aligned}$$

sustituyendo valores y considerando que la esfera de la lava tenga $50 \text{ ms} = 5 \cdot 10^3 \text{ cm}$. de radio, que la temperatura inicial es de $1.200^\circ \text{ C} = 1473^\circ \text{ K}$, que la densidad $\delta = 2'7$, que el calor específico $\rho = 0'3$ y que el tiempo $\theta_1 - \theta_0 = 1$ segundo, podremos calcular

$$K = 6,9683 \times 10^{-6}$$

En posesión del valor de la constante de enfriamiento nos es ya fácil calcular el tiempo que debe transcurrir para que la mencionada esfera se enfríe hasta los 400° C , que actualmente se observan, o hasta los 20° C , que es la temperatura media ambiente

$$T' = 400^\circ \text{ C} = 673^\circ \text{ K}$$

$$6,9683 \cdot 10^{-6} = \frac{2'303}{x} \log \frac{1473}{673} \text{ , } x = \frac{2'303}{6,9683 \cdot 10^{-6}} \log \frac{1473}{673} = 488.336 \text{ segundos} = 135 \text{ horas.}$$

$$T'' = 20^\circ \text{ C} = 293^\circ \text{ K}$$

$$x = \frac{2'303}{6'9683 \cdot 10^{-6}} \log \frac{1473}{293} = 1.050.510 \text{ seg.} = 291 \text{ horas}$$

Según esta teoría (*), un núcleo esférico de lava de 50 ms. de radio, o sea 100 de diámetro, con una temperatura inicial de 1.200° C , tardará en tomar la temperatura ambiente, por el mero mecanismo de la pérdida de energía por radiación 291 horas.

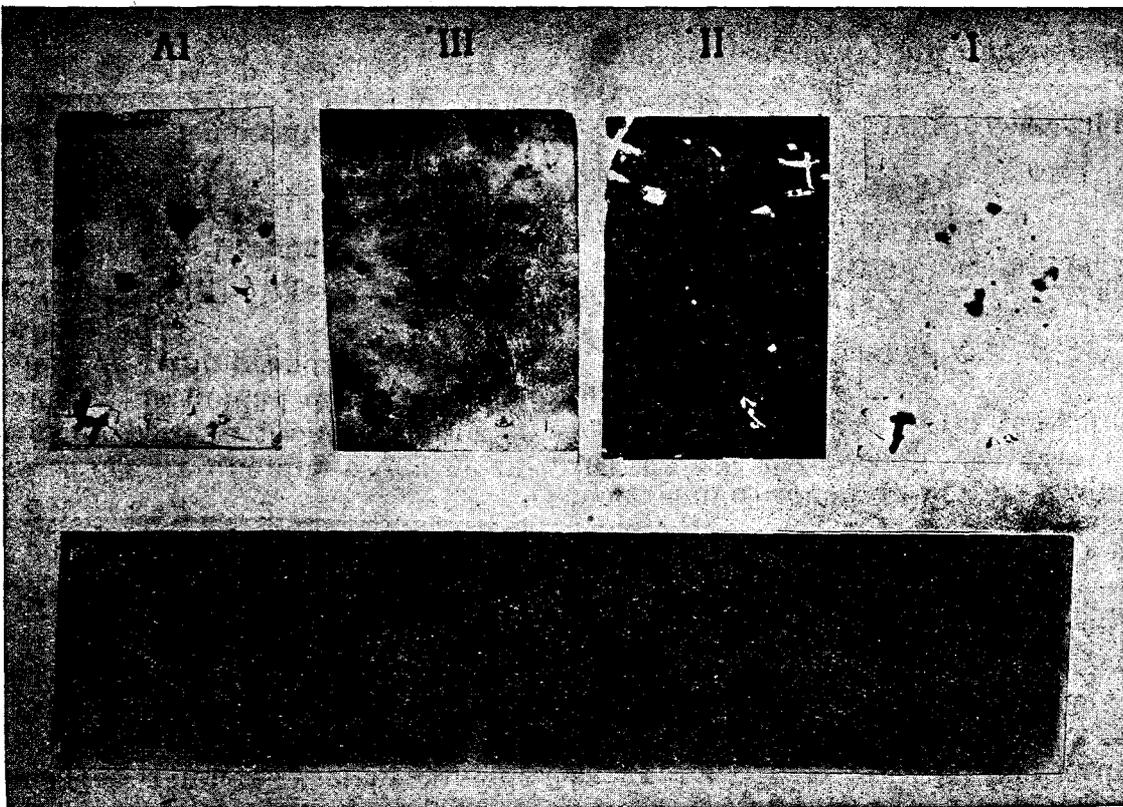
Es, pues, completamente imposible que después de 212 años aún conserve una temperatura de 400° C , suponiendo el origen del fenómeno, que le dió lugar, situado en dicha fecha.

De todo ello deduzco solamente una cosa, que quiero dejar bien sentada en estas páginas:

El enigma sigue siéndolo y es necesario, por lo tanto, investigar más a fondo antes de pronunciarse definitivamente.

(*) Hago hincapié en la palabra "teoría". No ignoro que el problema es mucho más complejo, pues las capas exteriores de la esfera perderán calor más fácilmente que las interiores, y, por ello, será necesario tener en cuenta en los cálculos el gradiente de temperaturas. No obstante, aunque diésemos a los resultados un valor 10 ó aún 100 veces superior, las consecuencias seguirían haciendo absurda la idea de que este núcleo de lava haya podido conservar el calor a través de los siglos.—(N. del A.)

Radiaciones en la Montaña de Fuego



El razonamiento y la exclusión, conducen a considerar, entre otras, la posibilidad de que la causa del fenómeno térmico que tiene lugar en La Montaña de Fuego, sea una desintegración atómica de largo período. Caso único en la Tierra, ello supondría una notable concentración de elementos radioactivos y la lógica y la prudencia se resisten, sin embargo, a admitir, a priori, esta teoría.

No obstante, la intensa fluorescencia violeta que pronto adquiere el vidrio blanco (vasos y botellas rotos) abandonado sobre aquel terreno, sugiere y acentúa esta posibilidad.

El autor recogió cerca de un centenar de muestras de los diversos materiales que sobre el lugar existen, y los pasó por el espectroscopio de un viejo ionómetro de Rayos X, que le proporcionó el Doctor Don José G. Estrada. De todas las rocas, una descargaba el aparato de una manera clara y perceptible.

Se trata de una roca negra, pesada, homogénea y escoriácea, muy rica en sílice y en hierro. Es polvoreada con platino-cianuro de bario no llegó a provocar la luminiscencia de éste, pero, en cambio, dicho producto cambió su color al cabo de unas horas de contacto, virando al verde malaquita intenso.

Posteriormente fue sometida la muestra a la prueba fotográfica en la Clínica del mencionado Doctor. Para ello se cortó una tira de película y se rodeó con dos vueltas de papel negro, del empleado para la protección del material negativo, y el conjunto se colocó alrededor de la roca, sujetándolo con una goma elástica; encerrándolo después en un cajón. Seis días más tarde se reveló la película y ésta (tira superior del grabado) apareció impresionada. Aunque la reproducción no permite distinguir los detalles, en el original puede observarse una fina granulación de bordes netos, cuando la veladura es intensa, y difusa, cuando es más débil. Además puede comprobarse que las oquedades, por estar más alejadas del material negativo, quedan señaladas por una veladura más clara.

Este resultado me impulsó a proseguir los experimentos, dentro de la limitación de los medios a mi alcance.

Para ello se confeccionaron seis cajoncitos de madera y se sujetaron a su fondo sendos sobres de papel opaco conteniendo cada uno un trozo de película pancromática "Cinepan".

Previamente, al trocear el rollo, se tomaron unas muestras de la misma y se revelaron en el cuarto oscuro, para comprobar que el material no estaba impresionado. Los sobres se protegieron parcial-

mente con una lámina de 0,5 m/m de plomo, tres de ellos, dos más con pletina y otros tres se dejaron sin proteger.

Uno de los cajones, el número 3 se enterró unos 30 cm. en el suelo y los otros cinco se depositaron boca abajo sobre la superficie, en distintos lugares donde las emanaciones térmicas eran perceptibles, pero en los que la temperatura no excediese en más de diez grados sobre la del terreno, protegiéndolos con piedras del arrastre por el viento.

A los seis días se recogieron los cajones y el resultado fué el siguiente.

El cajón núm. 1 tenía los bordes inferiores, que estuvieron en contacto con la tierra, completamente carbonizados. El sobre estaba alterado por el calor y cuando la película se puso en el revelador se deshizo en polvo.

El cajón núm. 2, estaba en perfecto estado, sin mostrar la menor alteración. Contenía dos sobres, uno protegido con plomo y otro con pletina. Después de revelados dieron los clichés I y II.

El cajón núm. 3, o sea, el enterrado, proporcionó una sorpresa. Se había señalado su situación con un montón de piedras y el letrero correspondiente. Estos no habían sido tocados, pero del cajón no se hallaron ni huellas.

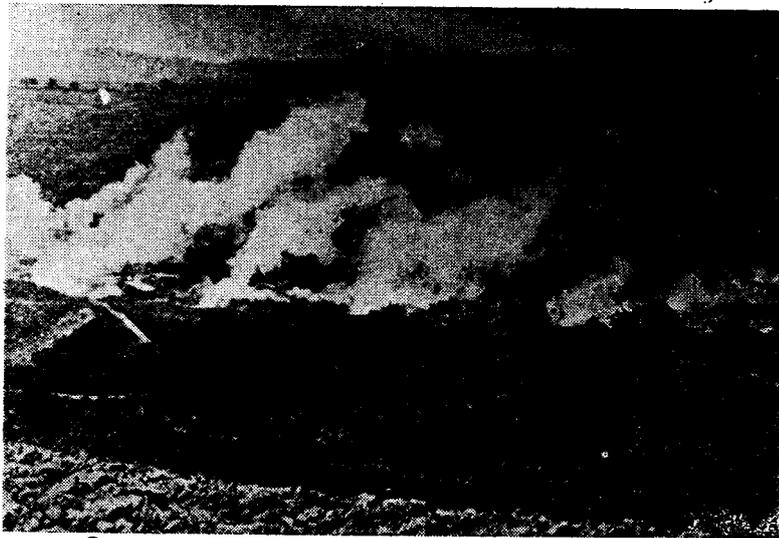
El cajón núm. 4 sufrió también la destrucción de uno de sus costados. El sobre, conteniendo dos placas, una protegida con plomo y otra sin forrar, estaba prácticamente quemado.

El cajón núm. 5, conteniendo una placa forrada con pletina estaba en perfecto estado. La placa dió el cliché IV.

El cajón núm. 6, también estaba en perfecto estado, así como el sobre conteniendo una placa sin proteger, la cual proporcionó el cliché III.

Todo este experimento, desde la prueba de la película, hasta el revelado final, se efectuó bajo el control de una comisión local integrada por los Sres. Villalobos, Abogado y Delegado del Gobierno en Lanzarote; Matallana, Farmacéutico y Presidente del Cabildo Insular; Tenorio, Farmacéutico, Medina, Odontólogo, (que hizo de Secretario en el acta que se levantó) y un fotógrafo profesional, en cuyo laboratorio se cargaron los sobres y revelaron las películas.

El autor se abstiene de hacer, a la vista de estos clichés, otro comentario que el de presentar la consideración de que, está plenamente justificado el que con medios técnicos más adecuados, se efectúe una investigación a fondo.



Larderello.—“El infierno en la Tierra”

Antes de la pasada guerra mundial, cuando las instalaciones industriales aún no habían alcanzado todo su desarrollo.
(Ilustración de la Prensa)

El Tesoro de la Reina Teguisse

Dice la leyenda, o la historia que con ella se confunde, que un naufrago de la Europa del medioevo logró salvar su vida acogiéndose a las playas de una isla que hoy se llama Lanzarote. Era joven, y simpático, y acertó a conmovier el corazón de la hija del Meseguey local. Se casó con ella y la tradición aseguraba que una de sus descendientes sería reina de todo el Archipiélago cuando se casase con un noble barbudo que procedería de allende el mar.

Cuando Juan de Bethencourt, barón de Saint Martin de Gaillant, desembarcó en la isla Graciosa, reinaba en Lanzarote el Meseguey Guadarfia, descendiente de aquel nauta que contrajo coyunda real, y cuando, cumplida la conquista de Fuerteventura, después de someter a los reyes Guixe de Maxolata y Ayora de Jandia, decidió su regreso a Francia, entregó el mando supremo a su sobrino Maciot de Bethencourt, que casó con la hija de Guadarfia, la bellísima Reina Teguisse, quedando así cumplida, en parte, la tradición. Esta llevó en dote al tálamo las riquísimas vegas de Timanfaya, que a la sazón poseían numerosos manantiales de agua dulce, eran abundantes en grano y pastos y estaban salpicadas por la pompa plumosa de las palmeras. Dicen viejas consejas, casi olvidadas, que la Reina Teguisse ocultó en la vieja montaña, a cuya falda se cobijaba otrora el caserío, el tesoro de los mesegueyes, sus antepasados. Dicho tesoro no debiera ver la luz hasta que llegase el momento de rescatar de la pobreza a aquellas islas, y que entonces se derramarían sus riquezas sobre todo el Archipiélago. Cuando esto sucediese, Lanzarote sería la cabeza y el corazón de las Islas hermanas. De la antigua y sagrada Montaña, irradiaría el progreso, la riqueza y el bienestar sobre todas las demás.

Hace doscientos años, un cataclismo asoló aquellas tierras y las convirtió en un lugar maldito, en un paisaje de astro muerto, del que parece haber huido

la vida aterrorizada. Durante seis largos años, la cólera Divina se extendió sobre aquella risueña y fértil comarca, y ocultó bajo un manto de negras cenizas todo su esplendor.

Desde entonces, aquel hosco y tétrico país solo ha atraído a escasos turistas y algunos geólogos, pero la vida, como decíamos, huyó de su superficie sin agua, sin tierra, sin vegetación.

Y sin embargo, la tradición, la vieja tradición guanche, sigue cumpliéndose. Allí se halla el inmenso tesoro que la linda Teguisse enterró para la posteridad. Sólo aguarda las manos que lo saquen a la luz y lo derramen sobre todo el Archipiélago, para que éste recobre su antiguo y, ¡ay!, casi olvidado nombre "DE LAS AFORTUNADAS".

Porque nuestra era se desenvuelve bajo el signo de la industria, y la industria utiliza como única palanca para mover el Mundo, la energía.

El petróleo, el carbón, el agua en las alturas, el viento, el calor del Sol en definitiva, todo es energía. Y este es el verdadero tesoro, unas veces efímero, otras inagotable, con que cuenta la humanidad para labrar su bienestar. Y en las entrañas de la Montaña de Fuego se encierra hace siglos un enorme depósito de energía, que solo aguarda a que alguien la capte, la transforme, la domine, la esclavice, para ponerse a trabajar con la mejor voluntad en provecho del hombre.

No es la primera vez que esto sucede en la historia de la humanidad. Existe en Toscana un valle que se denomina por los italianos "El infierno en la Tierra". Numerosos escapes de vapor blanco-amarillento, que a gran temperatura surge de la tierra, ocultan eternamente, como con una nube, el paisaje. Desde 1904 el hombre condujo este vapor ardiente, por medio de tuberías, al interior de calderas, y, más tarde, éstas alimentaron máquinas y generadores eléctricos.

Actualmente se beneficia un total de 45.000 C.V. y es posible que no se haya llegado al límite de lo explotable, pues las perforaciones captadoras alcanzan solo los 480 metros de profundidad.

Es indudable que, cuando estudios y exploraciones adecuados nos hayan revelado la naturaleza del fenómeno que en la Montaña de Fuego tiene lugar, cuando poseamos ciertos datos sobre la conductibilidad y calor específico de aquellos materiales, cuando conozcamos la distribución de las líneas geoisotermas, o de igual temperatura, en profundidad, se nos plantearán problemas técnicos de captación y transformación de dicho calor en energía eléctrica, con los que jamás se había enfrentado antes el hombre, y que ha de buscarse también la solución por vías nunca holladas hasta ahora.

Pero no creo que las posibles dificultades deban amilanar a nuestros técnicos.

Existe cerca del Vesubio una fuente termal que brota a 85°. A esta temperatura el agua no produce vapor a presión suficiente para mover una máquina, sin embargo el cloruro de etilo hierve a temperaturas mucho más bajas, y calentando con este agua una caldera que contiene dicho producto químico, se desprende abundante vapor capaz de poner en rotación una turbina. Actualmente esta fuente termal acciona, por semejante ingenioso procedimiento, una Central Eléctrica de 250 KW.

Los ingenieros americanos querían alcanzar mayor economía de combustible, utilizando temperaturas más altas, cada vez, con el vapor de agua; pero estas temperaturas tenían un límite, un punto crítico, más allá del cual, no se podía pasar, y entonces ima-

ginaron vaporizar un líquido de punto de ebullición más elevado, el mercurio, que hierve a 357°. Y en Schkenectady se ha instalado una central que quema nafta y vaporiza mercurio, que acciona una primera turbina. El mercurio es condensado con agua, que se vaporiza a su vez, y acciona nuevas turbinas de alta baja presión. El conjunto desarrolla 50.000 KW. y gasta la exigua cantidad de 180 grs. de aceite mineral por KW. hora.

Entre estos dos límites de temperaturas utilizables ¿cuántas soluciones se podrán encontrar!

Sin embargo, acaso la técnica actual pueda trazar nuevos y originales caminos.

Tengo vagas noticias de que un anteproyecto alemán, preveía la construcción de un túnel que, desde la orilla del mar, condujese el agua hasta la base de la montaña. ¿Qué objeto tendría dicho túnel?

Dos respuestas se nos ocurren: Acaso se trataba de conducir con el mínimo dispendio la "fuente fría", el otro elemento indispensable para la transformación del calor en trabajo, a la base de la fábrica. Pudiera tener también por objeto alimentar con agua la gran caldera que se oculta en las entrañas de la colina, para después captar y conducir el vapor producido, por canalizaciones adecuadas, a las máquinas correspondientes.

Sin embargo, es indudable que otras pueden ser también las respuestas.

Mientras tanto el tesoro de la Reina Teguisse aguarda en el fondo de Timanfaya la mano que lo derrame sobre el Archipiélago, como un don de aquella hermosa guanche que siguió la tradición que sus mayores la legaron.

La Hulla Roja

La primera incógnita que nos plantea el aprovechamiento del calor de la Montaña de Fuego, con miras a su explotación industrial como fuente de energía, y habida cuenta de su perdurabilidad con relación a la vida humana, es la de la evaluación de su magnitud absoluta, deducida de la aplicación de las leyes físicas. Aunque los estudios efectuados hasta el momento actual, no han hecho otra cosa que desflorar muy superficialmente la cuestión nos han proporcionado ya datos para efectuar un cálculo apriorístico, cuyos resultados no pueden ser más halagüeños.

Fourier, demostró que si se considera un muro de constitución homogénea, limitado por dos caras planas (Figura 7) y paralelas AB y CD , y aplicamos a una de ellas una fuente de calor constante, éste se transmitirá a su través, pudiéndose recoger en la otra cara. Después de un

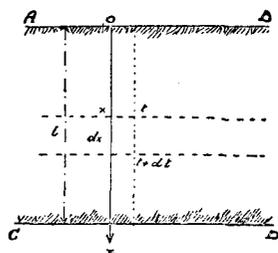


Figura 7^a

cierto tiempo, se llega a un régimen estacionario de distribución de temperaturas y, en este momento, la temperatura de un punto del interior, para una diferencia entre las dos caras solamente de unas decenas de grados, es una función

lineal de x , con mucha aproximación. En este momento una sección del muro recibe por una cara la misma cantidad de calor que pierde por la otra. Estamos en un régimen estacionario de calor fuente y podemos escribir la ecuación:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta \theta} = -K \frac{dS \cdot dt}{dx}$$

Q = cantidad de calor

θ = tiempo

K = coeficiente de conductividad

S = superficie

t = temperatura

x = espesor

Considerando solamente un flujo uniforme de calor a través del muro y a lo largo de una sección invariable, e integrando entre los límites

$$x_1 \text{ y } x_2 \text{ y } t_1 \text{ y } t_2 \text{ tendremos } \frac{Q}{\theta} = -K S \cdot \frac{(\Delta t)}{\Delta x} = -K S \frac{t_2 - t_1}{x_2 - x_1} = -K S \frac{t_2 - t_1}{L}$$

que expresa la conducción del flujo térmico a través de una pared.

En nuestro caso la curva geoisoterma de los 100 grados, aunque no encierra una superficie absolutamente uniforme, tomando el promedio podemos considerarla como tal, y entonces aplicando los datos de:

$t_2 = 360^\circ \text{ C}$, $t_1 = 100^\circ \text{ C}$, $x = 50 \text{ cm}$. y $K = 0,002$ (el mínimo coeficiente de conductividad!), obtendremos

$$Q = \frac{260}{50} \cdot 0,002 = 5,2 \times 0,002 = 0,014 \text{ cal. seg. cm}^2.$$

Los sondeos efectuados arrojan una superficie de 11,5 Hás., comprendidas dentro de esta curva, lo que dá un total de 11.960.000 cal. \times seg.^o y a la hora 43.056 $\times 10^6$ cal. grs. Puesto que una caloría gramo porseg.^o equivale a 4,18 watios y un caballo de vapor a 176 calorías gramo, por seg.^o, esta energía representará unos 68 mil CV, y 438 millones Kwts-hora, al año.

Como se ve esta potencia no es despreciable, y eso que consideramos solamente la intersección con la superficie del suelo, de la esfera de difusión del calor; el resto de las direcciones de propagación, con exclusión de la inferior, representan teóricamente otras cuatro cantidades iguales a la calculada; es decir, que la cantidad de calor difundido por un supuesto núcleo de forma paralelepípedica tanto por sus caras laterales, como por la superior, sería equivalente a 340.000 CV, o bien, a 2.190 millones de Kwts. hora al año. Sin embargo, su captación ofrece serias dificultades, por el mero hecho de que la densidad del flujo, en las circunstancias que señala la superficie del terreno, única conocida actualmente, es muy pequeña.

Las dimensiones de un sistema capaz de captar toda, o una importante parte, de esta energía, serían considerables, y las condiciones de aislamiento térmico exigibles al conjunto, irrealizables. De no existir un sistema de aislamiento severamente eficaz, dada la lentitud con que, por unidad de superficie, fluye la energía, ésta se perdería sin dar su rendimiento.

Así pues, es necesario antes que nada encontrar un sistema de concentrar este calor que actualmente está distribuido en una gran superficie. La presión que una masa ejerce, es inversamente proporcional a la superficie de apoyo.

Análogamente, el efecto útil o «presión» de la energía térmica es función de su nivel en el punto de utilización.

La forma que la geoisoterma superficial de los 100° posee, da la idea de que se trata de una extensa grieta prolonga-

da bilateralmente por estrechos apéndices.

La prospección geofísica dará sin duda datos para deducir con mayor o menor aproximación la constitución tectónica del subsuelo. Estas investigaciones pueden ser completadas por otras de carácter térmico: estudio más profundo y detallado de las temperaturas en la superficie y en los sondeos de foraje que se ejecuten.

Ayudará sin duda a efectuar estos trabajos una nueva técnica puesta a punto en la guerra anterior. La de las radiaciones infrarrojas. Es sabido que la elevación de temperatura por encima de cierto grado, va acompañada de la emisión de ondas electromagnéticas que desde el infrarrojo pasan, en la incandescencia, al espectro visible.

Los rayos infrarrojos son invisibles, pero mediante ciertos artificios se pueden detectar. Es uno de ellos la fotografía: hay ciertas emulsiones, sensibilizadas especialmente con determinados colorantes de absorción, que se dejan impresionar por los rayos infrarrojos. Como son sensibles también al espectro visible, es preciso dotar al objetivo de filtros especiales que no dejen pasar más que los rayos de baja frecuencia u onda larga, o bien, efectuar la toma de vistas de noche, en la oscuridad. En este caso sería preciso situar sobre el terreno, para su identificación, jalones luminosos y como la cantidad de luz es muy escasa y las largas exposiciones producirían imágenes borrosas, es conveniente emplear objetivos de gran luminosidad e incluso la cámara del astrónomo Müller, cuya luminosidad es prácticamente superior a 1 : 1 (apertura del objetivo mayor que la distancia focal). El segundo sistema es el del traductor de imágenes, especie de telescopio electrónico, consistente en una célula fotoeléctrica en conexión con un sistema multiplicador de electrones y una pantalla fluoroscópica, en la que se reproducen las imágenes de los rayos infrarrojos que captó la célula.

Ampliamente utilizado en la telegrafía óptica secreta nocturna, para alumbrar y visualizar con luz invisible objetivos cercanos, para realizar balizamientos secretos, etc., etc., no constituye una dificultad para la técnica. Este telescopio nocturno nos dará una curiosa imagen del terreno en el que éste aparecerá iluminado por sí mismo, con luz propia, surcado de fantásticas vetas fosforescentes, y de muchos lugares se verán ascender nubes de humos luminosos, que se desvanecerán paulatinamente al elevarse llamaradas fugaces que escapan de las grietas. Estas imágenes serán de un valor real para el señalamiento de los lugares de elección para futuros sondeos.

De esta manera veremos, pues, que el aprovechamiento de esta fuente de energía está condicionado en hallar el foco, que poseerá una extensión mayor o menor, pero que, sin duda alguna, tendrá más reducidas dimensiones que la intersección de los divergentes rayos que emite, con la superficie de la Tierra, única cosa que, aunque imperfectamente, conocemos.

Supuesto localizado dicho foco y resuelta la dificultad de llegar hasta él, derivada de la necesidad de perforar y trabajar en rocas sometidas a elevadas temperaturas, nos tendremos que enfrentar con un nuevo problema. ¿Cómo extraer la energía térmica y conducirla a las máquinas que han de transformarla en otra más manejable, como la eléctrica?

En Larderello y en Islandia, la misma Naturaleza se encarga de hacerlo y es el vapor de agua el que surge de las profundidades a elevada temperatura. Sin embargo, en Lanzarote no existe ningún fluido líquido ni gaseoso que se encargue de elevar el calor desde las profundidades. Por ello es necesario aportar este vehículo artificialmente. Desde el primer momento nos imaginamos una especie de gigantesca caldera tubular enterrada en las entrañas de la Tierra, por la cual circula, bien forzosamente o por diferencia de densidades, un líquido que,

al surgir, cede su energía térmica en otra nueva caldera, está ya más común.

Este líquido habrá de poseer características bien especiales. 1.º No ha de atacar el material de que estén construídas las tuberías.—2.º Ha de tener un punto de ebullición muy elevado y una tensión de vapor baja.—3.º Ha de poseer gran conductividad térmica para ceder rápidamente esta energía en la caldera de superficie.

El mercurio, además de muy caro, ataca las tuberías y tiene un punto de ebullición relativamente bajo, 357° C., una gran tensión de vapor y demasiada densidad. No sirve. Las aleaciones fácilmente fusibles a base de plomo, estaño, bismuto, antimonio, mercurio, etc., ofrecen ya mejores perspectivas, aunque su densidad sigue siendo elevada y el eventual enfriamiento en las partes subaéreas, ocasionaría serios trastornos en la circulación.

Es probable que la solución más acertada se encuentre en ciertos productos orgánicos que la actual técnica química suministra corrientemente como el tricresil-silicio, cuyo punto de ebullición a la presión normal es de más de 400° y posee una tensión de vapores muy pequeña, o bien determinadas sales minerales fácilmente fusibles.

Imaginando este sistema de drenaje, se nos presenta inmediatamente una duda. Puesto que, en el fondo, se trata de



El valle de Timisana y el macizo de las Montañas de Fuego.—(Foto Aviación.)

intercambiar la energía para poderla extraer al exterior, y, dado que la conductividad específica del fluido es mucho mayor que la de los materiales térreos y rocas, ¿no se dará el caso de que extraigamos el calor con más rapidez que éste fluya a través de dichos materiales? ¿Y no ocurrirá entonces que éstos se enfriarían?

No hay duda, a primera vista, que así debe suceder. Y la solución surge por dos caminos: o acondicionar la velocidad del fluido extractor a la de paso del calor a través de los materiales, o, ya que se dispone de gran superficie, establecer sistemas alternativos de recuperación del calor.

Sin embargo, el problema no es tan grave como a primera vista parece, pues las condiciones de la conductividad térmica de los materiales refractarios son diferentes a distintas temperaturas, según vamos a ver:

La materia sólida tiende, en general, a agruparse en el estado cristalino. Un cristal, según Bragg, es la repetición en el espacio de un motivo elemental geométrico llamado malla.

Los átomos metálicos pierden uno o varios electrones, ionizándose positivamente, y, por consiguiente, sufren el efecto de fuerzas que los mantienen en su lugar. Los cuerpos no metálicos no pierden fácilmente estos electrones, antes bien, los adquieren, ionizándose negativamente cuando están en la proximidad de los metales.

Si existen electrones sobrantes, éstos forman, al dispersarse entre la red cristalina, una especie de gas electrónico, que juega un papel importante en las propiedades del cuerpo. Los electrones de este gas están animados de movimientos desordenados, pero que se equilibran mutuamente, de forma que entran en una región del cuerpo tantos electrones como salen; de lo contrario, esta acumulación de electrones equivaldría a una carga local. Si estos movimientos aumentan de

amplitud, aun permaneciendo igualmente desordenados, la temperatura aumenta y estos movimientos se propagan de próximo en próximo por choques recíprocos, tanto más fácilmente cuanto haya más electrones; este es el mecanismo de la propagación del calor.

Apliquemos ahora entre dos puntos del cuerpo una tensión eléctrica; los electrones negativos tienen tendencia, a pesar de sus movimientos desordenados, a dirigirse preferentemente hacia el polo positivo, conduciendo así una corriente eléctrica, tanto más fácilmente, cuanto su número sea mayor y sus movimientos propios superpuestos sean menos violentos; en otros términos, que la temperatura sea más baja. La resistencia que el cuerpo ofrece al paso de la corriente, será menor cuanto menor sea la temperatura. Los mejores conductores del calor y de la electricidad, son aquellos cuerpos que tengan aptitudes para liberar el mayor número de electrones, como ocurre con los metales, y especialmente con la plata, el cobre, el sodio, por oposición a los aislantes que están desprovistos de gas electrónico.

La transmisión del calor se efectúa por tres caminos: por conducción, por convección y por radiación. La conducción térmica, cuyo fundamento acabamos de ver, sigue las leyes del «problema del muro» de Fourier, que antes hemos considerado.

Transmisión por convección.—Cuando un cuerpo caliente está sumergido en el seno de un fluido, las partículas elementales de su superficie calientan las moléculas, los átomos o los iones del fluido puestos en su contacto. Cuando un fluido se calienta a presión constante, el volumen del mismo es proporcional a la temperatura. Al calentarse aumenta, pues de volumen y por lo tanto pierde densidad. De esta manera las partes calentadas huyen en dirección opuesta a la de la gravedad, siendo sustituidas por otras masas del fluido más frías y, por lo tanto, más densas, las cuales se calientan a su vez, recomenzando el ciclo.

Esta es la transmisión del calor por convección.

Transmisión por radiación. — Todo átomo «caliente» es un oscilador elemental y emite ondas electromagnéticas. Estas ondas crean un campo, y cuando en él se encuentra otro átomo capaz de oscilar bajo su influjo, lo efectúa. De esta manera la radiación absorbida se transforma nuevamente en calor. Como las radiaciones electromagnéticas pueden transmitirse por el vacío, de aquí que el calor del Sol pueda cabalgar sobre ellas por el espacio cósmico inter-estelar.

La radiación del cuerpo negro.—La ley de la emisión integral del cuerpo negro formulada por Stefan y comprobada y completada por Boltzmann se escribe :

$$E = \sigma T^4 \quad (2)$$

E = radiación integral

T = temperatura absoluta

σ = constante de Stefan-Boltzmann

$$\sigma = (5,66 \pm 0,06) 10^{-5} \text{ erg} \times \text{cm}^2 \times \text{seg}^0 \times (\text{°K})^4 = (1,37 \pm 0,01) \times 10^{-12} \text{ cal} \times \text{cm}^2 \times \text{seg}^0 \times (\text{°K})^4$$

La primera ley de Wien o del corrimiento nos dice que

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = W = 0,288 \pm 0,001 \text{ " } \begin{matrix} \lambda \text{ en cm} \\ T \text{ en } \text{°K} \end{matrix} \quad (3)$$

Teniendo en cuenta estas dos leyes, dibujemos las figuras 8 y 9, que repre-

sentan la repartición de la energía radiante del cuerpo negro en dominios extensos del espectro, por medio de un cierto número de isotermas.

En la figura 8 se han llevado en ordenadas los valores de la energía y en abscisas los valores de las longitudes de onda; en la figura 9 se han llevado en ordenadas y abscisas, respectivamente, los valores de los logaritmos de dichas magnitudes.

La primera figura muestra cómo las áreas determinadas por las isotermas son proporcionales a las cuartas potencias de T .

La figura 8, además del paralelismo y la analogía entre las isotermas, presenta una ventaja particular: Cuando la temperatura crece, se observan los fenómenos siguientes en el sentido de las leyes [2 y 3].

1.º—La energía total E , por consecuencia la superficie limitada por las curvas crece considerablemente.

2.º—La abscisa máxima de λ se desplaza hacia el origen en razón inversa a T y muestra cómo en el dominio de la radiación visible, a corta longitud de onda, la intensidad aumenta más fuertemente que en el dominio del infrarrojo, de gran longitud de onda, para el mismo aumento de la temperatura.

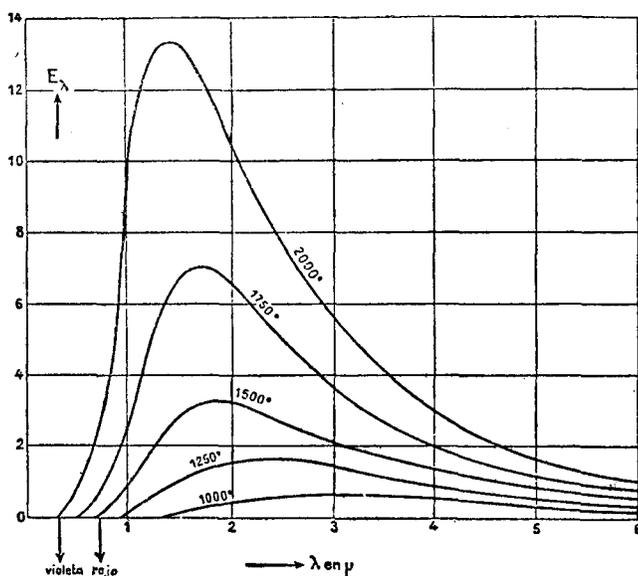


Figura 8ª

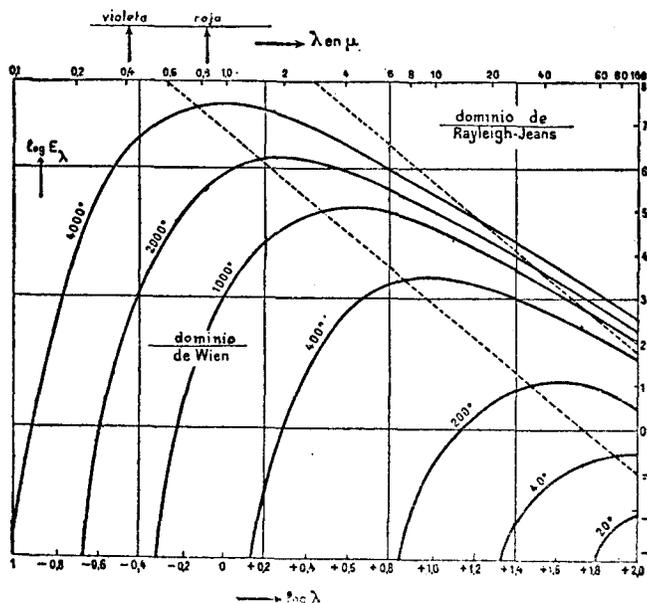


Figura 9ª

Energía específica radiada para una longitud de onda y una temperatura absoluta T dados: La ley de repartición de Wien establece que :

$$E_{\lambda T} = \frac{\alpha}{\lambda^5} e^{-\frac{\beta}{\lambda T}} \quad (4)$$

en las que $e = 2,7182$ „ $\alpha = h c^2$ y $\beta = \frac{h c}{K}$

Esta ley se aplica a las bajas temperaturas y a las cortas longitudes de onda.

Por el contrario, la ley de Rayleigh-Jeans se aplica a las altas temperaturas y grandes longitudes de onda y se expresa

$$E_{\lambda T} = \frac{c}{\lambda^4} K T \quad (5)$$

Para las dos ecuaciones :

λ = longitud de onda

T = temperatura absoluta

c = velocidad de la luz = $2,998 \times 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{sg}}$

k = constante de Boltzmann = $1,3708 \times 10^{-17} \text{ erg.} \times \text{°K}$

h = ídem de Planck = $(6,6198 \pm 0,0037) \times 10^{-27} \text{ erg} \times \text{seg}^0$

En la figura 8, en la que se ha trazado una familia de curvas logarítmicas y que comprende un gran dominio, las zonas de aplicación de las dos leyes están limitadas por las líneas rectas de trazos.

Las leyes de Wien y de Rayleigh-Jeans han respondido de una manera imperfecta a la ley de equipartición de la energía.

Planck ha dado una fórmula que, aunque fundada en la teoría de los «quanta» que está en contradicción con alguna de las conclusiones bien comprobadas de la física clásica, ha sido cuidadosamente experimentada y parece ser que, en el momento actual, es la mejor a todas las objeciones.

Se expresa: $E_{\lambda T} = 3,71 \times 10^{-5} \frac{1}{e^{\frac{1,435}{\lambda T}} - 1}$

La misma notación: e = base de logaritmos naturales.

No resulta oportuno en este lugar entrar en disquisiciones teóricas para de-

mostrar que esta ecuación, que tiene en cuenta la frecuencia de los osciladores, es más completa que la de Rayleigh-Jeans y que, por otra parte, debidamente analizada, también está de acuerdo en sus límites con las de Wien y de Stefan-Boltzmann.

Transmisión del calor de un cuerpo sólido a un fluido En este caso la transmisión se efectúa por convección (caso particular de conducción) y por radiación.

La velocidad de enfriamiento del cuerpo, o sea, el descenso de temperatura en la unidad de tiempo, depende de la diferencia de temperaturas entre el cuerpo y el fluido, de la calidad y magnitud de la superficie de aquél, de la naturaleza, densidad y presión del fluido, del reposo o movimiento de éste, etc.

Newton dedujo de sus experimentos que la cantidad de calor cedida por un cuerpo caliente al fluido que le rodea, es proporcional al exceso de temperatura del cuerpo sobre el fluido. Esta ley se puede expresar :

$$\Delta Q = S. \Delta t. \Delta \theta . K. \quad (6)$$

Q = cantidad de calor

S = superficie

t = temperatura

θ = tiempo

K es un coeficiente de proporcionalidad llamado de conductividad externa o también de emisión, cuando se considera el paso del flujo térmico del sólido al fluido, y de admisión, en el contrario.

Si se trata de dos fluidos separados por un solo sólido de caras paralelas, en régimen estacionario, es indudable que la cantidad de calor admitida por el sólido en contacto con el fluido más caliente, es igual al perdido por emisión por la cara en contacto con el fluido más frío.

En este caso, haciendo uso de la fórmula de Fourier [1] y de la de Newton [6] podemos escribir :

Admisión en la cara fría :

$$Q = K_1 S (T_1 - t_1) \theta$$

Transmisión del calor a través de la pared.

$$Q = K S \frac{t_1 - t_2}{L} \theta$$

Emisión de la cara caliente :

$$Q = K_2 S (T_2 - t_2) \theta$$

Sumando igualdades y simplificando, resulta :

$$Q \times \left(\frac{1}{K_1} + \frac{L}{K} + \frac{1}{K_2} \right) = S (T_1 - T_2) \theta$$

y haciendo $\frac{1}{K_1} + \frac{L}{K} + \frac{1}{K_2} = \frac{1}{C}$ se tiene:

$$Q = C S (T_1 - T_2) \theta \quad (7)$$

El coeficiente C se llama de transmisión y depende de los coeficientes de admisión y emisión, del de conductividad interna y del espesor L .

En el caso anterior de transmisión de calor de un cuerpo a un fluido, si la temperatura del primero permanece constante, por reponerse las pérdidas, el flujo calorífico se deduce, si K es conocido, o viceversa.

Pero si el cuerpo se enfría, a medida que cede el calor, para calcular el enfriamiento se considera un tiempo muy pequeño $d\theta$, en que la diferencia de temperatura Δt , no varía, y entonces tendremos:

$$dQ = K. S. \Delta t d\theta$$

Por otra parte, si llamamos P al peso del cuerpo, C_p a su calor específico y $d t$ al descenso de temperatura en un tiempo muy pequeño $d\theta$ podemos escribir:

$$dQ = -P C_p d t$$

igualando las dos ecuaciones

$$-\frac{d t}{d\theta} = \frac{K S \Delta t}{P C_p} \quad (8)$$

ecuación que indica la velocidad del enfriamiento, que es proporcional a la diferencia de temperaturas, al coeficiente de emisión y a la superficie, e inversamente proporcional al peso y calor específicos.

La cantidad total de calor cedida por

un cuerpo caliente al medio ambiente se deduce por el cálculo y se expresa :

$$Q = \frac{K. S. (t_1 - t_2)}{\log_e \frac{t_2 - T}{t_1 - T}} \theta \quad (9)$$

En las que T es la temperatura ambiente y t_1 y t_2 son las temperaturas inicial y final.

Dulong y Petit y después Provostaye y Darains, comprobaron que la ley de Newton [6] es sólo aproximada para diferencias de temperaturas que no excedan de los 20°, y que era inexacta para diferencias mayores.

Dulong y Petit establecieron las siguientes ecuaciones para la cantidad de calor perdido por convección y radiación.

$$Q_R = H (a^{t_1} - a^{t_2}) \theta \quad (10)$$

$$a = 1.0077$$

t_1 = temperatura del cuerpo

t_2 = idem del ambiente

θ = tiempo

H = un coeficiente

Calor perdido por convección:

$$Q_C = M p^z (t_1 - t_2)^{1.233} \theta \quad (11)$$

M = un coeficiente

p = presión de ambiente

z = un índice, que para el aire es 0'45

Dulong y Petit no determinaron los coeficientes H y M y por otra parte Peclet considera que debía escribirse así, de acuerdo con sus experiencias :

$$Q_R = 124,72 m S (a^{t_1} - a^{t_2}) \theta \quad (12)$$

$$Q_C = 0,552 n S (t_1 - t_2)^{1.233} \theta \quad (13)$$

En los que m y n son los coeficientes de radiación y convección y S la superficie.

La Provostaye y Derains sometieron a ensayo estas fórmulas y tampoco las encontraron exactas. La [11] crece demasiado deprisa para temperaturas elevadas.

Más tarde fué confirmado este aserto por Rosetti, que, asimismo, propuso la siguiente ecuación :

$$\Sigma = (a t_k^2 - b) (t_k - t_k') S \theta \quad (14)$$

En la Σ es la diferencia entre la irradiación recíproca entre el cuerpo y el am-

biente (ley de Kirchorf); a y b dos constantes y t_k y t'_k las temperaturas absolutas del cuerpo y del ambiente. Sin embargo esta ley tampoco es válida mas que hasta 800°; a partir de esta temperatura crece muy lentamente.

Aislantes térmicos:—Se llama así a los cuerpos malos conductores del calor en las condiciones ordinarias de la vida práctica y en la industria.

Considerando el mecanismo de la transferencia del calor a través de un muro de material refractario, suponiendo que este muro esté compuesto de un material sólido y homogéneo relleno de poros de un cierto tamaño, cuando estos poros son muy pequeños habrá una muy pequeña transmisión del calor por convección, ya que la viscosidad del gas contenido es suficiente para impedir las corrientes de una velocidad apreciable. Cualquier transferencia de calor por este medio, puede ser desdeñada. El flujo térmico se translada por conducción a lo largo del material, pero este camino no ocupa la sección del mismo, ya que los poros reducen su sección.

A bajas temperaturas no existe la transmisión del calor a través de los poros por radiación.

Muy distinta es, sin embargo, la conducta del material peor conductor a bajas temperaturas cuando se le somete a la acción de altas temperaturas.

En primer lugar, los poros rellenos de gas dejan de representar un obstáculo para la transmisión del calor por convección. En efecto vemos de la fórmula [11] que la transmisión del calor por este procedimiento es función de p^z , siendo z un número positivo menor de la unidad. Más como en recipiente cerrado, o sea, a volumen constante, las presiones son directamente proporcionales a las temperaturas, a altas temperaturas estas presiones han de ser considerables. De la ecuación [12] se deduce que la emisión integral por radiación es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta y, por lo tanto, a temperaturas elevadas el calor

transmitido por radiación adquiere también valores elevados.

Pero no es esto solo; hemos visto en dos ecuaciones que el calor específico interviene en ellas como dato. Ahora bien, el calor específico es una variable que aumenta de magnitud a las altas temperaturas.

Será preciso estudiar detenidamente los distintos materiales desde diversos puntos de vista. Densidad, porosidad, tamaño de los poros, en relación con el volumen total del material, forma de los poros, según que ocupen los espacios entre partículas, más o menos redondeadas y aglomeradas (tosca), o estén formados por cavidades celulares (escorias); permeabilidad del material a los gases, así como calor específico, poder emisor como radiador, conductividad térmica interna y externa, etc., todo ello experimentado a distintas temperaturas.

Así por ejemplo: el ladrillo de Magnesita que a 200° tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0,003, a 1000° lo tiene de 0,04 (Van Rosem) y la arcilla porosa refractaria que lo tiene de 0,00079 a 200° lo eleva a 0,002 a 1000° (Newton).

Se puede, pues, prever que a las grandes temperaturas a que se encontrarán las capas interiores, es casi seguro que las condiciones de conductividad térmica de los materiales permitirán un rápido drenado del calor.

Otro problema lo plantea la clase de material a emplear en estas tuberías que han de estar sometidas a altas temperaturas y a la acción de gases corrosivos. Tendrán que poseer una gran indiferencia a los agentes químicos y ser insensibles a dichas temperaturas. Afortunadamente los nuevos aceros al nitrógeno, aleados con cromo y níquel, además de ser relativamente económicos, poseen estas propiedades.

La conversión de la energía térmica en eléctrica, en la situación en que actualmente se halla la técnica, y mientras no se realice prácticamente el sistema Kayserling, habrá de transcurrir por el paso obligado de su transformación intermedia en energía mecánica.

Pero las turbinas de cualquier tipo que sean, han de contar, además de la fuente caliente, con una fuente fría, pues, a la postre, es el salto de temperatura lo que se aprovecha.

En nuestro caso la instalación de una central térmica habrá de pasar por dos etapas.

En la primera habrá de preceder a todo, la instalación de unos aerogeneradores que proporcionen la energía necesaria para elevar el agua del mar, por medio de unas bombas, hasta los 350 ms. a que se encuentra el cráter de un volcán extinto, situado en las inmediaciones y que servirá de depósito. Construída la central térmica de reducida potencia, la condensación del vapor de las turbinas se efectuaría en torres de ventilación forzada, sistema Balke, o de chimenea. Una vez en funcionamiento la térmica, pueden desconectarse los aerogeneradores, ya que ella misma se proporcionaría la energía necesaria para bombear el agua

para reponer las pérdidas por evaporación.

2.ª etapa. Cuando la obra estuviese lo suficientemente adelantada para construir las canalizaciones de agua dulce, una de ellas pasaría por la central térmica y proveería a las necesidades de la refrigeración. En este caso, bombas y tuberías pueden ser retiradas para su utilización en otro lugar.

Por último, esta central térmica, previendo la consecución de altas temperaturas en la caldera, podrá estar integrada por un doble sistema de vapor de mercurio, seguido de una turbina de vapor de agua que utilice el formado en la condensación del anterior, método que está demostrado es el que mayor rendimiento proporciona en la actualidad de todos los conocidos, y que es empleado cada vez con mayor frecuencia en las nuevas y grandes centrales térmicas establecidas en los E. E. U. U., en vista de los resultados obtenidos en la instalación efectuada por la G. E. en Schkenectady.

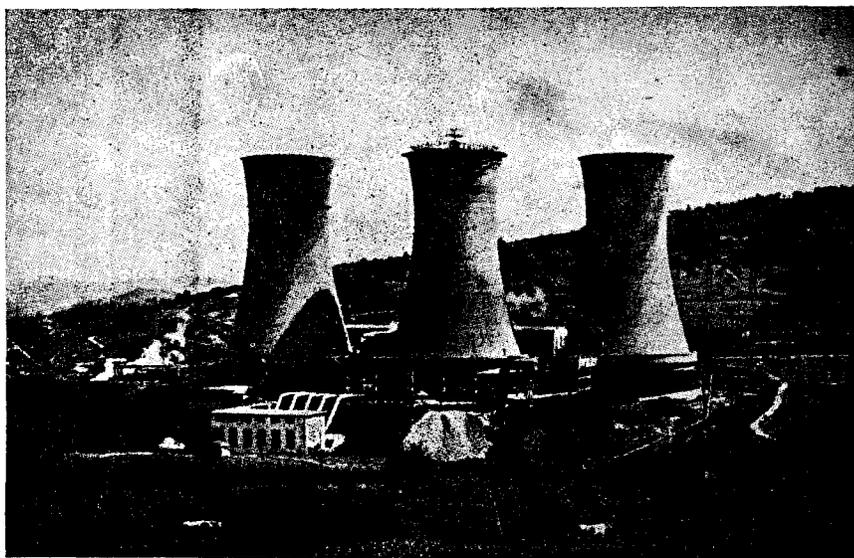


Existe en Toscana un valle que es conocido con el nombre de "Infierno en la Tierra" o valle del Infierno, en donde numerosos chorros de vapor de agua, cargado de ácido bórico, se escapan silbando de entre las grietas de la tierra. El Conde de Larderel, un emigrado francés que huyó de su patria cuando

la Revolución, se estableció en este Valle y fundó una explotación para el aprovechamiento del ácido bórico, que continuaron sus sucesores durante cuatro generaciones. Eran los "soffionis" y los "lagonis" descritos en los viejos tratados de Química. Por el año 1904 se le ocurrió a alguien conducir el vapor a una máquina de émbolo de 40 HP de fuerza, que funcionó admirablemente contribuyendo, no solamente a mover la instalación de aprovechamiento del ácido bórico, sino una laminadora de plomo y un generador eléctrico. Sin embargo, cuando estas instalaciones, que aprovechaban la fuerza expansiva del vapor, quisieron ampliarse, se tropezó con la grave dificultad del fuerte poder corrosivo de esta clase de vapores que, a altas temperaturas, arruinaban los materiales de que estaban construidas las máquinas. Esta dificultad se subsanó haciendo pasar el vapor a través de serpentines de plomo que, a su vez, vaporizaban el agua dulce de las calderas que habían de proporcionar nuevo vapor limpio a las máquinas. Al comenzar la guerra de 1.914, se beneficiaban así explotaciones con un poder de 12.000 HP, más el incremento de necesidades que la contingencia bélica aportó, influyeron sobre la ampliación de estas instalaciones que llegaron a proporcionar, al final de la misma, 20 mil HP y, más tarde, al principio de la última contienda mundial, hasta 35.000. Las perforaciones para captar los vapores que, al principio, sólo alcanzaban unas decenas de metros, fueron aumentando hasta 480, mientras que el vapor que al principio, emergía a 160 grados de temperatura y en una proporción de 40.000 kilos, aumentó a 200 grados y en una proporción de 250 mil kilos. El promotor de todos estos experimentos y ampliaciones fué el príncipe italiano Ginori Conti y el primer gran pozo que se perforó lo fué en el año 1931. Más tarde Larderello pasó al dominio de los ferrocarriles del Estado italiano y se invirtieron grandes capitales tanto en la perforación de nuevos pozos como en las instalaciones para el aprovechamiento del vapor. Al final de la segunda guerra mundial los alemanes destruyeron estas instalaciones, volando los equipos de taladrar y los generadores y destapando los chorros para que el vapor se perdiese. El Plan de Rehabilitación Económica Europeo acogió bajo su protección la restauración y reconstrucción de las instalaciones de Larderello que, con la ayuda de la técnica y el capital yanqui, haciendo uso de equipos de taladrar más modernos y generadores de mayor capacidad, pronto se puso en condiciones de proporcionar a Italia el 8% de la fuerza motriz que se utiliza en toda la Península. Actualmente está conduciéndose el vapor que se desprende del mayor de los pozos abiertos, que alcanza 550 metros de profundidad, a los nuevos generadores instalados, aumentándose así la capacidad de producción en un 5% más. Este pozo tiene un diámetro de 60 cm., y el vapor brota con una velocidad de 370 metros por segundo. Cada una de estas instalaciones ocupa alrededor de media hectárea y hasta el momento actual hay cinco de ellas, pero no se han agotado todas las posibilidades.

Se trata en realidad de un volcán latente que no debe de estar a una gran profundidad ya que lo más probable es que el vapor que emerge está producido por el agua de percolación procedente de la superficie subaerea. A pesar del largo tiempo transcurrido desde que empezó a beneficiarse, de las enormes masas de calor que se desprenden, los estudios y observaciones más cuidadosas y concienzudas no han logrado descubrir la más pequeña disminución ni desfallecimiento en esta provisión de energía.

Los forages para captar el vapor, se efectúan por medio de trenes de perforación semejantes en un todo a los utilizados en los trabajos corrientes petrolíferos. Sin embargo, en las últimas porciones



de su recorrido, la temperatura de la tierra va subiendo rápidamente y se plantean problemas de taladro de rocas que se encuentran demasiado calientes para permitir la refrigeración y lubricación de los trépanos, así como la extracción de los lodos que se encuentran hirviendo.

Es indudable que existe una enorme analogía entre la explotación de "hulla roja" de Larderello y las posibilidades que la Montaña de Fuego nos ofrece, una vez hayamos estudiado a fondo la naturaleza íntima de este curioso fenómeno geológico.

(Fotos de la Prensa)

El Compadre Eolo Echa Una Mano

Lanzarote y Fuerteventura son dos barcos anclados en la orilla del Atlántico. Si les pusiésemos unas velas de tamaño adecuado, echarían a andar hacia el Sur si no fuese porque están pegados al fondo del Océano. Pero no sería porque el viento no empuje fuerte y constantemente.

El mofetudo dios-fuelle, sopla por aquellos parajes con una regularidad y una persistencia dignas del mayor encomio. Claro está que este soplido continuo impide, o por lo menos dificulta, el que crezcan los árboles; además es un poco avaro de la escasa humedad que contiene, tan avaro que hay que robársela materialmente por medio de esa arena volcánica negra que se llama picón, porque cederla de buen grado, este soplido eólico que se conoce con el eufónico nombre de alisio, desde luego no la cede.

Pero, en fin, ahí está el viento que no desmaya un sólo día, que acude regular y metódico como un buen trabajador alemán. No encuentra un sólo obstáculo en su camino y discurre bajo, muy bajo, secando las arenas de las playas norteñas, levantándolas sobre las islas, arrastrándolas a su ancho y volviéndolas a sumergir en el mar por sotavento.

En otras islas, como por ejemplo en Tenerife, encuentra montañas, barrancos, valles y otros accidentes, y se arremolina, asciende, se agolpa, se agita, choca, y aquí deja su agua al enfriarse, allá se calienta, en otro sitio corre presuroso o, más allá, se ramansa. Pero en estas Islas Orientales el alisio se debe aburrir mucho.

Ha nacido hace poco, allá por el paralelo 35, y ha viajado por encima del mar. Sólo ha visto los inhóspitos y minúsculos islotes Salvajes, donde hacen descanso en su deambular las aves marinas, y, de pronto, encuentra nuestras islas.

"He aquí la tierra", se dice, y se promete insospechadas aventuras. Pero no sucede nada. Ni

siente la caricia de la melena de unos árboles que mesar con sus dedos invisibles, ni encuentra callejones por donde correr aullando, ni montañas que empujar. Apenas los torbellinos de aire caliente le hacen ligeras cosquillas en el vientre, al ascender. Solamente cuando tiene prisa, acaba con la boca llena de arena, que lava en el mar.

Sin embargo, si se le entretuviese un poco, se pondría a jugar, como un niño que es, haciendo girar las áspas de los molinos.

Los norteamericanos, que son muy prácticos, han instalado en los montes de un Estado llamado Vermont, unos grandes artefactos de esta clase con unos brazos gigantescos, hechos de alas de aeroplano de bombardeo, y sacan su provecho. ¡Cómo que cada molino de esta clase proporciona 1.300 caballos de fuerza!

Los rusos también han instalado en Crimea aerogeneradores semejantes, y no pasará mucho tiempo sin que Dinamarca, que no tiene carbón ni saltos de agua, construya también muchos aerogeneradores de la misma clase, que transformen la fuerza del viento en electricidad.

Pero las circunstancias que se dan en Lanzarote y Fuerteventura son excepcionales. Un ingeniero alemán, Honef, dedicó su vida a estudiar esta clase de máquinas, y aseguró que las mejores condiciones de instalación se encontraban en el mar, donde ningún obstáculo perturba la marcha del viento. Pero en todo caso había que buscar la altura por medio de costosas instalaciones. Aquí estamos prácticamente en medio del mar y el alisio sopla tan bajo que no es necesario subir mucho para encontrarlo en toda su fuerza. Cualquier colinita sirve.

Mientras tanto los ingenieros han aplicado los estudios de la aerodinámica, fundamentales para la aviación, a la construcción de las modernas turbinas

aéreas, y estas son ya casi perfectas como máquinas, pues entregan un sesenta por ciento de la energía recibida.

He leído en una obra francesa que en la Exposición de Chicago de 1935 se utilizaron dos aeroturbinas con palas de ciento cincuenta metros de diámetro y montadas sobre torres de 600 metros de altura, con una potencia de 75.000 C.V.

No es necesario recurrir a la construcción de estos monstruos. La multiplicación de pequeñas instalaciones de 500 C. V. a todo lo largo de las colinas que corren perpendiculares a la dirección dominante del viento en ambas islas, bastaría para proporcionarnos muchos miles de kilowatios.

Los problemas de acoplamiento de las aspas al generador eléctrico, el especial diseño de éstos, cuyos rotores han de girar a velocidad moderada, así como la regulación de la velocidad de rotación de las aspas, que ha de ser constante, y su orientación, están resueltos por la técnica moderna. Sin embargo, hay otros problemas que es necesario estudiar. Por ejemplo, al compadre Eolo, a veces le dá por dormirse. Esto no sucede con frecuencia en estos lugares, y sus descansos no duran corrientemente más de unas horas, pero ya se comprenderá que el consumo de fluido eléctrico no puede estar a merced de sus caprichos. ¿Cómo podríamos imaginar a una industria sometida al mismo régimen de marcha que los antiguos barcos veleros?

Es necesario concebir una especie de muelle elástico, que almacene energía cuando ésta se produce

con exceso y nos la devuelva a medida que vayamos necesiéndola.

Y esto puede conseguirse fácilmente. Cuando nos sobre energía eléctrica podremos elevar agua por medio de unas bombas hasta una altura, por ejemplo, allá por Haría, en el Risco de Famara, donde se construiría un embalse. Cuando Eolo se durmiese, ¡qué remedio!, le dejaríamos descansar, pero el agua del embalse accionaría unas turbinas situadas 400 metros más abajo, al pié del acantilado, y seguiríamos teniendo el fluido que necesitásemos.

Sin duda no podríamos establecer otra presa en Fuerteventura. Esta instalación es cara. Pero la conexión eléctrica entre las dos islas a través de la Boscaina, tan estrecha (10 millas) y tan poco profunda (40 metros) es un juego de niños para los ingenieros de hoy.

En fin, la consecuencia de todo esto es que, poniéndole juguetes en el camino a ese niño-gigante que es don Eolo, podemos hacerlo trabajar un poquito y con esta energía y la que saquemos de la Montaña del Fuego, reuniremos ya una cantidad respetable. ¿Cuánta...? No lo sé. Es muy pronto para contestar.

Pero si puede asegurarse que el costo de esta energía no será muy elevado, mejor dicho, será mucho más económica que la extraída en otros lugares. Y ello será así porque la Central térmica no consumirá combustible y la eoliana, a diferencia de las hidráulicas, no necesitará hacer los enormes gastos que la instalación de las grandes represas demandan.

¿Y después qué...?

Aerogeneradores

El viento, es decir, el aire en movimiento, es una fuente de energía considerable y barata que se ha utilizado por el hombre desde los tiempos más remotos. Las velas de los barcos y los molinos aparecen casi en la infancia de las civilizaciones del Oriente Medio y Próximo.

La aparición de la hulla negra y de la hulla blanca ha dejado, sin embargo, de lado su explotación, fundando este olvido voluntario del hombre en su aparente inconstancia, de la que la veleta ha venido a constituir el símbolo. Sin embargo, esta irregularidad e inconstancia del viento es solamente aparente, pues si se estudia su dirección y velocidad en un período de tiempo suficientemente largo, podrá observarse que las variaciones anómalas se apartan únicamente una pequeña fracción o tanto por ciento de las variaciones normales y regulares.

Como quiera que la potencia del viento es proporcional al cubo de su velocidad, la velocidad media del viento en una región nada nos indica sobre aquélla; para que pueda comprenderse esto, supongamos un viento regular cuya velocidad sea de 8 m/s. Su energía podemos representarla por 512. Si ahora consideramos que durante media hora el viento tiene una velocidad de 3 m/s. y la otra media de 13 m/s., la energía estará ahora representada por

$$(3^3 + 13^3) : 2 = 1114$$

y sin embargo la velocidad media del viento sigue siendo 8 m/s.

En la utilización de esta energía las fórmulas de su aplicación a las máquinas consideran siempre el cuadrado de la velocidad; por lo tanto, para calcular el viento medio eficaz habrá que tener en cuenta, no solamente la velocidad sino la frecuencia.

Para ello se hace uso de la fórmula

$$V_{me} = \sqrt{\frac{V_1^2 C_1 + V_2^2 C_2 + \dots V_n^2 C_n}{C_1 + C_2 + \dots C_n}}$$

Siendo V_{me} la velocidad media eficaz, V las velocidades medias absolutas y C las frecuencias.

En lo que a Lanzarote se refiere, faltan algunos datos de frecuencias para poder efectuar estos cálculos (1) pero en cambio las poseemos del Observatorio de Gando, en Gran Canaria, de condiciones climatológicas semejantes, y con ellos se ha confeccionado el gráfico de la fig. 9.

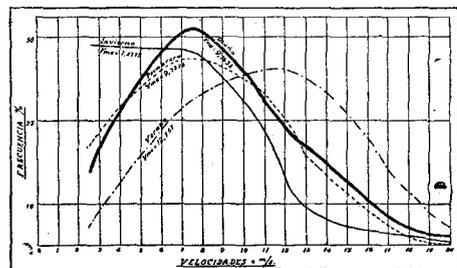


Figura 9
Gráfico de las frecuencias del viento en el Observatorio de Gando (G. Canaria)

(1) Por falta de suficientes datos en las observaciones aerológicas, que se efectúan desde hace pocos años, puede darse a título de orientación y co-

Las velocidades medias eficaces del viento son, pues, en el estrato de los 200 ms.

Invierno	$V_{me} = 7,2775$
Primavera	$V_{me} = 9,3624$
Verano	$V_{me} = 12,767$
Otoño	$V_{me} = 9,0133$

Siendo la velocidad anual del viento eficaz = 9,6764.

La presión dinámica del aire es la energía cinética de su masa en movimiento y podemos expresarla por

$F = \frac{\mu}{2} \cdot S \cdot V^2$, siendo μ su masa específica, S , la superficie sobre que actúa y V la velocidad.

Como quiera que la densidad del aire varía con la presión, temperatura y contenido de agua, ha sido preciso adoptar para los cálculos una densidad tipo. Esta es la de una atmósfera que, al nivel del mar, a una presión de 76 cm. de mercurio, y a una temperatura de 15° C. pesa por m.³, 1,225 kgs. Pero como la masa específica es igual al peso específico dividido por la aceleración de la gravedad, resulta que dicha fórmula puede sustituirse por la siguiente :

$$F = \frac{e}{2g} V^2 S = \frac{1,223}{2 \times 9,81} V^2 S = \frac{1}{16} V^2 S$$

mo primera aproximación los siguientes resultados, correspondientes al Observatorio de Guazimeta:

		ms./s ⁰				V_{me}
		1,7	7,4	14	20	
FRECUENCIAS	Invierno	21,76	45,69	28,66	3,85	9,86
	Primavera	10,01	27,41	48,99	13,54	12,865
	Verano	8,63	17,08	48,62	25,68	14,405
	Otoño	11,54	54,76	30,61	2,86	10,075
		$V_{me} \text{ an.} = 11,936$				

V_{ma} = Velocidad media absoluta
 V_{me} = " " " eficaz
 an. = anual

De aquí se deduce que, en principio, un plano vertical que tenga una superficie de 100 m.², y que a lo largo del año recibe normalmente un viento cuya velocidad eficaz media es de 8 m/s., soportará :

$$F = \frac{1}{16} \cdot 8 \cdot 100 = \frac{8760}{75} = 46.717 \text{ CV-hora.}$$

Los ingleses han calculado que la potencia media contenida en la atmósfera terrestre es de 3.10¹⁷ Kw. Los americanos estiman que la parte utilizable sobre su territorio sería de unos 20.000 millones de Kw. Un cálculo francés estima que en su país podrían captarse con los medios actualmente en práctica, y habida cuenta de sus coeficientes de rendimiento, 37 × 10¹¹ Kwatts-hora anuales

En un molino de viento tipo holandés, el empuje de éste sobre la superficie vélica del aspa se verifica de la siguiente manera :

Sea L (fig. 10) un elemento lineal de dicha superficie sobre la que incide el viento, según un ángulo i . La sección del

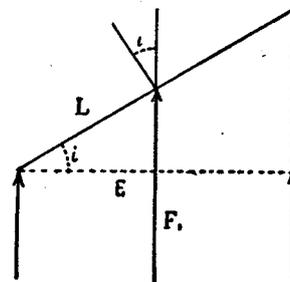


Figura 10

chorro de aire estará determinada por el elemento lineal E normal a su dirección.

El valor de la energía cinética del viento será :

$$F_1 = \frac{\mu}{2} V^2 (E)^2 = \frac{\mu}{2} V^2 (L \text{ sen } i)^2 = \frac{\mu}{2} V^2 S \text{ sen}^2 i$$

La fuerza F_1 (Fig. 11) puede considerarse descompuesta en otras dos: una normal a la superficie de la vela, y otra, F_2 , paralela a ella, y que representa el viento que escapa por el borde de salida.

$$F_2 = F_1 \cos \alpha = F_1 \text{ sen } i = \frac{\mu}{2} V^2 S \text{ sen}^2 i \text{ sen } i = \frac{\mu}{2} V^2 S \text{ sen}^3 i$$

Ahora bien, como la pala es giratoria alrededor del eje E . E' , esta fuerza F_2 es la resultante de otras dos: F_1 normal a dicho eje y que hace girar la pala y F_4 paralela a él y que comprime el conjunto contra el cojinete.

$$F_3 = F_2 \cos i = \frac{\mu}{2} S V^2 \text{sen}^3 i \cos i, \quad F_4 = F_2 \text{sen } i = \frac{\mu}{2} V^2 S \text{sen}^4 i$$

Consideremos la fórmula de F_3 , que es la fuerza motriz. Se ve que en ella hay

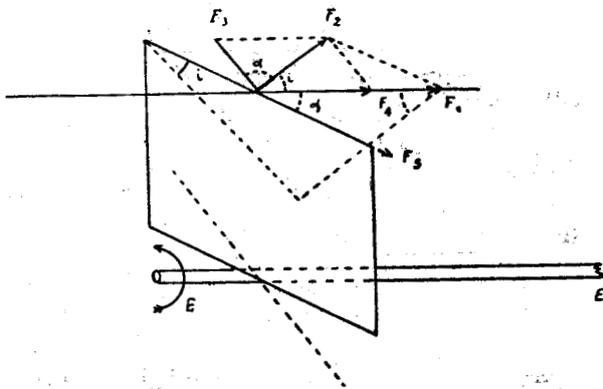


Figura 11

una variable y tres constantes. La variable es V , velocidad del viento, y las constantes μ masa específica del aire, S superficie de la vela e i ángulo que forma el aspa con la dirección del viento. Como el mayor valor de $\text{sen}^3 i \cos i$, corresponde a un ángulo de 65 grados, éste será el más favorable.

Supongamos ahora un molino de cuatro aspas cuya superficie es de 10 m.² cada una, estando el centro de presiones situado a 5 m. del eje de giro, y vamos a calcular la potencia rendida con un viento de 8 m. por segundo, así como el empuje que recibe el eje

$$F_3 = \frac{1}{16} \cdot 10 \cdot 64 \cdot \text{sen}^3 i \cos i = 12,975$$

$$P = M \cdot n = F_3 \cdot d_m \quad n = 12,975 \times 5.4 = 259,5 \text{ Kgs. sg.}^0$$

$$F_4 = \frac{1}{16} \cdot 10 \cdot 64 \text{sen}^4 i = 22,50$$

$$R = F_4 \cdot n = 22,50 \times 4 = 90,20$$

En el molino multipala tipo ameri-

cano, la superficie es un anillo y se calcula (fig. 12)

$$S = \pi R^2 - \pi r^2 = \pi(R^2 - r^2) = \pi [(R+r)(R-r)]$$

$$\left. \begin{aligned} R-r &= d \quad d = \frac{4}{5} R \quad \text{,,} \quad R = d+r \\ r &= \frac{R}{5} \quad \left. \begin{aligned} d &= 4r \quad \text{,,} \quad r = \frac{d}{4} \end{aligned} \right\} S = \pi [(d+r+r)d] = \\ &= \pi [(d+2r)d] = \pi (d^2 + 2dr) = \pi \left(d^2 + 2d \frac{d}{4} \right) = \\ &= \pi \left(d^2 + \frac{d^2}{2} \right) = \pi \frac{3}{2} d^2 \end{aligned} \right.$$

$$F = \frac{1}{16} V^2 \pi \frac{3}{2} d^2 \text{sen}^3 i \cos i, \quad P = F \cdot p.$$

Siendo p el brazo de palanca del momento de giro, o sea la distancia del centro de giro al punto de aplicación de la resultante de las fuerzas. Este punto estará situado a una distancia tal que las fuerzas activas exterior e interior sean equivalentes, es decir, tengan la misma área.

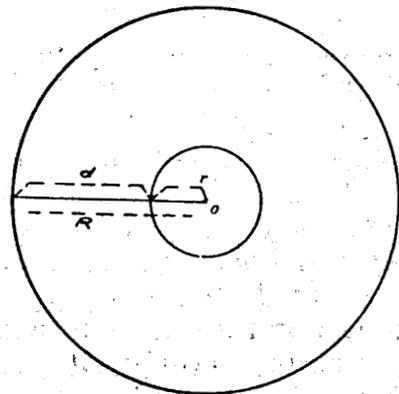


Figura 12

Sea x , dicha distancia. Los dos anillos parciales en que se habrá dividido el anillo general serán:

$$\pi(R^2 - x^2) = \pi(x^2 - r^2) \quad \text{,,} \quad R^2 - x^2 = x^2 - r^2$$

$$2x^2 = R^2 + r^2 = \left(\frac{5}{4}d\right)^2 + \left(\frac{d}{4}\right)^2 = \frac{25}{16}d^2 + \frac{1}{16}d^2 = \frac{13}{8}d^2$$

$$x = d \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{d}{4} \sqrt{13} \quad \text{y sustituyendo:}$$

$$P = \frac{3}{32} \pi d^2 V^2 \text{sen}^3 i \cos i \frac{d}{4} \sqrt{13} =$$

$= \frac{3}{128} \pi \sqrt{13} V^2 d^3 \text{sen}^3 i, \text{cos} i$ y utilizando el ángulo mas favorable $i=65^\circ$ „ $P=0,086217 d^3 V^2$

En el caso del molino holandés de cuatro aspas de 10 m.² y un viento de 8 metros por segundo, teníamos que, con un radio de 10 metros, la potencia obtenida era de 259,5 kgrms. por segundo. Para lograr la misma potencia con un molino multipala americano necesitamos:

$d = 3,6068$, siendo $R = 4,5085$ y $r = 0,9017$ su superficie sería mayor de los 40 m.² que tendría el molino holandés.

La superficie equivalente de los 40 m.² exigiría:

$d = 2,9135$, siendo $R = 3,642$ y $r = 0,7285$ lo que proporcionaría una potencia

$P = 136,46$ Kgrms. por segundo

Una rueda americana de 10 m. de radio tendría:

$d = 8$ m. $R = 10$ m. $r = 2$ m.

y proporcionaría una potencia de 2825 Kgrms por segundo = 37 CV = 28 Kw.

Se ve, pues, la enorme ventaja de multiplicar el número de palas del propulsor, o sea la superficie activa.

Pero estas potencias y estos rendimientos son harto pequeños, aunque el hecho de ser el viento gratuito haga sospechar la baratura de la transformación de su energía; actualmente, como consecuencia de los rápidos y gigantescos progresos de la aviación, ha cobrado un enorme desarrollo una nueva rama de la Física, la Aerodinámica, con cuya ayuda y de una manera poco profunda, voy a tratar de estudiar los diversos problemas que las aeroturbinas y sus derivados, los aerogeneradores, nos plantean.

TURBINAS DE EJE HORIZONTAL

Los conocidísimos molinos de viento, que transforman la presión dinámica de éste en el movimiento de rotación de un eje, parece que tienen el propósito de ponernos ante los ojos la solución más lógica y sencilla para el aprovechamiento

de la energía en cuestión. Asimismo, la analogía de un molino con la hélice de un aeroplano y el aforismo físico de que «es indiferente imaginar que el fluido esté en movimiento respecto al sólido o que éste lo esté respecto al fluido», hace suponer que todo lo que para las hélices se estudió en aerodinámica le será de aplicación a las palas de las aeroturbinas, pero nada más lejos de la realidad.

Como más adelante se verá, la hélice tractora o propulsora de un avión recibe el viento tangencialmente y según una normal al eje, de forma que la corriente aérea axial engendrada, es sólo una consecuencia indirecta de su funcionamiento, mientras que en los aerogeneradores de eje horizontal la corriente aérea propulsora es paralela a dicho eje y no existe corriente tangencial.

Sin embargo, antes de comenzar un análisis de los elementos que integran esta clase de turbinas, creo debo recordar brevemente algunos principios que sirvan para fijar las ideas.

Modo de actuar el viento sobre un sólido.—Cuando el viento actúa sobre un obstáculo, la presión que ejerce sobre un elemento de superficie, en general, no es normal a la misma y puede considerarse compuesta por una fuerza normal (presiones piezométricas) y otra fuerza tangencial debida al frotamiento interno del fluido (tensión tangencial). La resultante de todos los componentes normales correspondientes a todos los elementos del cuerpo, da la resistencia de presión, y la resultante de todas las componentes tangenciales, da la resistencia de frotamiento. La resistencia del medio es la resultante de la resistencia de presión y la resistencia de frotamiento.

Supongamos un movimiento estacionario del viento en que \bar{u} es constante, y que el cuerpo contra el que choca es de forma y orientación simétricas. Cuando las velocidades de \bar{u} pasan de un cierto valor crítico, las líneas de corriente no tienen tiempo de adaptarse a

la superficie del sólido, ni de cerrarse detrás de él.

En su parte posterior queda como una cola enrarecida, origen de torbellinos. Se forma una estela turbulenta.

En este caso la resistencia del medio es grande, siendo principalmente debida a la resultante de las resistencias de presión (presiones piezométricas), mientras que la resultante de las tensiones de frotamiento (para cuerpos pulimentados) es despreciable. La resistencia depende de la masa específica μ del fluido y es aproximadamente proporcional al cuadrado de la velocidad u ; el frotamiento interno η no tiene influencia sensible.

Plano perpendicular a \bar{u} . Perfil corriente-lineo.—Consideraremos, dentro del régimen del caso anteriormente descrito, un plano que reúna las condiciones de simetría obligadas (superficie regular y normal a \bar{u}) cuya resistencia A es paralela y opuesta a \bar{u} .

Se admite a priori una fórmula del tipo: $A = k \frac{\mu u^2}{2} S$

A representa la resistencia del medio, μ la masa específica del fluido, u la velocidad y S la superficie del cuerpo (sección maestra), k es un coeficiente de proporcionalidad que tiene dimensiones nulas, por tanto k es un número puro llamado coeficiente de forma del cuerpo.

La experiencia confirma esta teoría. Así para un disco delgado la fórmula es válida, siendo el coeficiente $k = 1.1$ a 1.2 .

Si adaptamos a su superficie, y por ambas caras, una serie de manómetros, podemos comprobar que, en la parte por donde recibe el viento existe sobrepresión, y en la opuesta, depresión (fig. 13);

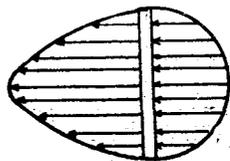


Figura 13

y si ahora materializamos en el túnel aerodinámico las líneas de flujo por medio de chorros de humo, comprobaremos que dichas líneas de corrientes, al apertotonarse en la parte delantera (fig. 14),

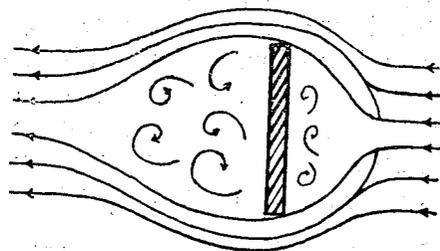


Figura 14

forman una especie de escudo de aire comprimido, que obliga a desviarse a los demás filetes fluidos, antes de llegar a la superficie anterior del disco. Por otra parte, debido a la inercia y a la viscosidad, no pueden cerrarse inmediatamente después de haber rebasado el borde del disco, y arrastran consigo las partículas de aire que existen en la parte posterior. Se crea una depresión que, al alcanzar un valor crítico, ejerce su tensión negativa sobre el medio circundante, y da origen a los vórtices de la estela turbulenta.

El valor de k depende, precisamente, de la sobrepresión anterior y depresión posterior originadas. Si se cubre con una semiesfera, que es aproximadamente la forma que tiene la zona influenciada por la sobrepresión de la parte anterior del disco, el valor del coeficiente k desciende a 0.34 , y si se impide la formación de la turbulenta (depresión) cubriendo, además, la parte posterior por medio de

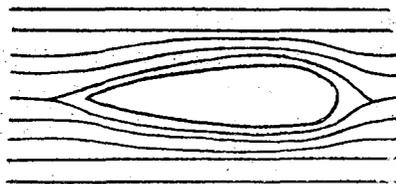


Figura 15

un sólido fusiforme de revolución, el valor de k será solamente 0.04 (Fig. 15), o sea que la resistencia al medio de esta for-

ma es 0'033 de la que ofrece el disco delgado.

Esta clase de perfiles se denominan currentilíneos o aerodinámicos.

El coeficiente k no puede anularse por completo prácticamente, porque es imposible lograr un cuerpo con un pulimento ideal, de forma que siempre existirá la posibilidad de la creación de microtorbellinos, que originan una resistencia que, en cierta forma, guarda analogía con la resistencia de frotamiento.

Superficies sustentadoras. — Consideremos (Fig. 16) un plano inclinado respecto a la dirección del viento. Pue-

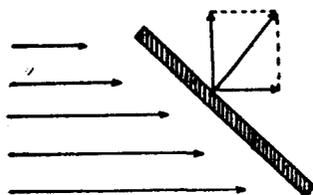


Figura 16

de suponerse que las resultantes de la resistencia que aquél produce, es una normal a dicho plano con su punto de aplicación adelantado en el sentido por donde primero recibe el viento. Esta resultante se puede descomponer en otras dos fuerzas: una paralela a la dirección del viento y otra perpendicular a él, llamadas, respectivamente, resistencia al avance y fuerza de sustentación.

Todo cuerpo que, sometido a una corriente aérea, dá lugar a una resistencia del mismo aire cuya componente normal a la dirección de \bar{u} (fuerza de sustentación) es mucho mayor que la paralela a él (resistencia al avance), constituye una superficie de sustentación.

Modernamente se ha sustituido el plano, como superficie sustentadora, por el ala de perfil grueso, debido a los progresos de la aerodinámica.

Teorema de Bernuilli.—Según el teorema de Bernuilli

$p_1 + \mu g h_1 + \frac{\mu}{2} V_1^2 = p_2 + \mu g h_2 + \frac{\mu}{2} V_2^2 = \text{conste.}$
el primer término del trinomio se deno-

mina presión piezométrica, el segundo presión de gravedad y el tercero presión cinética.

Cuando son despreciables las fuerzas de gravedad se puede escribir:

$$p_1 + \frac{\mu}{2} V_1^2 = p_2 + \frac{\mu}{2} V_2^2 = \text{conste.} \quad (\text{A})$$

y puesto que $S_1 V_1$ es igual a $S_2 V_2$ se tendrá que

$$(p_2 - p_1) = \frac{\mu}{2} (V_1^2 - V_2^2) = \frac{\mu}{2} \left(1 - \left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2\right) \quad (\text{B})$$

La (A) nos dice que en un fluido en movimiento, todo aumento de velocidad trae aparejado una disminución de presiones. Y este decremento viene expresado por la (B).

Consideremos ahora un cuerpo fusi-forme F (Fig. 17) sumergido en el seno de

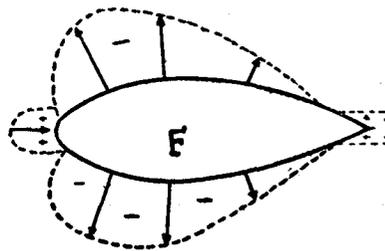


Figura 17

un fluido en movimiento, según su eje de revolución. Los filetes de fluido tienden a conservar su cantidad de movimiento Q , en virtud de la inercia, pero como los que contornean la superficie inmediata del sólido han de recorrer un camino más largo, y la viscosidad del fluido hace que sean arrastradas por las capas adyacentes, alcanzarán una velocidad mayor que la inicial y, por lo tanto, en la proximidad de las paredes de dicho sólido, existirá una más baja tensión piezométrica o depresión, que será una función de dicha velocidad.

Ahora consideremos el cuerpo F seccionado según su eje (Fig. 18). Como los

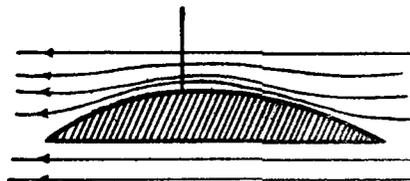


Figura 18

filetes flúidos sólo reciben una aceleración en la parte superior, únicamente en ella existirá dicha depresión, que tratará de atraer al sólido en dicha dirección. Actualmente se dá a la sección normal a la longitud de las superficies de sustentación, la forma de un cuerpo currentilíneo completo o seccionado, como ha sido descrito. Generalmente se emplea esta segunda forma y sus distintas líneas reciben los nombres siguientes: AB = profundidad, cuerda de esqueleto; AFB = esqueleto; CB , cuerda tangente; HI espesor; α ángulo de ataque para la cuerda tangente; α' = ángulo de ataque para la cuerda de esqueleto; β ángulo de salida; A = borde de ataque; B = borde salida; CB = intradós; AHB = trasdós (Fig. 19).

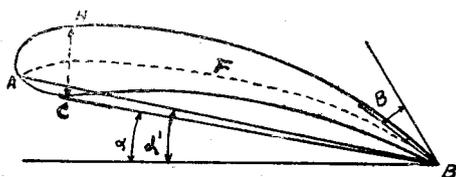


Figura 19

La sustentación en esta clase de perfiles se verifica en virtud de lo siguiente: supongamos un ala de longitud infinita, y sea S una sección o perfil sumergido en la corriente aérea, cuya velocidad u es tal, que su régimen corresponde al de resistencia de presión. (Fig. 20) y cuya di-

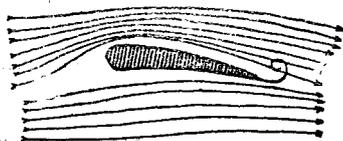


Figura 20

rección forma un pequeño ángulo con la cuerda tangente, o bien con el intradós (ángulo de ataque).

El espectro aerodinámico y las medidas de las tensiones piezométricas, nos dan las siguientes conclusiones:

1.º Los filetes flúidos se aproximan entre sí en el trasdós, aumentando la velocidad.

2.º Como consecuencia de la anterior, en dicha región se forma una depresión.

3.º Los filetes flúidos se separan entre sí en el intradós, chocan con éste y disminuyen su velocidad.

4.º Como resultado se forma aquí una sobrepresión.

5.º En el borde de salida han de unirse las líneas de corriente, de velocidad acelerada, con otras líneas de corriente de velocidad retardada.

6.º Resultado de ello es la formación en dicha región, de un torbellino.

Pero como no puede haber acción sin reacción, resulta, según las teorías e hipótesis generalmente admitidas, que de la diferencia de presiones en el trasdós y en el intradós, del torbellino de salida y de la propia corriente aérea, se compone un torbellino que gira, tomando como núcleo el perfil, con movimiento irrotacional, de adelante atrás en el trasdós, donde la velocidad es acelerada, y de atrás adelante en el intradós, donde ésta es retardada (fig. 21).

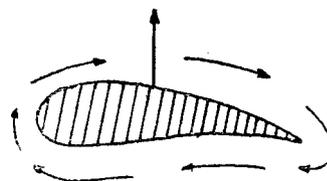


Figura 21

A este torbellino teórico hace Joukowski responsable de la sustentación del ala, siendo la resultante única, y normal al sentido del viento, si el aire fuese fluido perfecto, desprovisto de rozamiento interno.

Mas como esto no es así, ya que entonces, según el teorema de Joukowski, una vez puesta el ala en movimiento no se detendría jamás, en realidad la resistencia del aire queda ligeramente inclinada hacia atrás y puede considerarse compuesta según el método clásico por

otras dos (fig. 22): fuerza de sustentación normal a \bar{u} y resistencia al avance paralela y opuesta a \bar{u} .

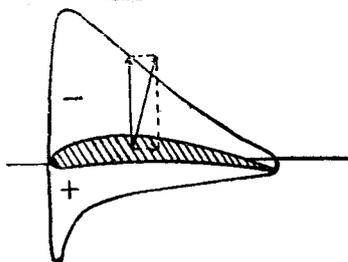


Figura 22

Las fórmulas que expresan estas fuerzas son:

Fuerza de sustentación

$$A = C_a \frac{\rho}{2g} S u^2$$

Siendo C_a el coeficiente de sustentación, determinado experimentalmente y dependiente de la forma del perfil, del ángulo de ataque y, según veremos, del alargamiento (relación entre la profundidad y la envergadura).

Resistencia al avance

$$W = C_w \frac{\rho}{2g} S u^2$$

Siendo C_w el coeficiente de resistencia al avance o de resistencia del perfil, variable con la forma del mismo, el ángulo de ataque y la rugosidad de la superficie.

Centro de presiones.—Conocemos la magnitud y dirección de las fuerzas de sustentación y resistencia al avance. El punto de aplicación de dichas fuerzas, o centro de presiones, puede determinarse conociendo el momento de la resistencia respecto a un punto fijo y determinado. Para ello se supone el perfil articulado en el borde de ataque. El viento tenderá a hacerlo girar alrededor de dicho punto, creando un momento de rotación M . Para ángulos α de ataque pequeños (inferiores a 20°) se puede considerar sin gran error, que la fuerza de sustentación

y la reacción del aire R y R_2 son iguales (fig. 23).

El valor de un momento es el producto de la fuerza por el brazo de palanca. Así podemos escribir:

$$M = m \cdot (C_a \cdot S \cdot u^2)$$

donde m es la distancia del borde de

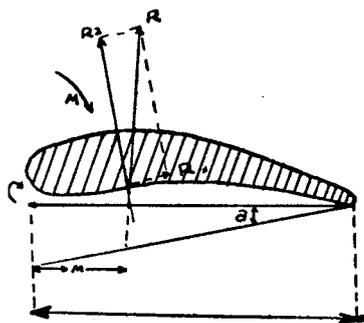


Figura 23

ataque al punto de aplicación de la fuerza considerada.

En función de la cuerda t o profundidad del ala, e introduciendo un coeficiente de momentos, podremos escribir:

$$M = t (C_m \cdot S \cdot u^2),$$

e igualando y reduciendo:

$$t C_m = m C_a \text{ de donde } m = \frac{C_m}{C_a} \times t$$

C_a se determina experimentalmente para cada ángulo de ataque. El coeficiente de momento C_m aumenta al aumentar el ángulo de ataque, pero crece mucho más rápidamente el coeficiente de sustentación C_a , por lo cual m , o sea la distancia del borde de ataque, disminuye. Es decir, que al aumentar de valor el ángulo de ataque, se adelanta el centro de presiones.

Algunas propiedades de las alas de perfil grueso.—*Angulo de ataque crítico.*—La sustentación aumenta en esta clase de perfiles al aumentar el ángulo de ataque. Pero existe un límite, a partir del cual desciende bruscamente la sustentación y aumenta mucho la resistencia al avance o del perfil. Ello es debido a dos causas concomitantes. La primera,

es debida a que los filetes aéreos del trasdós no pueden, por efecto de la viscosidad interna, plegarse por completo a la superficie del perfil, al tener que doblarse en un ángulo excesivo, y han de despegarse de éste, y por otra, que la capa superficial adherente llega a carecer de energía para remontar el gradiente de presiones crecientes, que del tercio anterior van al borde de salida. De ello resulta que las líneas de corriente se repliegan sobre sí mismas y originan una zona de régimen turbulento que, al equilibrar las presiones del trasdós, acarrea la pérdida de sustentación (fig. 24).

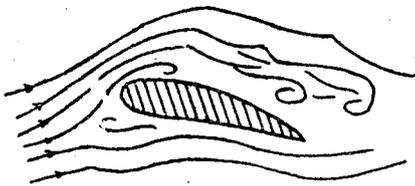


Figura 24

Cualquier artificio que se oponga al desplazamiento de la capa superficial del trasdós, permitirá alcanzar ángulos mayores sin llegar a la pérdida de sustentación.

Resistencia inducida.—El cálculo de la resistencia del perfil se efectúa experimentalmente en el túnel aerodinámico con un ala que tiene prácticamente una longitud infinita. Sin embargo, la resistencia al avance de un ala de alargamiento y forma en planta determinados, no coincide con el obtenido para el ala infinita del mismo perfil, sino que es mayor. Esto es debido a que la resistencia del perfil C_w debe ser incrementada en una cierta cantidad C_i , llamada resistencia inducida, y que se origina así (fig. 25): El torbellino sustentador puede considerarse formado por una multitud de torbellinos elementales contiguos, que van desde la base al extremo del ala. La suma de las reacciones que estos torbellinos ejercen sobre el aire, al desprenderse, es, precisamente, la causa de la sustentación, y su multiplicación es favorable, siendo mayor, para la misma

superficie, el rendimiento aerodinámico de las alas con mayor alargamiento (*).

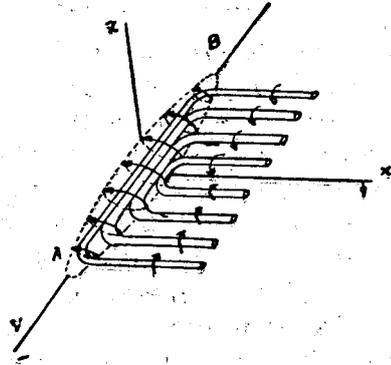


Figura 25

Pero en los extremos del ala el equilibrio de presiones no se efectúa solamente por el borde de salida, sino también por los márgenes, originándose dos torbellinos que, componiéndose con el viento relativo y los torbellinos inducidos, dan lugar a dos largas estelas, que adquieren un movimiento helicoidal, desprendiéndose en forma divergente y en el sentido del intradós.

Ello ocasiona una pérdida de sustentación en toda la región marginal afectada por el equilibrio de presiones del aire, porque la corriente de la estela da lugar a una depresión y aumento de la resistencia. Esta resistencia originada, resistencia inducida o resistencia marginal, ha de sumarse a la resistencia del perfil o resistencia de forma, para dar como resultado la resistencia al avance

$$C_x = C_i + C_w; \text{ siendo } C_i = C_w^2 / \pi \lambda$$

Esta resistencia parásita disminuye

* En un ala el alargamiento es la relación entre la envergadura y su superficie. El alargamiento geométrico $\lambda = \frac{L^2}{S}$ Siendo L la envergadura y S la superficie. Para el ala rectangular $\lambda = \frac{L}{t}$ siendo t la cuerda. Si no fuese rectangular se sustituye t por la cuerda media t_m que es la cuerda del ala rectangular equivalente de igual superficie y envergadura. En algunos casos el alargamiento viene afectado de un coeficiente de corrección. Se denomina alargamiento efectivo λ_e y es igual a $\lambda_e = \lambda K = \lambda k^2$ siendo K el coeficiente de corrección de alargamiento y k el de corrección de envergadura.

afinando el extremo del ala, disminuyendo su profundidad en la zona afectada por el equilibrio de presiones, o zona muerta, y aumentando el alargamiento.

Angulo de ataque inducido.—La corriente de aire producida por los torbellinos inducidos en el borde de salida del ala, se compone con el viento relativo y ocasiona una disminución del ángulo de ataque. El ángulo de ataque inducido es la diferencia entre el ángulo de ataque geométrico y el que presentaría un ala que tuviese la misma sustentación y una envergadura infinita. Su valor es

$$\alpha_i = 57,3 \frac{C_a}{\lambda_0 \pi}$$

Influencia de la forma en planta en el rendimiento aerodinámico de un ala.

—Por las razones que he apuntado, la forma de la planta de un ala tiene una marcada influencia sobre el rendimiento aerodinámico que es la relación C_a/C_x . Todo lo que tienda a aumentar la sustentación y a disminuir la resistencia al avance será en este sentido favorable. El alargamiento disminuye mucho dicha resistencia al avance, pero la forma del ala en planta también ejerce una influencia notable. Bajo este punto de vista parece ser que la más ventajosa es la formada por la unión de dos semielipses en que los radios de las circunferencias generadoras, de la que forma el borde de ataque y la que engendra el de salida, están en la relación 3 a 1; siendo el mejor alargamiento efectivo de 15 a 20.

Representaciones gráficas: Curva polar.—Como se sabe, los datos obtenidos en los ensayos realizados en el túnel aerodinámico se llevan a un sistema de coordenadas cartesianas, obteniéndose varias líneas que constituyen la polar del ala y que permiten apreciar rápidamente las características más importantes del perfil o del ala considerados. No me voy a detener en estudiar la forma de construir estos gráficos. Los principales datos que en el diagrama se consignan son los siguientes:

Curva polar: Acotada por ángulos de ataque y relacionada con los coeficientes de sustentación (eje de las ordenadas) y los de resistencia al avance (eje de las abscisas) (fig. 26).

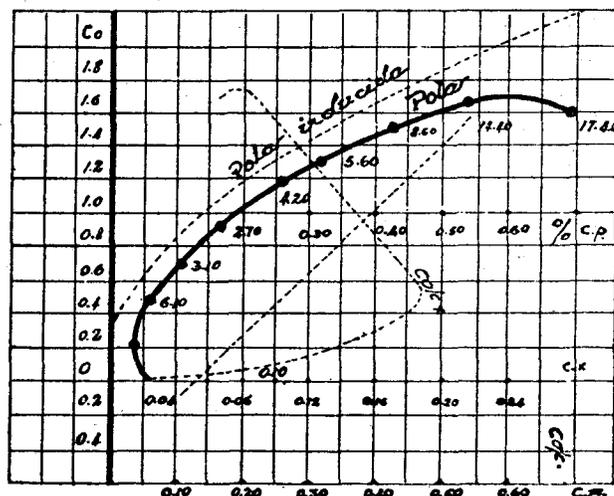


Figura 26

Curva de momentos. Relacionada con los coeficientes de sustentación (éstos a su vez con los ángulos de ataque) y con los coeficientes de momentos (eje de abscisas).

Para determinar el centro de presiones existe un eje de abscisas graduado en tantos por ciento de la cuerda, que, relacionándose con la curva de momentos, permite determinar aquél sobre dicha cuerda.

Curva de rendimiento aerodinámico o finura. Relacionada con la polar (ángulos de ataque) y el eje de las abscisas graduado en valores C_a/C_x .

La polar inducida. Curva de los valores de C_i en función de C_v que, de acuerdo con la fórmula

$$C_i = \frac{C_v^2}{\lambda \pi}$$

será una parábola, tangente en su origen en el eje de las ordenadas.

Existen también las gráficas de curvas separadas que tienen en los ejes de ordenadas los coeficientes de sustentación, de resistencia, de rendimiento aerodinámico y de tanto por ciento de cuerda para el centro de presiones, y en el de

las abscisas los ángulos de ataque (fig. 27).

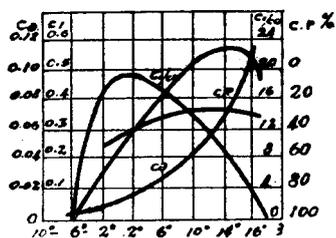


Figura 27

Los puntos característicos de las polares son las siguientes :

- 1.º—El de sustentación máxima. Punto más alto de la curva donde toca la tangente paralela al eje de las abscisas.
- 2.º—De resistencia mínima. Determinado por la tangente paralela al eje de las ordenadas.
- 3.º—Del rendimiento aerodinámico máximo, que viene dado por la tangente desde el origen a la curva (C_s/C_x máximo)
- 4.º—A la sustentación nula. $C_s = 0$

Como se sabe, existen catálogos, suministrados por los laboratorios de aerodinámica, con las polares de distintos perfiles, así como las tablas de las cotas, determinadas por las coordenadas dimensionales de éstas.

Los perfiles pueden clasificarse, independientemente de su forma, en dos grandes grupos. Perfiles gruesos, en los que la sustentación alcanza rápidamente grandes valores, pero con detrimento de la resistencia de avance (perfiles de mucha carga y escasa velocidad) y perfiles en los que la resistencia tiene valores mucho más pequeños (perfiles finos, pero veloces).

El propulsor de la turbina aérea.— El principio de la reversibilidad nos hace suponer que si la hélice de un aeroplano produce, cuando gira fija en un banco de pruebas, un chorro de aire, que es al fin de cuentas, y aparentemente, el resultado del esfuerzo del motor, análogamente, si soplamos con la misma velocidad sobre la hélice, ésta debe girar y

devolver, por medio de su eje, el mismo esfuerzo que antes le proporcionó el motor.

Sin embargo, nada más alejado de la verdad. La hélice del aeroplano traduce el esfuerzo motor en dos fuerzas distintas. Una, apoyándose en el aire como una superficie sustentadora que es, se transmite al eje como fuerza de tracción. La otra es la reacción del aire sobre el que se apoyó, y que, como es fluido, se traslada en sentido contrario a la tracción y forma el chorro de aire considerado (fig. 28).

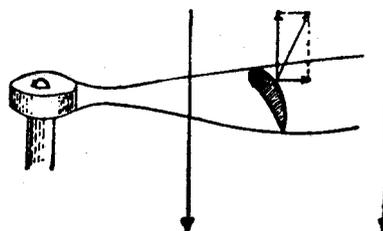


Figura 28

La pala de una hélice de aeroplano es una superficie sustentadora que recibe el aire de costado, al girar. La fuerza de sustentación, normal a la dirección del viento relativo, es paralela al eje de rotación. La resistencia al avance es paralela al par motor y se opone a él. Si lanzamos una corriente de aire sobre la hélice, según la dirección paralela al eje de rotación, las condiciones aerodinámicas de la superficie sustentadora son completamente diferentes y, sin duda alguna, totalmente desfavorables.

De aquí resulta que ninguna de las numerosas investigaciones efectuadas por los laboratorios de aerotecnia para las hélices de aeroplano puedan ser de aplicación para el estudio de los propulsores de aeroturbinas.

En líneas generales, una aeroturbinas es una máquina que trata de transformar una fuerza estacionaria de dirección rectilínea en otra del mismo género, pero giratoria.

Es indudable que con los principios elementales de aerodinámica que he di-

señado, se comprende que el artificio más adecuado para recoger esa fuerza es la superficie sustentadora. Y que si la fuerza de sustentación que obtenemos la hacemos normal a un eje situado en un extremo de dicha superficie sustentadora, se creará un momento de rotación y dicha fuerza de sustentación será transmitida al eje, que girará.

Como sabemos, la resistencia al avance originada es normal a la fuerza de sustentación y, por lo tanto, resultará paralela al eje de giro (fig. 29).

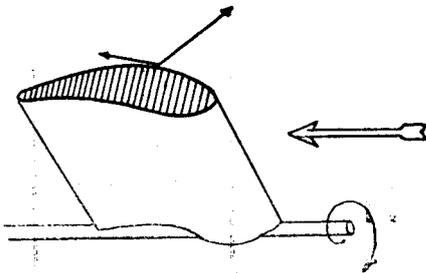


Figura 29

Angulo de calado.—Como los perfiles modernos entran en pérdida con ángulos que nunca son superiores a 20° , éste deberá ser, en principio, el máximo ángulo de calado respecto al eje de giro, que materializa la dirección del viento. Como puede verse, es todo lo contrario de lo que podemos ver en las hélices de aeroplano y sobre todo de lo que hasta ahora se ha empleado en los molinos de viento sistema holandés o americano.

Angulo de ataque aparente y real.—Si suponemos la célula en reposo, el ángulo de ataque viene determinado por el ángulo de calado, como antes se ha indicado. Pero este ángulo de ataque es sólo aparente, pues cuando el elemento se pone a girar, se forman dos componentes, una, la integrada por el viento real, y otra, por la dirección del movimiento de la superficie sustentadora, que, al huir tangencialmente, es como si fuese empujada en este sentido por una fuerza.

Si \bar{u} es el vector del viento real y \bar{r} el del movimiento de rotación \bar{v} se-

rá el del viento relativo. Y entonces el ángulo de ataque aparente α quedará incrementado en el ángulo β . (Fig. 30).

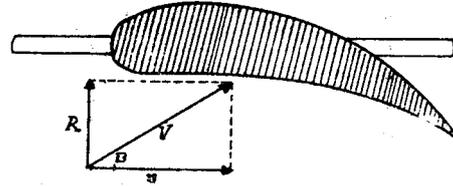
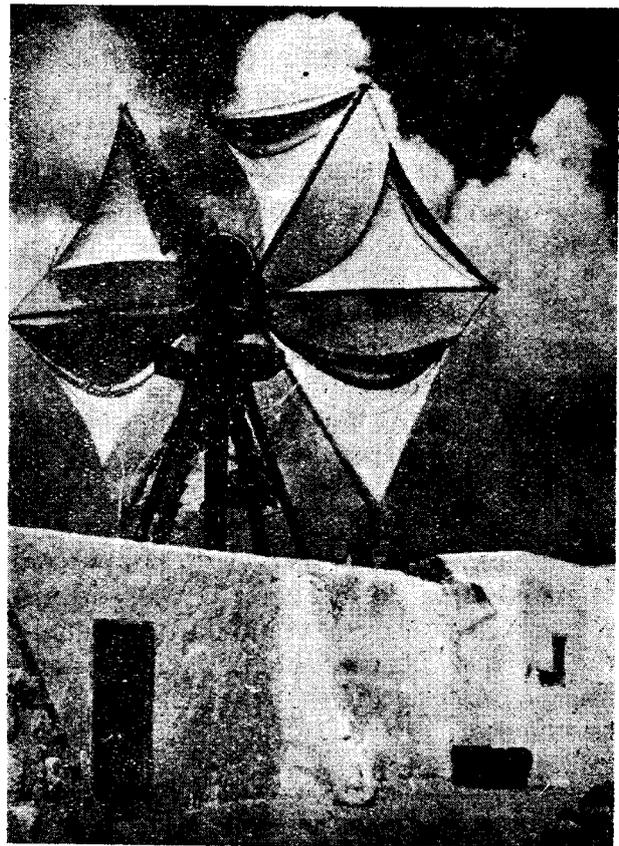


Figura 30

\bar{u} depende de la velocidad del viento real y \bar{r} es una función de \bar{u} y de la velocidad tangencial y, por lo tanto, del radio R o distancia del elemento considerado al eje. Siendo $r = r(\omega, u, R)$.

Al aumentar \bar{u} aumenta el mo-



Un molino en la Graciosa

Un tipo de molino empleado en estas islas es el de la foto. Es auto-orientable y está en realidad formado por seis pequeñas velas latinas. Como el de Guatiza, se dedica a la molienda del gofio.

(Foto Ch.)

mento de rotación, según la expresión $M = \overline{u} \cdot R$.

A medida que el elemento está más alejado del eje de giro, aumenta su velocidad tangencial: $c = R \omega$; pero ω es una función de M . Así pues se deducen dos consecuencias inmediatas.

1.ª—Al aumentar la velocidad del viento real crece la fuerza de sustentación y, con ello, la velocidad angular del eje y la tangencial de los elementos de la célula. Como consecuencia, también aumenta el ángulo de ataque, que repercute, a su vez, sobre la sustentación. Mientras el ángulo de ataque real no rebasa el punto crítico, no hay en ello inconveniente, pero si se rebasa dicho punto, la célula entra en pérdida y se retrasa, por ser mayor la resistencia al avance. Consecuencia de ello son enormes presiones soportadas por el eje y marcha irregular de la máquina.

2.ª Para un perfil con ángulo de ataque constante, los elementos más alejados del centro de giro, oponen al viento un ángulo de ataque mayor que los próximos, de modo que el rendimiento aerodinámico de las distintas porciones del ala, es diferente. Pueden entrar en pérdida los extremos y perturbar la parte central, que aún conserva su facultad sustentadora.

Soluciones.—Hay que elegir un ángulo real de ataque que represente una solución de compromiso entre el punto del máximo rendimiento aerodinámico, el de máxima sustentación, y una resistencia al avance que no ofrezca inconvenientes físicos y mecánicos para la resistencia (elástica) de los largueros del ala, el eje y los cojinetes de éste, sin dificultar su giro.

Este ángulo de ataque real tiene un límite máximo, y es el punto crítico alcanzable con las velocidades de giro previsibles, y otro punto mínimo, que lo constituye el menor ángulo de calado con el que el propulsor puede ponerse en marcha con un viento débil, y que, al disminuir demasiado el ángulo de ataque real,

puede darse el caso de que el ángulo de calado no solo sea negativo, sino de nula sustentación o de sustentación invertida.

Ambos límites pueden ser rebasados artificialmente.

Se puede conseguir sobrepasar el punto crítico, como es sabido, por medio de las ranuras Handley-Page, que se abren automáticamente al sobrepasarse cierto ángulo de ataque. Estas ranuras establecen una rápida corriente dorsal y laminar, que mantiene la adherencia de las capas superficiales del trasdós.

Otro sistema podría ser un cilindro ranurado de chapa de aleación ligera y giratorio, colocado a lo largo del trasdós y que giraría rápidamente impulsado por un molinillo accionado, a su vez, por el torbellino marginal. El efecto de este cilindro sería el de acelerar la velocidad de la capa de aire adherente (Fig. 31).

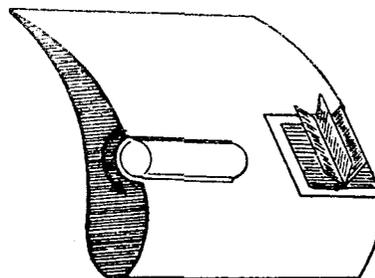


Figura 31

La forma de rebasar el límite inferior para lograr que, con ángulos de ataque pequeños, las condiciones dinámicas del propulsor sean suficientes para la puesta en marcha, aún con vientos muy ligeros, sería acoplarle elementos de hipersustentación, tales como alerones de intradós, del tipo librillo, Zap, Flag, etc., que se abriesen automáticamente al disminuir la velocidad de giro, cerrándose al alcanzar ésta un valor predeterminado.

Al segundo problema también se le pueden dar dos soluciones. Ángulo de ataque variable a lo largo de la célula, disminuyendo hacia los extremos, o sea inversamente proporcional al radio de los

elementos, como ocurre con las hélices de los aeroplanos, o elegir dos perfiles que, con el mismo ángulo de ataque, tengan sus respectivos coeficientes de sustentación proporcionales a las velocidades relativas que adquirirán extremos y centros. O sea, célula de perfil variable.

Como puede verse, todas estas complicaciones tienen un solo origen, la desigualdad de velocidades del movimiento de rotación del propulsor. Si logramos dar a éste una velocidad angular constante o velocidad de régimen, fácilmente podríamos calcular todos los elementos que han de entrar en juego para su proyecto, pues conocida la dirección del viento relativo, puede calcularse el ángulo de ataque óptimo, una vez decidido el perfil más apropiado.

Sin embargo, el logro de esta velocidad de rotación constante ofrece serias dificultades y algún inconveniente.

Sigue en pie la necesidad de puesta en marcha del propulsor con vientos débiles. De aquí que el ángulo de calado no deba ser tan pequeño hasta el punto de que con él, la sustentación sea prácticamente nula. Como los aerogeneradores para grandes potencias requieren superficie de sustentación muy grandes, y ya hemos indicado que los grandes alargamientos son los de mayor rendimiento aerodinámico, la envergadura de la célula será también muy grande y, por lo tanto, las velocidades tangenciales enormes, en relación con la velocidad angular. El extremo de una pala de 15 ms. de radio que gira a 30 revoluciones por minuto, desarrolla una velocidad tangencial,

$$e = \frac{30 \times 2 \pi \times 15}{60} = 15 \pi = 47,1 \text{ ms / seg}^{\circ}$$

A propósito de este fenómeno surge una duda. Si suponemos la célula en reposo (Fig. 32) sabemos que el viento engendra alrededor de ella el torbellino o remolino de sustentación. En el trasdós, el viento lleva la misma dirección que los filetes aéreos periféricos de dicho torbellino. Su influencia será en todo caso beneficiosa, pues acelerará esta corriente y

favorecerá la sustentación (fenómeno de los dos barcos que marchando próximos y paralelos tienden a juntarse).

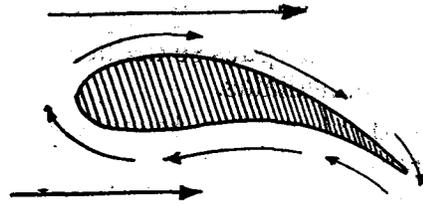


Figura 32

Consideremos ahora el viento en calma y hagamos girar las palas. El avanzar estas lateralmente equivale a que, estando quietas, existiese un viento ficticio de dirección paralela a su movimiento, y sentido opuesto. Este viento ficticio y relativo v , se compondrá con el viento real u , y su resultante R (Fig. 33) incidirá so-

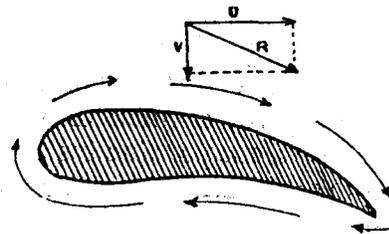


Figura 33

bre el dorso del torbellino, no ya paralelamente a los filetes aéreos, sino formando un ángulo más o menos agudo.

El impacto de esta resultante ¿favorecerá o perjudicará la formación del torbellino sustentador?

Su choque con las líneas de corriente, sigue las leyes del choque elástico. Pero la resultante ¿será una aceleración? ¿Comprimirá aún más las capas contiguas sobre el trasdós, alejando así el punto crítico? O por el contrario, ¿absorberá energía en forma de calor, retardando la velocidad de los filetes aéreos y siendo así causa de los temidos torbellinos origen del régimen turbulento?

Son éstas preguntas que requieren un estudio experimental.

Cuando la velocidad del viento au-

menta, y con ella la sustentación, y por lo tanto el par motor, cabe disminuir dicha sustentación por medio de frenos aerodinámicos; por ejemplo, alerones de tipo «banco de parque», o disminuyendo el ángulo de ataque, pero ello equivaldría a desperdiciar una buena parte del efecto útil.

Creo preferible aumentar proporcionalmente el par resistente, absorbiendo toda la fuerza extra en el generador eléctrico. Como quiera que la resistencia que opone una dínamo de corriente continua es, en cierta forma, proporcional a la potencia absorbida por el campo del inductor, habremos creado un freno electromagnético que disipa en forma de corriente eléctrica el aumento de potencia propulsora. Al tratar más adelante de los generadores eléctricos, se estudiará con más detalle este caso.

La necesidad de que las velocidades periféricas no alcancen límites elevados, obliga a que las velocidades angulares sean pequeñas, comprendidas entre media y un cuarto de vuelta por segundo. Pero estas velocidades son insignificantes para hacer girar el rotor de una dínamo. Es necesario prever un sistema multiplicador de velocidades.



El molino de Guatiza (Lanzarote)

El viento tiene una fuerza y dirección constantes en esta región. El molino de la foto, enmarcado entre tiesos monolitos formados por bombas volcánicas, se dedica a la molturación de gofio, alimento esencial de los isleños.—(Foto Manrique)

Este introduce una nueva complicación. La resistencia que opondrá a la puesta en marcha será muy grande, y aunque las dimensiones y peso del sistema propulsor le conceden un efecto volante, amortiguador de las variaciones bruscas de velocidad del viento, es indudable que en períodos excepcionales de viento arrachado, los engranajes del sistema multiplicador sufrirán mucho.

Así, pues, es necesario desconectar el sistema propulsor, del multiplicador de velocidades, acoplándolos por medio de un embrague. Este embrague debe ser automático y progresivo.

Tres tipos de embrague responden a estas exigencias: el embrague magnético, el hidráulico y el de presión.

Embrague magnético.—El buje termina en una corona dentada *C* y un plato de hierro (fig. 34). En la corona *C* en-

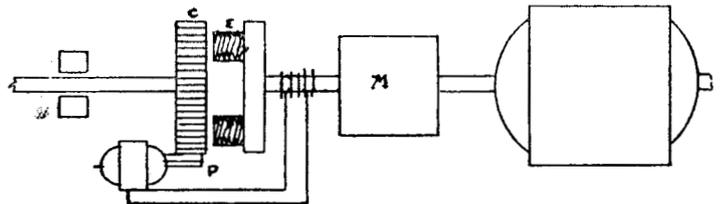


Figura 34

grana el piñón *P* del eje de una pequeña dínamo. Al girar se engendra corriente, que excita los electroimanes *E*, fijos en una plataforma en que termina el eje del multiplicador, que atraen al plato del propulsor con una fuerza dependiente de la intensidad de la corriente engendada, obligándole a girar con él. Al alcanzar el árbol del multiplicador la velocidad de régimen, se dispara una chaveta o trinquete, que accionado por un mecanismo centrífugo, hacen solidarios el árbol del multiplicador y el eje del propulsor.

Sistema de embrague hidráulico.—Se funda en una turbina especial, cuyo rotor va unido al eje del multiplicador y el estator al inducido del generador.

Su descripción y funcionamiento puede verse en la literatura sobre embragues para los modernos cambios de velocidades automáticos de los automóviles.

Otro sistema podría ser el siguiente: Como sabemos, la resistencia al avance se transmite al eje de giro según una fuerza paralela a él, que lo empuja hacia adentro, siendo su intensidad proporcional a la velocidad del viento.

El buje *B* (fig. 35) está unido por en-

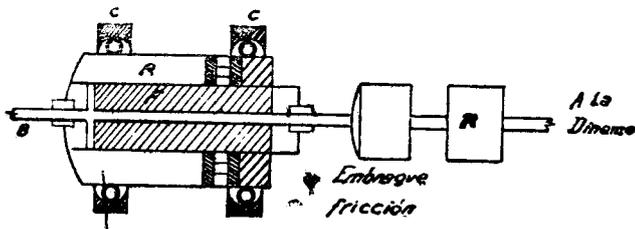


Figura 35

chufe telescópico *T* a un freno hidráulico *F* y un recuperador neumático *R*, que giran con él sobre los cojinetes *C*. *C*. El extremo del buje está unido con un embrague de fricción o hidráulico, cuya prensa o cuyas lumbreras cierran el buje al avanzar, haciéndolo progresivamente rígido.

En todo caso, para evitar que los golpes de viento repercutan sobre el eje del multiplicador, dañando sus engranajes, puede construirse el eje partido, haciéndose el acoplo por medio de una corona de amortiguadores de aire comprimido o hidráulicos.

Orientación del propulsor.—En esta clase de aeroturbinas el propulsor ha de estar situado constantemente «cara al viento».

En los aerogeneradores de pequeñas dimensiones, que se apoyan por medio de un eje vertical sobre un punto y un collar, la orientación se efectúa con el auxilio de un plano vertical o plano de cola, que engendra con el viento un par de rotación. Pero en los grandes aerogeneradores, que pueden llegar a pesar hasta más de 100 Tm., no es posible dotarlos de un eje, que tendría un grueso enor-

me y un peso considerable. Su giro alrededor del eje vertical se efectúa sobre una plataforma con carriles circulares. El peso del artilugio exige para hacerlo girar un esfuerzo enorme, que de ser proporcionado con un timón vertical, daría a éste dimensiones descomunales.

Hasta pesos medianos la orientación se efectúa por medio de dos molinos de celosía, tipo americano, situados formando entre sí un ángulo menor de 90° y constituyendo un sistema diferencial, con sus palas caladas según ángulos opuestos. Los ejes de ambos molinos engranan con la corona de la plataforma. El conjunto permanece inmóvil cuando la dirección del viento coincide con el plano bisector del diedro formado por los molinos, pues éstos reciben el mismo impulso y sus fuerzas se anulan, por ser opuestas e iguales. Pero en cuanto el viento cambia de dirección favorece a uno de los dos molinos, que gira, y, al arrastrar, orienta la plataforma en la dirección correcta.

Pero, para los generadores muy pesados, este sistema tampoco sirve. Entonces se recurre a un servomotor que hace girar la plataforma y es comandado por una veleta. Dicho motor ha de poder invertir el sentido de su marcha. La veleta acciona por puntos o sectores, y tiene sus movimientos fuertemente amortiguados.

Hasta el momento actual se han construido en el extranjero las siguientes aeroturbinas, siguiendo esta concepción de eje horizontal con transmisión mecánica.

En 1929 se erigió por el francés Darrieux una hélice de 20 metros de diámetro, con carácter experimental, en el aeródromo de Le Bourget.

En 1931 instalaron los rusos, en Yalta, una aeroturbina tripala de 30 metros de diámetro, con una potencia nominal de 100 Kw., que funcionó a satisfacción durante diez años, proporcionando una media de 280.000 Kw-h. anuales. Se destruyó durante la guerra. Estaba monta-

da sobre una torre de celosía y poseía en su parte posterior una viga de apoyo que se deslizaba sobre un carril circular.

En 1941 se instaló en Norteamérica, en Grandpa's Knob, el más potente de los aerogeneradores construídos. Es bipala, de 55 metros de diámetro, y su potencia nominal es de 1.500 Kw. La parte móvil pesa 265 Tm. En 1945 se rompió una pala. Su infraestructura es una torre de celosía. La velocidad de giro de las palas se regula variando automáticamente su ángulo de ataque. Su rendimiento útil, en corriente, es del 37'5%.

En Dinamarca se han instalado dos clases de turbinas aéreas. Una por la Windkraf Werk, con palas de 12 metros de diámetro, una potencia de 12'5 Kw. y un rendimiento de 35'3%. La Smidth and Co. instaló una turbina experimental de 17'5 metros de diámetro de propulsor, 50 Kw. de potencia nominal y 34% de rendimiento. Posteriormente instaló otras sobre pilonos de cemento armado, propulsor tripala de 24 metros de diámetro, 100 Kw. de potencia nominal y un rendimiento del 36%. La regulación de la velocidad es también por variación del ángulo de ataque. (El conjunto de varias de éstas proporcionó en 1943 más de tres millones de Kw. hora.)

En una aeroturbina de eje horizontal cuyas palas sean superficies alares ocurren los fenómenos siguientes:

1).—El momento de giro depende de su brazo. Cuanto más largo es éste, mayor es su potencia. Si tenemos dos superficies equivalentes y de la misma envergadura, una rectangular, cuyo punto de aplicación de presiones se halla situado a la mitad de ésta, y otra trapezoidal con la base mayor opuesta al eje de giro, y cuyo punto de aplicación se halla situado a una distancia de éste igual a los $\frac{3}{4}$ del radio, la potencia de la primera

es $F \cdot \frac{r}{2}$ y la de la segunda $F \cdot \frac{3r}{4}$;

o sea, que esta segunda tendrá su potencia aumentada en un 50%. Claro está que

una pala de este tipo sería un disparate desde el punto de vista aerodinámico, ya que su «margen» es desproporcionado e inconveniente.

2).—Cuanto mayor es el radio de las palas, más crece con la misma velocidad angular la velocidad periférica.

Es preciso encerrar esta velocidad tangencial periférica dentro de unos límites razonables. Y estos límites son asaz estrechos. La última palabra puede darla la experiencia, pero Constantin la calcula en cuatro veces la velocidad del viento. Admitiendo esta cifra y considerando un viento tipo de un valor medio de 10 m. p. s., dicha velocidad tangencial no deberá sobrepasar los 40 m. s.

Como $e = r \cdot n \frac{1}{10}$, para $e = 40$ y $r = 10$
 $n = 40$ vueltas por minuto = 0,666 r. p. s.



La eoliana rusa de Yalta

Fué la primera instalación industrial de cierta importancia instalada en el mundo. Su potencia era de 100 kilowatios y dió tan buen resultado que al comenzar la guerra los rusos tenían en proyecto instalar una serie de máquinas semejantes y de mayor potencia. Fué destruida por los alemanes al retirarse de Crimea.

(Foto de la Prensa)

Y si queremos alcanzar las dos vueltas por segundo no podríamos darle un radio mayor de 13,333 m.

Admitiendo como velocidad inferior impuesta por el conjunto multiplicador-dinamo, la de 30 r. p. m., el radio máximo que podrá tener esta clase de propulsores, será de 13.333 m.

3).— La potencia también es función de la superficie sustentadora. Sin embargo, para un radio dado, o sea, envergadura, la profundidad del ala queda

limitada por el alargamiento que dé un rendimiento aerodinámico óptimo. Ello significa que la superficie de cada célula está muy estrechamente ligada a la envergadura. No queda, pues, otro recurso que multiplicar el número de superficies sustentadoras, pero hay que tener en cuenta que éstas se hallan dispuestas radialmente, y si bien pueden disponerse cómodamente en la periferia, no sucede lo mismo en el centro.

La solución podrá ser un propulsor diseñado de la siguiente manera (Fig. 36).

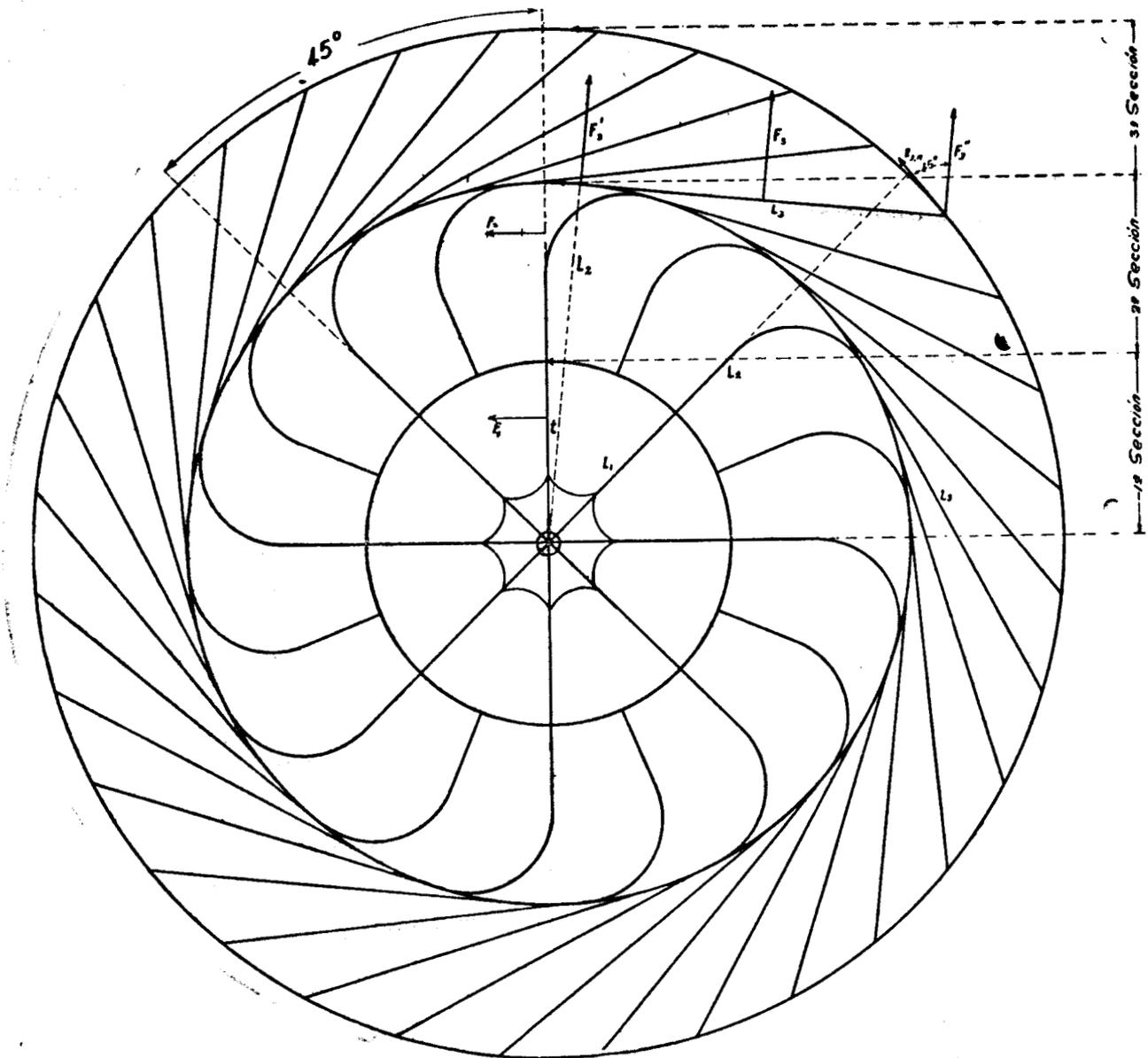
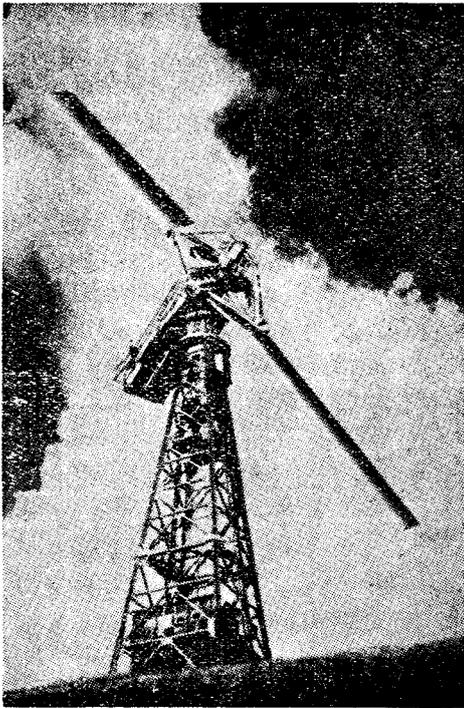


Figura 36

Está integrado por tres secciones concéntricas. La primera sección comienza en un soporte en forma de estrella de ocho puntas, en cada una de las cuales nace una célula que comienza siguiendo la dirección del radio, hasta un anillo formado por una barra que separa esta sección de la siguiente, y, además de separar entre sí estas ocho células, sirve de soporte a otras ocho intermedias que nacen en él.

La segunda sección está formada por dieciseis células que comienzan también rectas, siguiendo la dirección de los radios, y continúan curvándose, desde el



El gran aerogenerador de Grandpa's Knob

El mayor que se ha construido en el mundo, capaz de proporcionar mil kilowatios de potencia. El año 1943 un huracán, muy frecuentes en el Estado de Vermont, arrancó una de sus palas, que tiene un peso de 25 toneladas. Este aerogenerador funciona en conexión con una central térmica, así como los de Crimea lo efectuaban en relación con una central hidráulica, cuya agua economizaban en los periodos de actividad.

(Foto de la Prensa)

centro de la sección, en dirección opuesta a la del giro. Estas dieciseis palas se prolongan en la tercera sección por palas tangentes al anillo de separación entre la segunda y tercera secciones. Entre las dieciseis palas se intercalan otras dieciseis que, asimismo, son tangentes a dicho segundo anillo, y todas terminan en un tercer anillo periférico.

El segundo anillo se sitúa a una distancia del centro tal, que la tangente al mismo, limitada por el tercer anillo, sea igual a su radio.

La profundidad de las palas será la que corresponda al alargamiento escogido siendo su envergadura la distancia entre el eje y el extremo de una de las alas primarias, medida a todo su largo.

Los anillos segundo y tercero están formados por un perfil de ala con el trasdós dirigido hacia la tercera sección.

Las consecuencias inmediatas, que se derivan de esta disposición, son las siguientes :

a) Se consigue dar el máximo de superficie activa a la periferia, sin variar el alargamiento de mejor rendimiento aerodinámico, con lo que, alejando el punto de aplicación de presiones, mejoramos extraordinariamente el momento de giro.

b) La colocación especial de las palas de la tercera sección, de modo que sean paralelas en lugar de perpendiculares a la dirección del movimiento, en el sitio en que la velocidad tangencial es mayor, hace que el viento relativo, en vez de oponerse al viento real, lama la superficie del trasdós lateralmente.

c) Los anillos segundo y tercero, no solamente arman y dan rigidez al conjunto, sino que dificultan la formación del viento relativo, que tanto complica el estudio de la resultante en los puntos alejados del eje de giro, además, al trabajar en el sentido de comprimirse hacia el interior de la tercera sección, se oponen al esfuerzo de palanca de las palas de esta tercera sección, que, en su extremo interior, se apoyan sobre los radios. Asimismo orientan automáticamente todo el propulsor en dirección opuesta al viento,

pues ejerce la función de planos timones anulares o circulares, que, a la menor desviación del viento, crean un poderoso par de giro.

Vamos a calcular ahora la potencia suministrada por este propulsor con un viento tipo de 10 m. p. s.

Consideremos la máquina de mayor diámetro que, como hemos dicho, es de 26,6 metros y hagamos uso de un perfil de ala que tenga un coeficiente de sustentación $C_s = 1,2$ dando a las superficies un alargamiento $\lambda = 8$.

Si el radio de la estrella central es de 1,5 m., la longitud total del aspa que tiene su nacimiento en ella será :

$$\begin{aligned} 1.^a \text{ sección } l_1 &= 4,70 - 1,50 = 3,20 \\ 2.^a \text{ sección } l_2 &= 2,35 + 2,80 = 5,15 \\ 3.^a \text{ sección } l_3 &= 9,40 \\ L &= \frac{17,75}{} \end{aligned}$$

La tercera sección se calcula $l_3 = \frac{R}{\sqrt{2}} = 9,4$

La suma de las secciones 1.^a y 2.^a, contadas en los radios, tendrán la misma longitud de 9,4, de forma que la tercera sección tendrá de separación entre anillos : $13,3 - 9,4 = 3,9$.

Fijando el alargamiento en 8

$$S = \frac{l^2}{\lambda} = \frac{17,75^2}{8} = 39,38 \text{ m}^2 \text{ siendo la cuerda media } t_m = \frac{39,38}{17,75} \text{ igual a } 2,21 \text{ mts.}$$

$$1.^a \text{ Sección } t_m \times l_1 = 7 \text{ m}^2, S_1 = 7 \times 8 = 56 \text{ m}^2$$

$$2.^a \text{ Sección } t_m \times l_2 = 11,4 \text{ m}^2, S_2 = 11,4 \times 16 = 182,4 \text{ m}^2$$

$$3.^a \text{ Sección } t_m \times l_3 = 20,8 \text{ m}^2, S_3 = 20,8 \times 32 = 665,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie vélica total } S_t = 904 \text{ m}^2$$

La fuerza ejercida por las diversas secciones, según la formula en que $C_a = 1,20$ y $V = 10$ será:

$$F_1 = 420 \text{ Kgrms p. s.}$$

$$F_2 = 1368 \quad \text{»} \quad \text{»}$$

$$F_3 = 4092 \quad \text{»} \quad \text{»}$$

Los momentos de las diversas secciones serán si $M = F \times p$.

$$M_1 = 420 \left(1,5 + \frac{3,2}{2} \right) = 1.302 \text{ Kgrms p. s.}$$

$$M_2 = 1368 \left(\frac{5,15}{2} + 2,16 \right) = 6.248,2 \quad \text{»} \quad \text{»}$$

$$M_3 = 4692 (13,3 \cos 45^\circ) = 44.136 \quad \text{»} \quad \text{»}$$

Siendo la potencia total 51.686,20 Kgrms. por segundo.

La primera y la segunda secciones, por ser radiales, tienen el punto de aplicación de la fuerza, que es perpendicular a dicho radio, y por lo tanto tangencial, en el centro de figura de cada una de las alas. En la tercera sección la fuerza, que podemos considerar también concentrada en el centro de figura, hay que aplicarla al extremo distal, ya que en el opuesto es perpendicular al radio y, por lo tanto, la fuerza encuentra en él su punto de apoyo.

Por otra parte, dicha fuerza, aplicada en el extremo distal, forma con la tangente un ángulo de 45 grados, y, por lo tanto, la fuerza tangencial, que es la activa, será igual a dicha fuerza aplicada, por el coseno de 45 grados.

Los 51.686 Kgrms. por segundo equivalen a 689 CV o a 507 KW., o sea, un total de 4.441.420 Kwats-hora al año.

Uno de los graves inconvenientes que poseen esta clase de aeroturbinas es el de la transmisión.

En cuanto las dimensiones del propulsor son un poco grandes las velocidades de rotación aplicadas al eje, disminuyen, y ello obliga a emplear multiplicadores. Por otra parte, no siendo regular la marcha del propulsor, es casi imposible acoplar un alternador, por lo cual hay que utilizar el intermedio del generador de corriente continua-motor, regulados convenientemente y con las pérdidas de rendimiento correspondientes.

Si el generador va acoplado directamente al eje propulsor, es enorme el peso que llega a adquirir la parte móvil, y si se establece fijo en la infraestructura,

la transmisión ha de efectuarse en ángulo, como en los antiguos molinos de harina.

Un camino muy utilizado hoy en día para el accionamiento a distancia de las máquinas-herramientas es el de la transmisión neumática. El propulsor puede acoplarse a un compresor de aire (máquina que puede construirse muy ligera) y transmitir la energía mecánica a un motor de esta especie instalado en el suelo que, a su vez, obrase sobre el generador eléctrico. Mas esta solución tiene sus desventajas. En efecto: el aire, al comprimirse, se calienta, pero como los compresores, aunque tratan de acercarse a la compresión isotérmica, son en realidad politrópicos y por ello el aire se refrigera, perdiendo parte de su energía interna. Más adelante, en el aeromotor, el aire se distiende y su temperatura baja considerablemente, por cuya causa el rendimiento de un aeromotor, si no se recalienta el aire antes de su introducción, no es superior al 15% de la potencia aplicada al compresor, y recalentado no pasa del 40%. Este rendimiento hace har- to onerosa la utilización de este medio de transmisión.

Sin embargo, la transmisión hidráulica, medio que es prácticamente rígido, no posee estos defectos. Aplicando el esfuerzo del propulsor a accionar un compresor de émbolos en estrella, pero que puede tener cualquier forma, capaz de aspirar el líquido y comprimirlo sobre un acumulador, formado por un cilindro lastrado, cuya entrada y salida están provistas de las oportunas válvulas, y el cual puede recibir las tuberías de presión de varios aerogeneradores dispersos en los alrededores, éste acciona, a su vez, un motor de émbolos o una hidroturbina acoplada al generador eléctrico. La regulación de la marcha de dicha turbina o motor, cosa esencial para el buen funcionamiento del generador eléctrico, puede hacerse independiente de la velocidad de giro de los propulsores aéreos. Por otra parte, cuando éstos reciban el

impulso de un fuerte viento que los embalaría irremisiblemente, en caso de que accionasen directamente el generador eléctrico, quedarán frenados por la enorme resistencia opuesta por el compresor. La unión de los tubos móviles que salen



Aeroturbina sistema Smidth

Dinamarca, país desprovisto de relieve, carece de energía hidráulica. Tampoco posee combustibles en su subsuelo. Por ello ha tratado con el mayor interés de obtener una fuente de energía autóctona que la independice de la importación de combustibles o de energía eléctrica del exterior con objeto de aplicarla a su industria. Esta máquina que se ve en la fotografía corresponde a uno de los primeros ensayos efectuados en este sentido. Estos ensayos prosiguen en la actualidad con el mayor éxito.—(Foto de la Prensa)

del compresor con los fijos que bajan al acumulador se efectuará por medio de una junta hermética coaxial.

La salida del líquido del motor o hidroturbina va a parar a un depósito desde donde es bombeado por la aspiración de los compresores. Con objeto de disminuir en lo posible este trabajo, cuando

se trate de varios propulsores instalados a distintas alturas, puede efectuarse una compensación haciendo este depósito hermético y con cámara de aire y válvula de salida reguladora, homogeneizando el rendimiento de todas las máquinas la elasticidad del aire encerrado en la cámara.

El francés J. Andreau ha resuelto todos estos problemas de una forma bien original y elegante. Dice así :

«Nuestra turbina eoliana a presión, es de gran sencillez ; permite una fabricación industrial fácil, rebaja considerablemente el costo de la instalación y, por consecuencia, el precio de la corriente. Esta turbina no tiene ni transmisión, ni engranaje. Está constituida por una hélice de tres palas de 7 metros de diámetro, que gira loca sobre un eje. Un tubo mantenido por vientos, sirve de poste de sustentación. Su altura tipo, modificable según el lugar, es de 25 metros. En su base están reunidos una turbina, un generador eléctrico y la transmisión. La hélice que arranca por sí misma, gracias a la selección de los perfiles, es de régimen rápido. Sus palas son huecas y abiertas por el extremo ; comunican con la nariz, hueca igualmente, que tapa un codo orientable que conduce al tubo.

Cuando la hélice gira, la fuerza centrífuga lanza el aire contenido en las palas. Se crea así una depresión, que descendiendo al suelo por el tubo, provoca una aspiración detrás de la turbina. El aire ambiente penetra en ésta por el distribuidor, y la pone en movimiento.

La regulación es enteramente automática ; la orientación se efectúa por un plano de cola, y el paso es variable automáticamente, adaptándose así a la velocidad del viento en vista del mejor rendimiento. A partir de 7,5 metros por segundo de velocidad del viento, la velocidad permanece constante hasta 30 m/s, en que la hélice, colocándose por sí misma en bandera, se inmoviliza para dejar pasar el huracán. Calmado el viento vuelve

por sí misma a la posición de trabajo. Las ventajas residen en la ausencia de transmisión mecánica, teniendo el generador instalado en el suelo, con lo que se puede aligerar mucho el soporte. Los gastos de entretenimiento son muy pequeños. La junta de rotación es un laberinto sin frotamiento y, en todo, sólo existen cuatro rodamientos de bola que se engrasan una vez para todas.

Las máquinas están, en principio, equipadas con una generatriz de una potencia máxima de 3,5 Kw. que se alcanzan desde que el viento es de 7,5 m/s. En caso de necesidades eléctricas mayores, la eoliana puede ser prevista para un viento de 10 m/s. en lugar de 7,5 m/s. Su potencia nominal alcanza ahora los 8 Kw. y su producción anual los 23.000 Kw-hora.

La turbina, es lo más amenudo una simple rueda de acción o de reacción. Su diámetro, y la velocidad de entrada del aire, definen su régimen para permitir el arrastre directo de la generatriz.

La turbina es un motor de arrastre perfecto, de acoplamiento regular, equilibrado y variando en sentido inverso de la velocidad ; es máximo en el arranque.

En el caso presente esta disposición tiene un gran valor industrial, porque permite la utilización de la energía de una manera independiente de lo que pasa en lo alto.

Permite, entre otras, su transformación en velocidad de rotación constante, para un alternador asíncrono cuyo estator está alimentado por la red.

En caso de descarga súbita o de ruptura de la línea, una derivación, mandada por un limitador de velocidad, corta el vacío y la turbina no se embala. Los rendimientos de estas turbinas varían entre el 80 y el 92%.

Los rendimientos útiles en corriente del conjunto de la instalación varían entre el 30 y el 55% de las pequeñas a las grandes máquinas. Podrá alcanzar probablemente el 55% en las grandes centrales.

Utilizada en potencia «salvaje», a

fil de viento, para todas las operaciones en las que no es indispensable una potencia continua, este aerogenerador, con una turbina de una potencia nominal de 5'5 CV. y una potencia media de 2 CV., puede proporcionar 48 CV. hora al día, que pueden, accionando directamente una bomba (60% de rendimiento), elevar 520 m.³ de agua a 15 metros, proporcionar en agua caliente o vapor 30.500 calorías, producir 500 kg. de hielo ó 30 Kw. h. en forma de energía eléctrica.

La constancia del viento permite presuponer 138 horas de funcionamiento semanales, 83% del tiempo, y teniendo en cuenta la amortización y el entretenimiento, el precio de la energía suministrada es nueve veces y media menor que la de la gasolina, y seis veces menor que la del gas-oil.

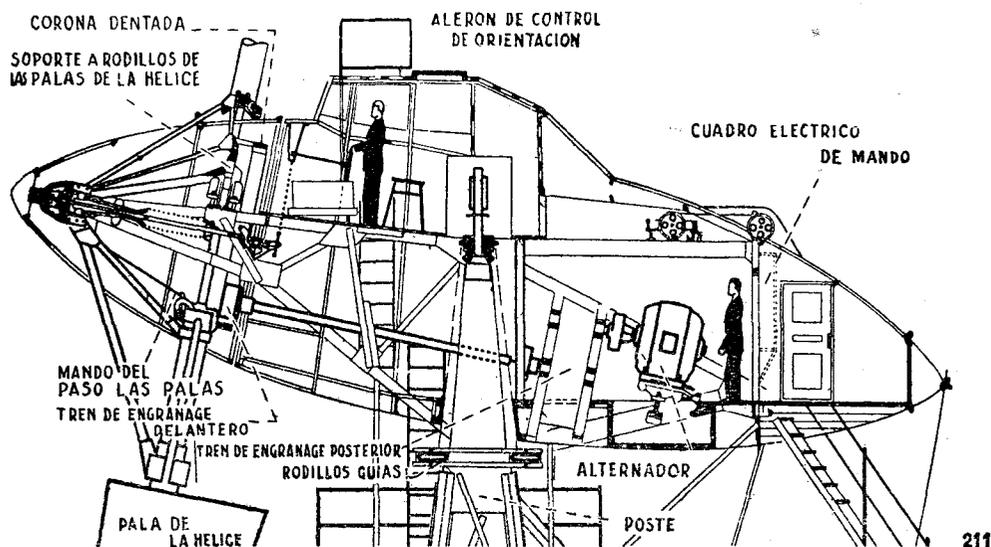
Es difícil criticar la propia invención. Prefiero dejar a las realizaciones (inminentes) demostrar la exactitud de estos asertos. Diremos que su exactitud, y la de los cálculos, altamente complicados, que han precedido a la elaboración de la máquina misma, han sido comprobados por diversas oficinas de estudios británicas, entre las cuales la filial «hélices» de la casa De Havilland. Muchas firmas conocidas cuentan con utilizar la solución Andreau en una máquina expe-

rimental de 100 Kw., construida a instigación de los servicios gubernamentales. Precisemos que en Francia ha sido estudiado y construido en seis meses un prototipo de 6'5 metros de diámetro y 8 CV. nominales, situado a 30 metros del suelo. Aunque la penuria de materiales y de medios que reinaba en la época no permitiese más que una construcción bastante rudimentaria, el aparato ha permanecido en el aire y funcionando de una manera satisfactoria durante dos años, permitiendo los ensayos de bombeo que sirvieron de base a los cálculos citados más arriba.

Estas referencias nos autorizan a hablar de una máquina más ambiciosa de la cual he emprendido el estudio con la colaboración de los servicios de l'Electricité de France.

Se trata de una eoliana de 55 metros de diámetro cuyos detalles de funcionamiento son rigurosamente idénticos a los de la de 7 metros. La hélice es de régimen rápido y la velocidad periférica de sus palas puede alcanzar los 800 km. por hora.

La turbina, de una sola rueda, gira, en principio, a una velocidad constante de 750 r. p. m., lo que da unas velocidades tangenciales relativamente débiles, del orden de 180 m/s., y permite una rea-



Navicilla del aerogenerador que se instaló en Crimea

lización ligera, fácilmente fabricada de chapa embutida.

El porta-viento es cilíndrico. Tiene 8 metros de diámetro y 30 metros del suelo (sic). La potencia máxima se alcanza con un viento de 18 m/s. Más allá permanece constante. Esta potencia nominal es de 6.300 CV. en la turbina y de 4.400 Kw. en el alternador.

Sobre esta base, y utilizada a fil de viento, se llega, tomando 1950 CV. como potencia media, a la producción cotidiana de 47.000 CV-h., lo que permite, si se utiliza en la elevación de agua a 15 metros, tal como se practica en Argelia, donde una hectárea reclama 5.000 m.³ por año, la irrigación de 31.000 hectáreas; a 40 ms. permitirá la distribución de 160 litros por persona y día en una ciudad de un millón de habitantes.

Utilizada en producir calor, proporcionaría el equivalente de 1.350 Tm. de antracita ó 1.030 Tm. de gasolina, y si se trata de electricidad proveería las necesidades de 40 a 50.000 personas, a un precio cinco veces inferior al de la energía eléctrica procedente de una presa hidráulica.

Esto en potencia «salvaje» con el tercio del tiempo sin girar. Estos precios son ya, según los presupuestos comprobados en la construcción de las eolianas, veinte veces inferiores a los de una energía equivalente obtenida por diésel.»

(De «Science et Vie». Julio 1950.)

TURBINAS DE EJE VERTICAL

El mayor inconveniente de las turbinas de eje horizontal consiste en la necesidad de orientarlas. En las pequeñas potencias ello no es causa de mayor dificultad, mas cuando las dimensiones y el peso de los propulsores son grandes, la cosa se complica mucho. Otro de los problemas es el de la transmisión, pues aparte del original sistema Andreau, o habrá que obligar al generador a girar con todo el sistema, siendo enorme el peso de la parte móvil que gravita sobre el eje vertical (caso de Grandpa's Knob) o habrá

que proveer un árbol con articulación en ángulo un poco mayor de 90°.

La idea de hacer que el generador este fijo en el suelo y su rotor sea solidario de un propulsor de eje vertical es tentadora. Sin embargo, las turbinas de eje vertical ofrecen en su realización un grave inconveniente. Se fundan en la diferencia de presión que el viento ejerce sobre los elementos móviles, según su orientación. Es decir, son diferenciales. Su rendimiento o eficacia depende de que esta diferencia sea lo más acentuada posible. Pueden dividirse en tres géneros. La turbina sistema Robinson o de cazoletas, fundada en la diferencia del coeficiente de resistencia de figura que un perfil determinado posee en sus dos caras opuestas. Se comprende que dicho elemento, solamente la mitad del ciclo es activo, y que, en la otra mitad, ofrece una cierta resistencia, que disminuye la potencia del conjunto.

El otro sistema o de álabes es muy semejante al de las turbinas hidráulicas. Superficies alabeadas ofrecen un ángulo mínimo a la entrada del aire y máximo a su salida. La energía del viento, al disminuir su velocidad, es absorbida por el árbol motor. Sistema éste que requiere la conducción del viento en una dirección determinada con un dispositivo de grandes dimensiones. Ya hemos visto que Andreau lo utiliza con fortuna como turbina secundaria en el interior de un conducto de *tiro forzado*, pero es dudoso que las velocidades normales del viento permitiesen la utilización de esta clase de turbinas. El último sistema es el de los rotores de Fletchner dispuestos en estrella alrededor de un eje central. Fundado en el efecto Magnus, individualmente cada elemento es capaz de dar mejor rendimiento que el de ningún otro sistema, mas entraña dificultades insuperables para resolver el necesario desequilibrio que ha de perseguirse alrededor del eje y sin el cual es imposible que el sistema llegue a girar.

Existe también el sistema Fernández

Oviedo, aún en período de experimentación. Su fundamento parece ser consistir en situar unos planos de sustentación verticalmente y en estrella. El efecto Bernoulli en el trasdós queda acrecentado por medio de unos Venturis creados artificialmente al pasar las palas por las proximidades de unos perfiles aerodinámicos fijos, situados en la periferia. Poseo pocos datos de esta máquina cuya perspectiva ofrece muchas esperanzas.

De momento, pues, pese a lo seductor de la idea, habrá que prescindir de los aerogeneradores de eje vertical, en tanto que nuevas investigaciones en el campo de esta clase de máquinas no resuelvan los muchos problemas que presentan.

Generadores eléctricos.—En el diseño de un aerogenerador el aerotécnico y el electrotécnico han de ir de la mano. Solamente una estrecha colaboración entre los dos es capaz de dar fruto.

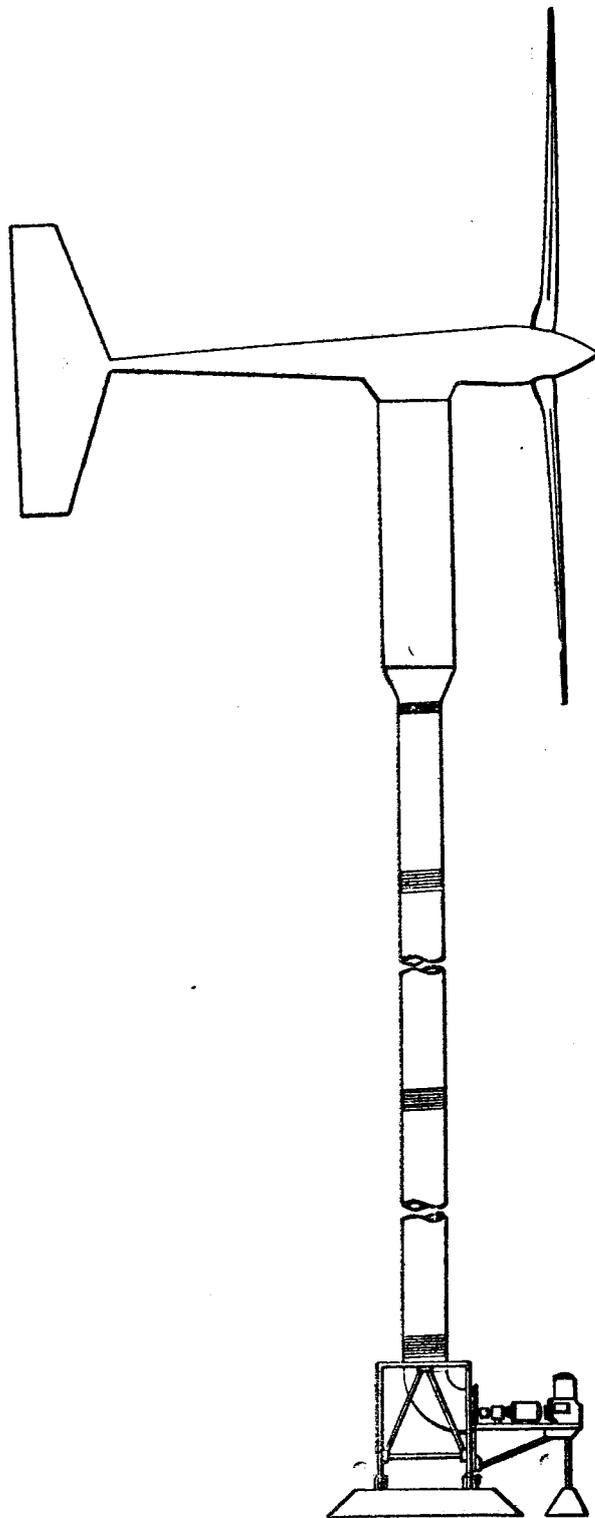
Como vimos anteriormente, si se hace uso de una dínamo de corriente continua, dada la pequeña velocidad de giro del eje propulsor, cuando éste es grande, y de la servidumbre del multiplicador, habrá que recurrir a las máquinas de régimen lento, esto es, a las multipolares.

Una dínamo de seis polos gira a 300 r. p. m., de ocho a 225 y de diez a 180 r. p. m.

Pero los generadores multipolares poseen un entrehierro muy grande y, como consecuencia, rotores de gran circunferencia, que poseerán una gran inercia y un efecto volante considerable, que, si bien tiene la ventaja de hacer la marcha regular, ofrece una elevada resistencia al arranque.

La elevadísima permeabilidad alcanzable con ciertas modernas aleaciones ferromagnéticas, asociada al elevado poder coercitivo de otras, permitiendo la construcción de campos inductores de gran intensidad en reducido espacio y la técnica de los metales pulverulentos, para su empleo en los núcleos del induci-

do, con objeto de hacer que éstos sean muy ligeros, marca nuevos caminos en la técnica constructiva, y acaso se lle-



Aerogenerador con transmisión a depresión, sistema Andreau

gue a fabricar el aerogenerador unipolar o acíclico de régimen lento.

La eoliana Andreau permite la instalación de un alternador asincrónico, acoplado directamente al eje de la turbina secundaria y excitado por el sector que, a su vez, es alimentado por una central térmica. El generador es del tipo autocompensado y asegura un coseno de φ excelente y todas las ventajas inherentes a las generatrices asincronas.

Todos los alternadores unidos a la línea están en servicio de una manera continua, mas para evitar la vigilancia necesaria a cada uno es preciso proveerlos de un automatismo perfecto, para que, en los casos en que el propulsor se detenga, falte tensión, exista un cortocircuito u otra avería, éste realice la oportuna maniobra. Asimismo es preciso que, dentro de ciertos límites, quede asegurada una velocidad de giro constante del árbol de transmisión.

El sistema Jeumont ha puesto a punto esta clase de generadores.

Acumulación de energía.—Los generadores térmicos de «hulla roja» proporcionan de una manera regular y constante la misma cantidad de energía, pero no ocurre otro tanto con los aerogeneradores, cuyas variaciones no son previsibles con exactitud, y cuya regularidad sólo es de considerar teniendo en cuenta muy largos períodos de tiempo.

Sin embargo, el consumo no puede estar a merced de estas variaciones, en cierta forma caprichosas, de la producción de energía, pues toda la organización industrial vendría por tierra.

Se hace necesario, pues, poseer un sistema amortiguador, que almacene la energía cuando la producción es superior al consumo, y la devuelva cuando, en los «picos de carga», la demanda sea mayor que la producción, o cuando los generadores eolianos estén en reposo.

En los aerogeneradores de pequeñas potencias esto se logra por medio de acumuladores electrolíticos, pero tratándose

de grandes cantidades de energía se comprende que las baterías tendrían unas dimensiones enormes y un costo elevadísimo.

Andreau propugna la acumulación de la energía eléctrica, transformándola en química en forma de hidrógeno.

Si se envía la corriente a un electrolito de agua bajo presión, se forman hidrógeno y oxígeno, que se comprimen directamente, sin compresor, en botellas. La operación es automática, y el hidrógeno comprimido constituye la reserva de energía (que será utilizada, cuando el viento proporcionare menos que la demanda), en un motor ordinario adaptado, (equipado como para funcionamiento por gas) montado sobre el árbol turbo-dinamo.

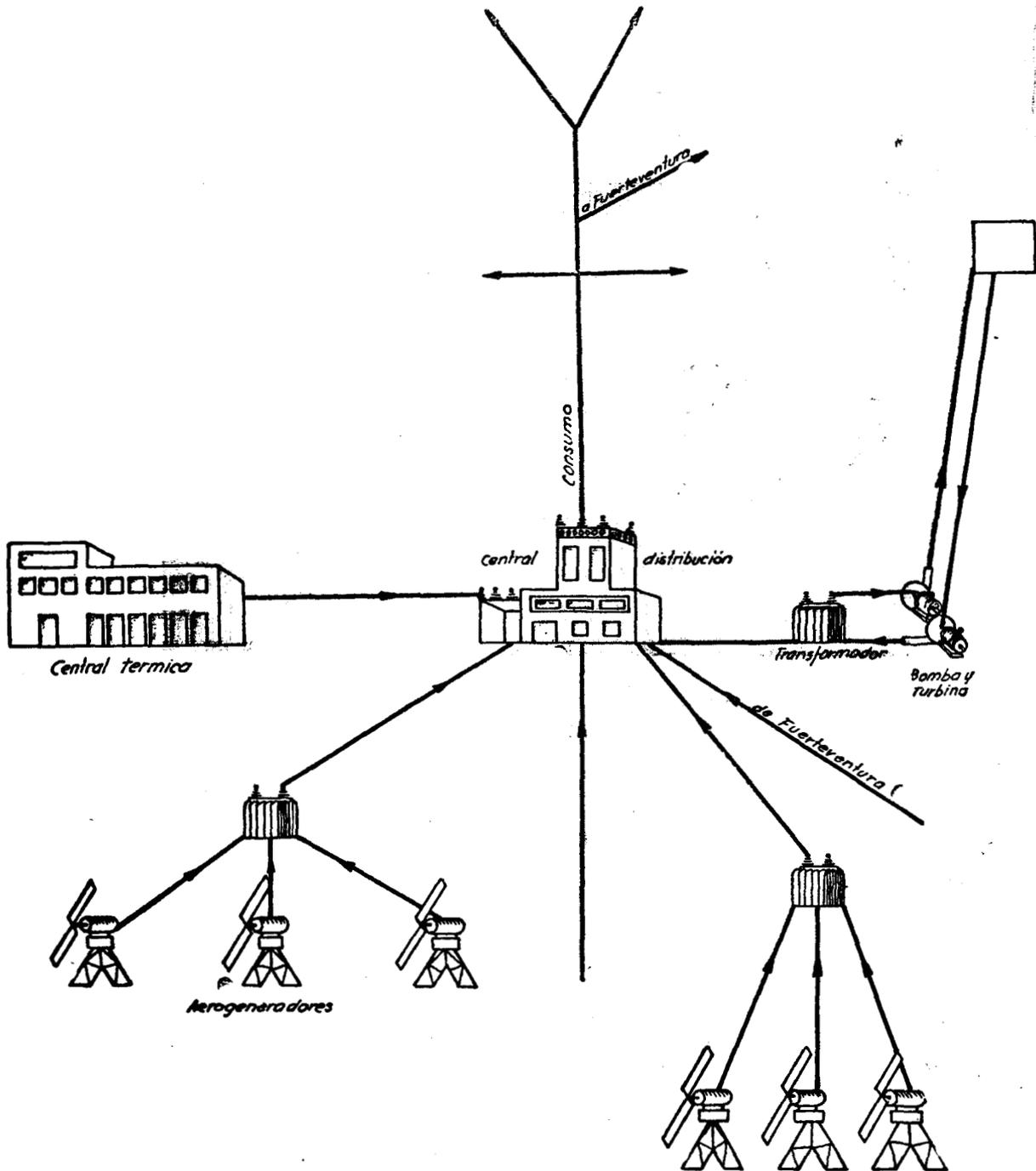
Con el electrolito bajo presión, se precisan 3,5 Kw-h. para obtener un metro cúbico de hidrógeno y 500 litros de oxígeno a 200, ó 250 Kg./cm.² de presión. El hidrógeno a 15° C y bajo la presión normal, proporciona 2.500 calorías por metro cúbico. Los trabajos de Ocmichen y Ricardo han mostrado que un motor alimentado con hidrógeno proporciona el CV-h con 0,72 a 0,8 m³ de hidrógeno, o sea 1.800 a 2.000 calorías. El rendimiento de uno de estos motores es, pues, equivalente al de un diésel. Un coche que consume 6 litros por 100 kilómetros, podrá recorrer 1.800 Km. al año con los 2.500 ms.³ producidos por una eoliana (Andreau) de 7 m. (además de 1.200 KW-h. conservados para energía eléctrica). Las cargas anuales de esta instalación suben a 4.400 francos, el beneficio con relación al precio de costo de la gasolina y la electricidad, es de 20.000 francos; tenemos además un subproducto, los 1.260 m³ de oxígeno, que en el mercado actual se venden a 50 francos el metro cúbico.

Andreau llega a propugnar también que, incluso, los tractores de la granja marchen con la energía del viento transformada en hidrógeno.

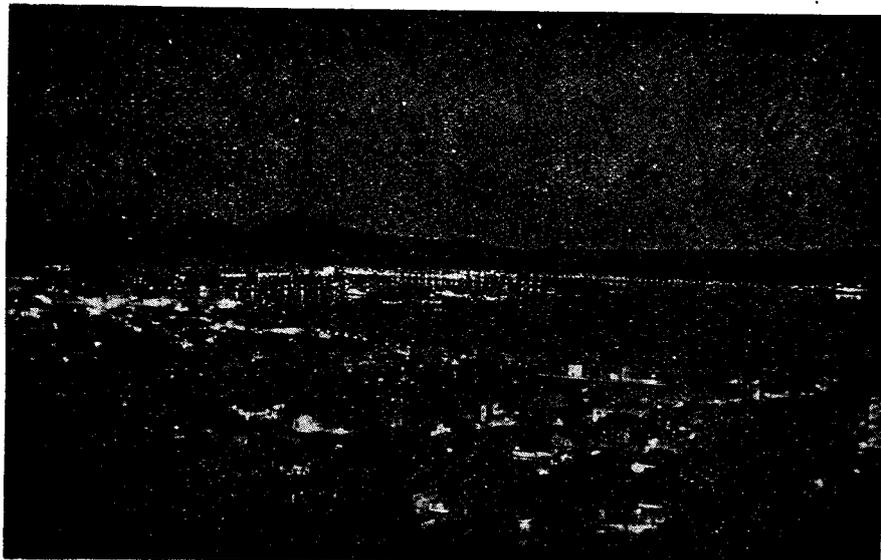
En Lanzarote no sería necesario re-

currir a estos expedientes para almacenar la energía eléctrica. El sistema más económico será indudablemente el consistente en emplear el sobrante para bombear agua hasta un depósito situado en las alturas de Haría a 400 ms. sobre el nivel del mar, aprovechando las escalonadas terrazas de su parte meridional para saltos sucesivos. Cuando la demanda

fuese superior a la producción, una tubería casi vertical de 300 ms. de desnivel, y situada en la parte septentrional, en conexión con dicho depósito y las correspondientes turbinas, devolvería esta energía. El desagüe llevará el agua ya utilizada al canal general de la cota de los 100 ms., para su distribución al resto de la Isla.



Producción y regulación de la energía eléctrica



Vista nocturna del Puerto de La Luz. Las Palmas.

(Foto Hernández Gil)

"The biggest mine of the World"

LA MAS GRANDE MINA DEL MUNDO. Asi se titula un articulo aparecido recientemente en una revista cientifica americana. Se refiere al Océano como fuente inagotable de materias primas.

Verdaderamente, nunca he comprendido por qué llamamos a nuestro planeta el globo terráqueo, en lugar de llamarlo el globo acuático, ya que tres cuartas partes de su superficie están ocupadas por los mares. La cantidad de agua que hay en el Océano se calcula en unos 14.000 millones de kilómetros cúbicos, y su peso en 1.425×10^{17} de toneladas (el 17 pequeño quiere decir que hay que escribir otros tantos ceros a continuación de 1.425).

Pero el agua del mar es muy salada, y también algo amarga. Ello es debido a las sustancias que lleva disueltas. Un metro cúbico de agua de mar está formado poco más o menos por 970 litros de agua pura; 27 y $\frac{1}{2}$ kilos de sal de cocina; 1 kilo 300 gramos de magnesio; 785 gramos de azufre; 400 gramos de calcio; 375 gramos de potasio; 62 gramos de bromo y otras pequeñas cantidades de estroncio, boro, fluor, yodo, hierro, cobre, plomo, cinc, uranio, plata, oro y radio.

Aunque estas cantidades puedan parecer pequeñas, en realidad son fantásticas. Asi por ejemplo, en toda el agua del mar hay 4×10^{16} toneladas de sal común, 2×10^{16} toneladas de magnesio metal, 9×10^{15} toneladas de bromo y $2'15 \times 10^9$ toneladas de uranio de las cuales $15'5 \times 10^6$ son de uranio 235, la primera materia para fabricar la bomba atómica. El oro se encuentra en la proporción tan exigua de seis millonésimas de gramo por cada mil litros, y, no obstante, si pudiésemos reunir todo el que se halla disuelto en el mar, formaríamos un cubo de 400 metros de arista, con un peso de medio millón de toneladas. Repartido entre todos los habitantes de la Tierra, tocaríamos a algo más de $\frac{1}{4}$ de kilo.

De estos materiales que se encuentran disueltos en el agua del mar, unos son beneficiables directamente y otros no. Depende de su concentración. Desde los tiempos más remotos se extrae la sal común evaporando el agua del mar, ya sea con la ayuda del Sol y el viento, ya haciéndola hervir, como sucede en los países muy frios. El químico alemán Haber, imaginó el pago de la deuda de guerra de su Patria con el oro sacado de las aguas del mar. Hizo sus estudios y fracasó, porque los gastos de extracción eran superiores al precio normal del oro.

En estos casos el mejor laboratorio es el biológico, y la extracción se efectúa por vía indirecta. Madreporas y moluscos fijan la cal en sus esqueletos y conchas, y recogiendo y calcinándolos, nos entregan el producto más puro conocido. El yodo se fija preferentemente en determinadas especies de algas y, después, el hombre lo encuentra concentrado en su cenizas.

Pero, en realidad, la explotación en gran escala del inmenso tesoro de primeras materias que posee el mar no ha dado comienzo hasta el año 1934. Hoy son varias las fábricas que benefician al año centenares de miles de toneladas de materias valiosas, contenidas en el agua del mar.

Mi artículo anterior terminaba con un interrogante: ¿Y después qué.....?

Suponiendo que logremos poner en marcha una gran industria eléctrica, en las islas Orientales, que nos proporcionase una cifra respetable de kilowatios, es muy posible que a muchos lectores les haya parecido que tal cantidad de energía en tierra poco poblada, carente de recursos en el subsuelo, y productos agrícolas, seria algo así como las perlas para aquél beduino de la fábula que moría de sed en el Desierto. ¿Para qué le podrían servir.....?

Sin embargo, teniendo energía y la mayor mina

del mundo al alcance de la mano, el problema no es tan difícil como parece a primera vista.

No hace mucho tiempo que no se conocía otro proceso, que el de la destilación, para convertir el agua salada en agua dulce. Ello exigía un gasto de calor considerable, tan enorme, que no se puede emplear más que para obtener las pequeñas cantidades necesarias para la alimentación, o cuando se precisa agua químicamente pura. No obstante, hoy en día, la electro-física ha mostrado caminos más ingeniosos, por medio de los cuales se atrae las sales disueltas a una especie de trampas y, una vez dentro de ellas, ya no se las deja salir. El consumo de corriente eléctrica es insignificante, y al pasar el agua de unos depósitos a otros va volviéndose cada vez más dulce, al propio tiempo que en aquellos compartimentos trampas, a donde atrajimos las sales, se obtienen verdaderas salmueras, de las que los productos salinos cristalizan fácilmente.

Este sistema de depuración del agua, se llama de electroforesis, y ha sido cada vez más empleado por la industria en estos últimos veinte años, al propio tiempo que se ha ido perfeccionando.

Los últimos vestigios de materiales salinos son más difíciles de extraer, con la ayuda de la electricidad, sin un gasto excesivo de corriente, pero, entonces, acuden en nuestra ayuda unos filtros especiales, llamados permutadores o cambiadores de iones, hechos de baquelita esponjosa, que retienen las sales y dejan pasar el agua completamente pura. Cuando estos filtros se han saturado de sal, hay que regene-

rarlos por medio de un chorro de vapor o de unos productos químicos especiales, pero después vuelven a funcionar como si tal cosa.

Mientras tanto el agua dulce bombeada hasta depósitos colocados a diferentes alturas y conducida por canalizaciones apropiadas, se distribuye como un verdadero río o un sistema fluvial, por la superficie de las dos islas.

¿Qué cantidad de agua se podrá suministrar por este procedimiento?

Es fácil de comprender que el método tiene sus limitaciones.

Necesitamos energía: 1.º Para elevar el agua desde el mar hasta la fábrica de agua dulce y después para bombearla a los canales situados a distintas alturas. 2.º Para convertir el agua salada en dulce en las cubas de electroforesis. La primera limitación nos la impondrá, pues, la cantidad de energía disponible y el presupuesto de consumo de ella por metro cúbico de agua transformada y elevada a una altura tipo.

Pero hay que tener en cuenta que un gasto no muy grande de un metro cúbico por segundo, representa al año 946 millones de toneladas de agua que dejarán unas 28.000 toneladas de sal bruta. Ahora bien, para cubrir todas las posibilidades de riego de la Isla habría que quintuplicar por lo menos esta cifra de agua y entonces ¿dónde meteríamos tanta sal y que haríamos con ella? y ¿qué cantidad de energía demandará su transformación en materias útiles?

Y es sobre este tema sobre el que versará el próximo artículo.

Potabilización del agua del mar ⁽¹⁾

En la misma orilla de los océanos existen grandes extensiones de territorios desérticos, por falta de lluvias. La necesidad, cada vez más acuciante, de lograr nuevas comarcas donde asentar la población, sin cesar creciente, de la Tierra, atrajo desde hace tiempo el interés de algunos investigadores sobre la posibilidad de potabilizar el agua del Océano, con objeto de aplicarla, no sólo al consumo humano, sino a la irrigación de aquellos territorios ribereños desérticos.

Después de la Guerra Mundial, se ha recrudecido más, si cabe, el viejo problema, y tanto el Gobierno norteamericano como el portugués, han abierto sendos concursos con objeto de subvenir, por potabilización del agua marina, a la demanda de dicho elemento que existe en las costas del Pacífico y en las islas Azores y de Madera, para ambos Estados.

La potabilización del agua del mar se reduce, en definitiva, a extraer de la misma las sales que lleve en disolución, y en un exceso notable. Los métodos generales de potabilización o depuración del agua continental, no le son de aplicación. Los procedimientos mecánicos de sedimentación y filtración son inoperantes. Los procedimientos físico-químicos

de coagulación, así como los químicos de insolubilización o precipitación, son ineficaces, pues las sales de sodio, con muy raras excepciones, son todas solubles, y las insolubles requieren reactivos tóxicos y carísimos.

El sistema de permutación iónica acaso pudiese aplicarse desde el punto de vista teórico, mas adviértase que las sales contenidas en un metro cúbico de agua de mar pesan alrededor de 30 kilos y que, por lo tanto, requerirían cantidades ingentes de materiales cambiadores de iones, y que, para regenerar éstos, también serían precisas considerables masas de agua dulce, con lo que quedaríamos, a la postre, si lográbamos resolver económicamente el primer problema, encerrados en un círculo vicioso.

Resta, pues, al parecer, un único camino, y por él se han lanzado los americanos.

«La destilación del agua del mar. El «New York Herald» ha publicado últimamente una información sobre la destilación del agua del mar, problema que nuevamente, después de varios siglos de preocupaciones sin cuento, vuelve a estar de actualidad. Según el citado periódico funcionan en las costas norteamericanas del Pacífico varias fábricas de destilación de agua del mar. El fin práctico de estas experiencias es la irrigación, por medio del agua del Pacífico, de importantes zonas del Oeste americano, a las cuales se pretende convertir en territorios poblados por más de diez millo-

(1) El tema de que se trata en este capítulo es pieza clave del sistema. Deliberadamente se ha extractado muchísimo, por razones fáciles de suponer. No obstante es de esperar que el lector encuentre bastante claridad para formarse un cabal concepto de la cuestión.

nes de habitantes. De todas maneras, el problema de la destilación del agua del mar es antiguo en los EE. UU. Los buques de la Marina han dedicado muchos esfuerzos a resolver la cuestión. Durante la guerra, la Armada Norteamericana logró avances sensacionales en la batalla de la conversión del agua del mar en agua dulce. Se calcula que en la actualidad se destila ocho veces más agua salada que en 1939. Las máquinas prestadas por la Marina Norteamericana a la Secretaría del Interior han logrado, en ocasiones, destilar más de 18.000 litros por hora. Se calcula que los gastos de destilación suponen unos 37 francos franceses por cada metro cúbico de agua marina.» (Mundo, X - 495. 30 Octubre 1949.)

Sin embargo, tampoco este camino es realmente práctico.

Considerado simplistamente, la evaporación de un litro de agua a 100° y presión normal, requiere un gasto de 639 calorías. Pero como ningún sistema de calefacción asegura el aprovechamiento íntegro del calor producido, un rendimiento del 50 por ciento puede considerarse como bueno, de donde resulta que para convertir en vapor un metro cúbico de agua de mar, habremos de presuponer un consumo de un millón y cuarto de calorías, que a un precio, si se trata de aceite pesado, de 0,045 pesetas las mil calorías (425'00 pesetas la tonelada de 10.400 calorías por kilo), arrojan un total de 56'00 pesetas el metro cúbico de agua. Así se comprende que se haya tratado por todos los medios de economizar el calor empleado, ya sea evitando las pérdidas del mismo, ya recuperando el utilizado en convertir el líquido en vapor, al pasar de la fase de vapor a la de líquido.

El calor total de vaporización del agua se divide en las partes siguientes:

Una cierta cantidad q se emplea en elevar la temperatura del líquido hasta el punto de ebullición.

Otra cantidad ρ se emplea en vencer la cohesión molecular: calor interno

de vaporización. Por último, otra cierta cantidad φ se emplea en vencer la presión externa que le ofrece la atmósfera: calor externo de vaporización. Donde $\varphi = A.p.u.$ A es el valor recíproco $1/427$ del equivalente mecánico del calor; p , la presión, y u , el aumento de volumen.

Se llama calor de vaporización V a la suma de los calores internos y externos de vaporización $\rho + \varphi$ y calor del vapor I , a la suma del calor del líquido q y el calor interno de vaporización ρ .

Ahora bien, el camino seguido para lograr la economía de que antes hablé, atiende, paso a paso, a cada uno de estos factores.

Calor del líquido.—Supuesta una máquina vaporizadora en funcionamiento y con una masa previa de agua calentada hasta el punto de ebullición, a medida que el líquido disminuye para convertirse en vapor, habrá que reponerlo con nuevo líquido frío, procedente de un depósito exterior, mas como el vapor condensado se encuentra precisamente un punto por debajo del de ebullición, si su evacuación se efectúa a través de un recuperador de calor, por el que circula el agua de alimentación, ésta se calentará antes de su entrada en la máquina. Dosificando cuidadosamente la cantidad de agua a reponer, en proporción al vapor producido, y suponiendo (lo que prácticamente es imposible) que no existen pérdidas al exterior, la temperatura adquirida por el agua de alimentación será la media entre la suya y la del vapor condensado. Ello significa que *teóricamente* puede recuperarse la mitad de la cantidad de calor q del líquido ya que solamente tendremos que proporcionar las calorías necesarias para llevar la temperatura del agua de alimentación

desde dicha temperatura media $\frac{t_e + t_0}{2}$

hasta el punto de ebullición t_e . Claro está, que partimos del supuesto de que el calor específico del agua sea el mismo a todas las temperaturas, lo cual, si bien

no es cierto, varía muy poco entre los límites prácticos de nuestro problema.

Calor de vaporización.—Como sabemos, está formado de dos sumandos, uno es fijo para cada temperatura, el otro φ varía con la presión externa, de manera que cuanto menor sea ésta, menor será también el calor que hayamos de aportar.

Existen desde hace tiempo evaporadores en los que el vapor producido en una caldera se hace pasar por un eyector, que produce un vacío parcial en la caldera siguiente, cuya temperatura de ebullición será así más baja.

El calor interno de vaporización, empleado en romper la cohesión molecular, se desprende nuevamente al condensarse en líquido dicho vapor. Por ello, en las máquinas hervidoras denominadas de múltiple efecto, se calientan las calderas por medio de serpentines, en los que se condensa el vapor formado en la anterior. Naturalmente, que para que hierva el líquido contenido en ellas es necesario que la presión interna sea inferior a la correspondiente a la temperatura de condensación del vapor calefactor.

Todos estos sistemas han sido resumidos y sintetizados en la máquina vaporizadora de la Armada Norteamericana, empleada profusamente durante la

guerra para producir agua destilada de una forma económica a partir del agua del mar. Está fundada en el evaporador alemán ESCHER-WYSS. «Autovapor». (Henglein.—Tratado de tecnología química. Pág. 81. Marín. Barcelona, 1943.)

En líneas generales, consiste (fig. 37) en una caldera cuidadosamente termofugada T , que se llena de agua marina, calentándose hasta la temperatura de ebullición, o sea alrededor de los 104° a la presión de 760 m/m. Cuando el agua rompe a hervir, se suspende la calefacción y comienza un proceso que calificáramos de mecánico. En C , existe un compresor centrífugo que entra en funcionamiento. Extrae el vapor del interior de la caldera, por el tubo A , creando en ella una depresión, por lo que disminuye el punto de ebullición, con lo que el agua sigue hirviendo, a pesar de haber suprimido la calefacción. El compresor C , conduce el vapor a un sistema tubular P , en el interior de la caldera, donde lo comprime, y, entonces, al condensarse el vapor, devuelve el calor interno de vaporización que es aprovechado por el agua que rodea P , para vencer su cohesión molecular. A la salida de la válvula V , tendremos agua destilada a una temperatura (por debajo del nivel de ebullición del agua marina a la presión parcial lograda en el interior). Pasa entonces por el cambiador de temperatu-

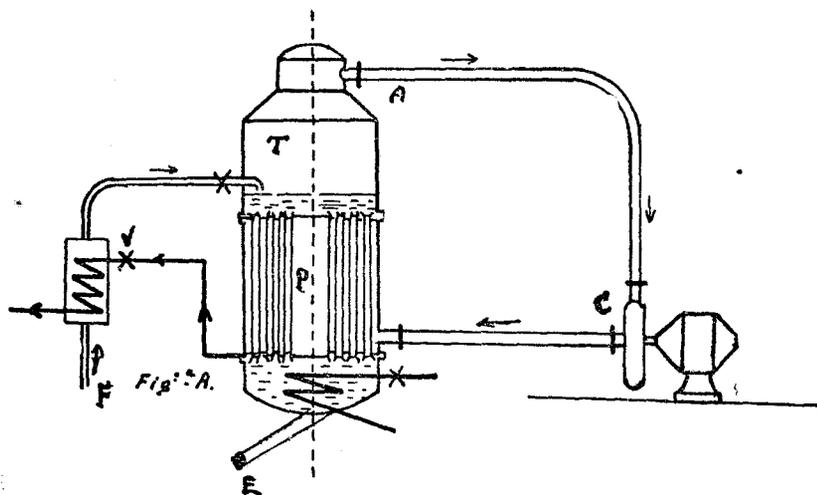


Figura 37

ra *I*, y calienta el agua de alimentación que penetra fría por *F*.

Complemento de este dispositivo es la evacuación periódica de las sales formadas, lo que verifica por *E* un dispositivo eléctrico automático.

Ventajas del sistema.—Pueden resumirse diciendo que de todos los sistemas de destilación térmica es el más perfecto y económico.

Inconvenientes.—Los fabricantes de estos aparatos no señalan, como sería de desear, el costo en calorías del agua destilada. Al menos, en la propaganda que he tenido en mi poder sólo se habla del costo en dólares o del gasto en fuel. Pero ninguno de los dos nos dice el precio que hay que pagar por el fluido eléctrico para el turbo-compresor *C*, sin duda el más importante de los gastos.

Aunque no poseo la menor experiencia sobre este método de destilación, creo que un esquema de balance de la energía consumida y recuperada puede ser el representado en la fig. 38. El vapor de agua conteniendo todo su calor *I*, sale por 1, llega al compresor 2, y retorna al calefactor 4. Para ello ha de ser movido por medio de una máquina que consume, convertida en trabajo, una energía 3. El vapor liquidado en 4, re-

torna parte de su energía al agua de la caldera. En el mejor de los casos esta energía es el calor ρ mientras que el ρ sale por 5, cediendo en el recuperador la mitad al agua de alimentación y perdiéndose el resto con el agua destilada por 7. Es inevitable la pérdida de calor por radiación y conducción en todo el conjunto de caldera, tuberías y compresor, y lo representamos por 8. A medida que se van formando las sales se evacúan, a la temperatura de la caldera, y esto representa otra pérdida en 9.

Estas pérdidas hay que reponerlas y se efectúa no solamente por medio del compresor 2, sino del calefactor general 10.

La suma de 3 y 10, debe equivaler, por lo tanto, a la suma de 7, 8 y 9.

Veamos ahora a cuánto alcanzarán, probablemente, estas pérdidas.

$$7 = \frac{1}{2} q = 45 \text{ cal.} \times \text{litro.}$$

$$8 = \text{pérdidas por fugas en el aislamiento térmico y rozamientos} = 20\% \text{ de } \lambda = 136 \text{ cal.} \times \text{litro.}$$

$$9 = \text{pérdida de calor por evacuación de sales} = 55,5 \text{ cal.} \times \text{litro.}$$

En total cada litro de agua consume 236 calorías. De estas calorías las proporcionadas por el trabajo del compresor no pueden aplicarse íntegramente,

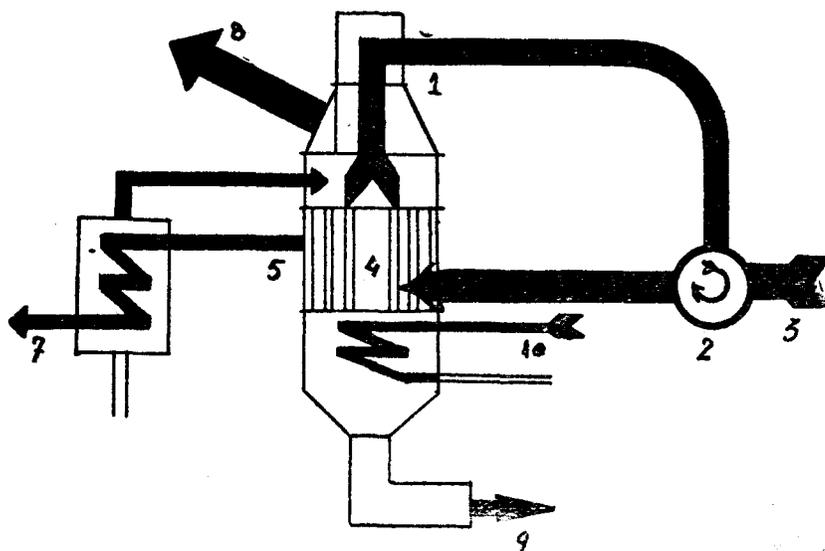


Figura 38

ya que el rendimiento de la máquina no será el 100×100 del teórico, de modo que habrá que calcular asimismo una pérdida por rendimiento, que nos redondeará las calorías efectivas necesarias aproximadamente en 250, y calculando a razón de las 0'045 pesetas las mil calorías, arrojan un total de 11'25 pesetas el metro cúbico, cantidad verdaderamente baja y que aún puede ser reducida bastante si la energía eléctrica es realmente barata.

Pero no lo es tanto que aconseje su uso para otro destino que para la bebida, en circunstancias excepcionales. Por otra parte no es este su único inconveniente. En primer lugar está la subordinación al suministro de combustible que ha de traerse de allende el mar y no solamente está sujeto a las fluctuaciones de los mercados, sino a las luctuosas con-

secuencias de guerras y bloqueos. Por otra parte, las calderas han de estar construídas con los mejores materiales, tanto para que las pérdidas sean mínimas, como para que sus paredes no sean fácilmente corroídas por las sales a alta temperatura y concentración. Sus dimensiones, o multiplicidad, serán también grandes para que el rendimiento sea apreciable, y se requiere una instalación aneja de vapor para la calefacción general. De aquí un gasto de instalación respetable que repercute en la amortización, así como de entretenimiento, reparación y reposición. Los aparatos son de funcionamiento bastante crítico y, consecuentemente, delicado, requiriendo vigilancia constante por personal idóneo.

Este aparato ha sido perfeccionado y modificado por Block. Se encontraban

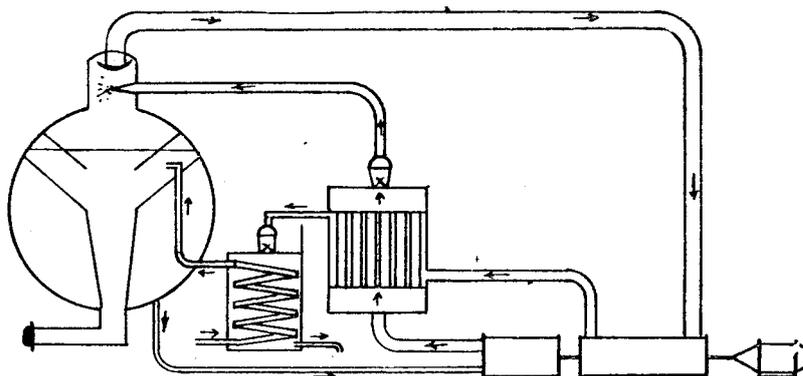


Figura 39

para su aplicación a la destilación del agua del mar algunos defectos de orden técnico. Estos eran: las burbujas desprendidas a lo largo de los tubos de calefacción, al ascender a la superficie, así como las corrientes de convección, agitaban y mezclaban el agua salada de la caldera, que, al concentrarse, tiende a situarse en capas, por orden decreciente de densidades. De ello resultaba que ésta se tornaba homogénea y se iba enriqueciendo en sales en toda su masa, en lugar de hacerlo sólo en la parte inferior, de forma que, cuando aquéllas cristalizaban, lo hacían en todos los lugares ba-

ñados por el agua, y de aquí resultaba que, con frecuencia, había de suspenderse la operación para desincrustar, so pena de reponer parte del agua concentrada y caliente por otra fresca, con la consiguiente pérdida de calor.

Otro inconveniente era la lentitud en producirse el vapor, por la pequeña superficie libre del líquido, dada la forma cilindrovertical de la caldera.

La modificación (figs. 39 y 40) consiste en aplicar el calor latente recuperado a una pequeña cantidad de agua caliente que se inyecta pulverizada finamente en el interior de la caldera, con lo

cual se vaporiza instantáneamente en casi su totalidad. La parte no vaporizada, junto con la sal, cae a través de dos em-

budos colocados uno encima de otro, y se va depositando en el fondo del interior, el cual solo está en comunicación

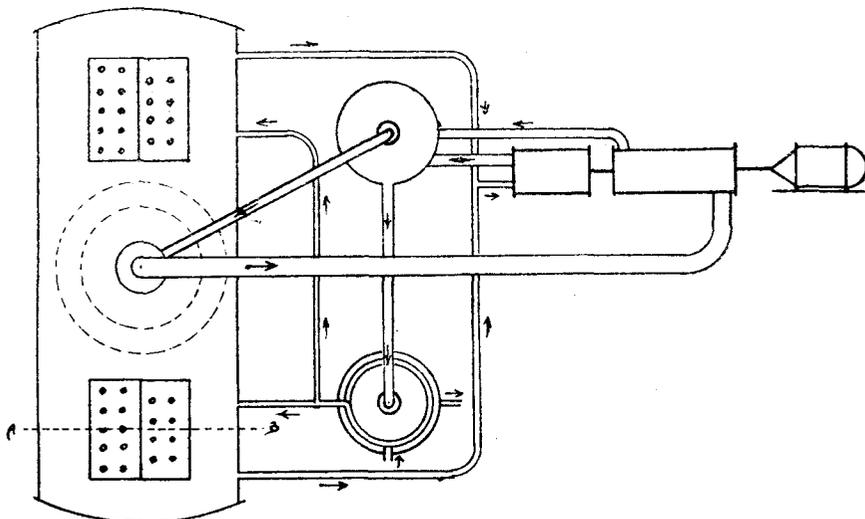


Figura 40

con el agua del resto de la caldera por su nivel superior. La caldera es cilindro-horizonta y el agua, a la cual se comunica solamente el calor del líquido *q*, por medio de unos calefactores sistema Wytkowicz, no puede concentrarse hasta el punto de cristalización, ya que prácticamente la evaporación no se verifica en el seno del líquido, sino en la atmósfera, encima del primer embudo.

También Block modificó el compresor del destilador Escher-Wyss,, que era rotatorio, de aletas extensibles, sustituyéndolo por un turbo-compresor helicoidal de construcción especial, mucho más efectivo. La calefacción, eléctrica, se efectúa por medio de aceite caliente que de una caldera cuidadosamente termofugada, en cuyo interior unos alambres de acero inoxidable, sumergidos en el líquido, ejercen el papel de resistencias, es impulsado por una bomba a los elementos Wytkowicz.

Pero estas modificaciones no han mejorado el rendimiento económico del sistema. Solamente han logrado hacer que sea más eficaz y perfecto desde el punto de vista técnico. Se explica pues, que, a pesar de tenerlos instalados ya, el Gobier-

no Americano, el día primero de Septiembre de 1.950, las Agencias periodísticas hayan difundido la noticia: «Washington, 31.-El presidente Truman desea que el Congreso autorice al Departamento del Interior para que se inicie el estudio de la posibilidad de transformar en potable el agua del mar; se dice de fuente autorizada. Se añade que con este objeto Truman ha pedido una consignación oficial de diez millones de dólares. La transformación del agua del mar en potable, según declaraciones hechas ante la Comisión de Terrenos Públicos de la Cámara, es un plan que el Presidente desea llevar a la práctica. El informe oficial presentado a la Comisión señala que el agua que sea transformada, sería empleada principalmente en usos industriales, municipales y de regadío.»

Potabilización eléctrica.—Existe, por último, un procedimiento cuyo fundamento es el siguiente :

El agua del mar es una disolución de un conjunto de sales minerales y, por lo tanto, un electrolito. Para mayor facilidad en la comprensión de lo que sigue, supongámosla formada por la disolución

de una sola clase de sal y sea ésta el cloruro sódico, Cl Na . Si introducimos en el seno de una cuba o depósito conteniendo agua con una cierta cantidad de cloruro de sodio disuelto, dos planchas conductoras o electrodos, y unimos éstas a una fuente de corriente continua eléctrica, es sabido de todo el mundo que el sodio se dirigirá al polo negativo, o cátodo, y el cloro al positivo, o ánodo. También es sabido que el cloro deposita entonces el electrón que le sobra y, al neutralizarse, deja de ser ión, toma la forma atómica y puede suceder una de las tres cosas siguientes: Que reaccione con el electrolito, que ataque al electrodo o que se desprenda en forma de gas molecular. Lo mismo sucede con el metal sodio. Este adquiere el electrón que le falta y se deposita en el electrodo. En este caso particular, como el sodio es atacable por el electrolito o por el agua, reacciona con ellos. De todas formas, hemos de considerar dos fenómenos preliminares admitidos por todos los autores. Estos son: 1.º La disociación iónica preexiste en el electrolito antes del paso de la corriente. 2.º La corriente, o mejor, el potencial eléctrico aplicado a los electrodos, ejerce su acción sobre los iones, orientando, atrayendo y neutralizando éstos y precisamente estas tres distintas y sucesivas acciones, son función del potencial del campo eléctrico, las dos primeras, y de la intensidad de la corriente la tercera.

Es decir: Los iones existen ya en la disolución en estado de agitación caótica, debido a los choques contra las moléculas del disolvente y a las repulsiones que entre sí ejercen. Si introducimos estos iones en un campo eléctrico, se orientarán en él según sus polaridades y, después de orientados, se dirigirán a lo largo de las líneas de fuerza en la dirección de los electrodos respectivos, siendo, como es lógico, su velocidad de desplazamiento función de su masa, volumen, superficie, carga eléctrica, viscosidad del líquido, temperatura, etc., etc. y del potencial del campo eléctrico por el que cir-

culan. Una vez en contacto con el electrodo, neutralizan su carga eléctrica, bien por deposición, bien por sustracción de electrones, y dejan entonces el estado iónico. Pero esta transformación depende de la intensidad de la corriente establecida, no del potencial del campo eléctrico.

Supongamos ahora que rodeamos al electrodo de una pantalla conductora y permeable al electrolito, a la cual se aplica un potencial opuesto, o contrario, al de dicho electrodo, y considerablemente menor. En este caso se formarán dos campos parciales más pequeños, ya que su potencial no podrá ser superior al correspondiente al electrodo de potencial menor, y como existe un exceso de tensión en el otro electrodo, las líneas de fuerza pasarán a través de los poros o espacios vacíos del electrodo secundario, para dar lugar a la existencia de un campo eléctrico de orden superior entre dichos dos electrodos principales, cortado incompletamente por los electrodos secundarios.

Si ahora suponemos un ión dentro del espacio comprendido por el doble sistema de electrodos, se orientará según su polaridad y marchará en dirección del electrodo principal correspondiente, que le atrae con una fuerza considerable, venciendo la repulsión que le ofrece el electrodo secundario, de polaridad igual a la suya, merced al tamaño de los poros de la pantalla y la enorme diferencia de potenciales que en dichos puntos existe entre el campo eléctrico creado por los electrodos principales entre sí, y el creado entre éstos y los secundarios. De esta manera, habremos logrado introducir en dichos espacios secundarios interelectrónicos los iones correspondientes; mas si las corrientes de difusión, o la agitación del electrolito, trata entonces de arrancar al ión de las proximidades del extremo del campo eléctrico principal, donde se concentró con otros semejantes, interviene ahora de una forma efectiva la repulsión que sobre él ejerce el electrodo

secundario más próximo, y ya le será imposible repararlo. Habrá quedado *encerrado como en una trampa* en el espacio comprendido entre el electrodo principal y el secundario (fig. 41).

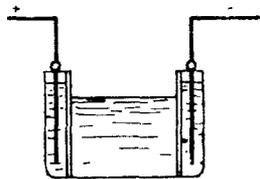


Figura 41

Conductividad del electrolito.—La facilidad con que una corriente eléctrica atraviesa un electrolito, depende del número de iones libres y de la resistencia que éstos encuentran para moverse. En una cuba electrolítica, al dar corriente a los electrodos, los iones se ponen en movimiento bajo la acción de las atracciones y repulsiones que se ejercen entre ellos y los electrodos. Este movimiento desarrolla contra las moléculas del disolvente un frotamiento relativamente considerable, y que aumenta con la rapidez del ión, de tal suerte que, al cabo de un tiempo muy corto, el ión habrá alcanzado una velocidad constante, proporcional a la fuerza que lo solicita, es decir, al campo eléctrico en el que se mueve.

Se llama resistencia específica de un electrolito a la resistencia óhmica que ofrece al paso de la corriente un cubo de electrolito de un centímetro de lado. La inversa es la conductividad específica.

Se llama equivalente gramo de un cuerpo al cociente de dividir su peso molecular, en gramos, por la valencia. La concentración es el número de equivalentes gramo de un cuerpo contenidos en un c. c. de disolución. La dilución, o volumen equivalente, es la inversa de la concentración. De aquí resulta que la conductividad equivalente estará expresada por el producto de la conductividad específica, por la superficie de los electrodos capaces de contener a un centíme-

tro de distancia un equivalente gramo, o bien, el producto de la conductividad específica por la dilución o volumen equivalente, o el cociente de la conductividad específica por la concentración. De aquí se deduce que la conductividad equivalente crece con la dilución hasta un cierto límite, a partir del cual se mantiene sensiblemente invariable. Entonces hemos alcanzado lo que se llama conductividad equivalente límite. Esto es también consecuencia de que la conductividad equivalente es mayor cuanto mayor es el número de iones formados, y éstos son una consecuencia de la dilución, mas una vez que todos los iones se han disociado, por mucho que aumentemos la dilución, no lograremos poner más iones en libertad y, por lo tanto, la conductividad permanecerá invariable.

Cuando se disuelve un cuerpo capaz de ionizarse, puede suceder que no todas sus moléculas tomen dicho estado. La relación entre el número de moléculas ionizadas y el número total de moléculas introducidas, se llama coeficiente de disociación. Se demuestra en físico-química que el coeficiente de disociación crece, y tiende hacia uno, cuando la concentración disminuye y tiende a cero.

Al crecer la temperatura disminuye el grado de viscosidad del disolvente y por lo tanto aumenta la velocidad de los iones y, como consecuencia, la conductividad del electrolito, siempre que dicho aumento de temperatura no haya influido desfavorablemente sobre el grado de ionización.

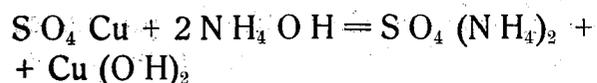
Cuando son varios los electrolitos disueltos en el mismo líquido, si éstos no reaccionan entre sí, ni tienen ningún ión común, la conductividad específica del conjunto es la suma de las conductividades específicas de los componentes. Mas esta regla no es válida en los demás casos citados. Cuando los componentes reaccionan entre sí, sus complejos pueden dar lugar a nuevos iones y diversos grados de disociación, los cuales imprimirán su nueva característica a la conductividad

específica del conjunto. El resultado es la disminución de la solubilidad del electrólito. Por ejemplo: si recogemos H Cl sobre la disolución de un cloruro alcalino, éste se precipita e insolubiliza.

Esto sucede así mientras el resultado de la unión de diversas sales no produce reacciones secundarias, pues cuando así se verifica, el fenómeno es mucho más complejo. Así, la adición de CO_2 al $\text{Ca}(\text{OH})_2$ determina la precipitación del $\text{CO}_3 \text{Ca}$; $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CO}_3 \text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$ mas si seguimos añadiendo CO_2 se produce una redisolución por formación de un carbonato ácido



El sulfato de cobre precipita con amoníaco



pero un exceso de amoníaco redissuelve el hidróxido de cobre por formación del compuesto cuproamónico.

La introducción de varios electrólitos con iones comunes hace variar el grado de ionización de éstos, y, por lo tanto, varía también la conductividad específica.

Existen dificultades, casi insuperables, para conocer la composición del agua del mar. El análisis solamente nos enseña la cantidad proporcional de cada uno de los iones que en la misma se encuentran disueltos, pero no nos dice nada sobre la forma de estar dichos iones combinados entre sí, cuando la disociación electrolítica no es completa. Por otra parte la cristalización, por evaporación, de sus sales minerales tampoco nos puede orientar mucho en el conocimiento de la forma de estar asociados aniones y cationes. Ello es debido a que las sales obtenidas son completamente diferentes según la temperatura a que éstas cristalizan, y, además, a que existen una serie de procesos secundarios, según los cuales, alguna parte de las cristalizadas anteriormente se redissuelven cuando la concentración es mayor, y empiezan a depositar-

se otras sales que al principio eran más solubles.

Un amplio estudio de estos fenómenos ha sido efectuado por Van't Hoff y sus discípulos y publicado en *Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen.*—*Akadem. Verlagsgesellschaft.* 1912.—*Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen.* Vieweg 1905 y 1909.—Ha sido publicado un sumario de las informaciones por E. F. Armstrong en *Reports of the British Association*, pág. 262.

Velocidad de los iones.—En la electrolisis de una solución, en la que los electrodos están sumergidos dentro de sendos vasos vaporosos, se comprueba que, pasado cierto tiempo, las cámaras electrolíticas se han empobrecido en el electrólito. Las cantidades desaparecidas en las regiones anódica y catódica son proporcionales a las movilidades de los respectivos iones. Estas movilidades, a su vez, son proporcionales a las velocidades con que los iones se trasladan. Se llama índice de transporte a la relación existente entre la velocidad de transporte de un ión y la suma de las velocidades de los dos iones. Si el número del transporte, para el catión de una sal, es 1, significa que toda la electricidad ha sido transportada por este ión. Este caso es imaginario, puesto que significaría que uno de los iones se desplaza con lentitud infinita con respecto al otro. Si el número de transporte es 0,5 esto significa que la mitad de la electricidad es transportada por cada uno de los iones. Así se puede considerar al número de transporte ya como la relación de la velocidad del ión a la suma absoluta de las velocidades de los dos iones, ya como la fracción de carga transportada por el ión, puesto que cuanto más rápido sea, mayor será la carga transportada en la unidad de tiempo.

La velocidad absoluta de los iones es función de la tensión y de la conductividad equivalente. En general, es muy pe-

queña; así para una caída de potencial de un voltio por centímetro, los valores obtenidos para algunos iones son:

$K = 0,00067$; $Cl = 0,0068$; $Na = 0,00045$.

Resistencia de los diafragmas porosos.—Los diafragmas porosos ofrecen una resistencia al paso de la corriente que está relacionada con la porosidad, que es, a su vez, la relación que existe entre el volumen de los poros y el volumen total del diafragma. La pérdida de tensión que dicha resistencia origina es directamente proporcional al duplo de la intensidad de la corriente en el diafragma, a la resistencia específica del electrólito y al espesor de dicho diafragma, e inversamente proporcional al volumen de los poros. Si el diafragma está polarizado, como en nuestro caso, la repulsión que ejercerá sobre los iones del mismo nombre sigue la ley de Coulomb de la acción de las cargas eléctricas.

Energía necesaria para la electrólisis.—Para que la electrólisis se verifique, es necesario gastar una energía en forma de trabajo eléctrico, que es el resultado de multiplicar la tensión aplicada en los bornes de la cuba por la cantidad de electricidad, siendo esta última igual a la intensidad de la corriente por el tiempo.

Esta energía se descompone en la forma siguiente: 1º La necesaria para la descomposición del electrólito en sus elementos, que absorbe una cantidad equivalente a la que se desprendió al formarse la combinación. 2º En compensar la fuerza contraelectromotriz o de polarización, formada al ser la cuba una pila reversible. 3º En vencer la resistencia óhmica que ofrece al paso de la corriente el baño. Y 4º Transportar los iones hasta los electrodos. Aquí son de mencionar los postulados de Berthelot y Esprague. Dice el primero: «Para lograr la electrólisis de un compuesto dado, es necesario emplear una tensión determinada, la cual será proporcional al calor gastado para la transformación inversa del com-

puesto.» Y el segundo: «Cuando una corriente eléctrica se aplica a varios electrólitos, aquel cuyo calor de formación sea menor, será el primero que sufrirá la descomposición por aquélla.» Esta cantidad de energía empleada en la descomposición es la más considerable de toda la consumida en un proceso electrolítico; mas, por otra parte, completamente inútil en nuestro caso, en que no se trata de depositar los iones en los electrodos.

Como puede verse, el problema está centrado en formar un campo eléctrico, cuyo potencial sea el necesario para orientar y atraer a los iones hacia los depósitos electrolíticos, pero sin que la tensión ni menos la intensidad de la corriente, sean tales que puedan llegar a producir una descomposición electrolítica, que no es necesaria. El ideal sería el no llegar a gastar o consumir energía en este trabajo, aunque esto parezca una paradoja. En realidad, el problema es análogo al que se nos plantearía si tratásemos de separar una serie de clavos de hierro mezclados con la paja almacenada en un silo. Si hacemos bajar esta paja a lo largo de una correa sinfín por las inmediaciones del campo de un poderoso imán permanente, podremos separar fácilmente los clavos sin haber consumido energía. En el caso de la separación eléctrica de los iones contenidos en el agua, existe, sin embargo, una mayor complejidad, porque tanto la densidad, como la intensidad del campo eléctrico han de ser proporcionales a una serie de factores, que varían a medida que el agua va empobreciéndose en electrólitos, y a la influencia de determinadas reacciones secundarias.

No obstante, aunque no se logre aquel ideal de no llegar a consumir energía en el proceso, el diseño cuidadoso de la máquina y un control científico y racional de la misma, aseguran un gasto mínimo ocasionado exclusivamente por las pérdidas debidas a las imperfecciones físicas y mecánicas del sistema.

Dada la escasísima velocidad de transporte de los iones, es necesario ayudar a este de dos formas :

1.º Aumentando considerablemente la superficie de los electrodos y disponiéndolos en forma tal, que la agitación mecánica del líquido, debida a la corriente del mismo, vaya poniendo a los iones en las proximidades de aquellos.

2.º Estableciendo una poderosa corriente de difusión a través de los diafragmas porosos, inercid al barrido de las lejías contenidas en los espacios electródicos por medio de una corriente continua de agua de una dilución superior.

En resúmen, la fuerza electromotriz necesaria para vencer la resistencia del electrolito depende de la conductividad del mismo, que es función de su grado de disociación. En el caso de una mezcla de electrolitos con iones comunes como es el agua del mar, la complejidad de los estados entre las fases sólidas es muy grande.

Como la mayor cantidad de energía necesaria es la que ha de emplearse en la deposición de los iones en los electrodos, un principio de economía bien entendido aconseja no sobrepasar mucho el umbral de la corriente de descarga, una vez vencida la f. c. e. m. de polarización. Pero siendo los electrolitos o fases dispersas, diferentes, dicho umbral será también distinto para cada uno de ellos, de aquí la necesidad de fraccionar el trabajo en cubas sucesivas empezando por la de menor potencial.

La velocidad de transporte de los iones es muy pequeña, dado su diminuto volumen y el enorme valor que alcanza su rozamiento con las moléculas del solvente. Por dicho motivo será necesario : 1º Agitar mecánicamente el líquido para llevar a los iones a la proximidad de los electrodos. 2º Acentuar todo lo posible la caída de concentraciones entre los iones de la masa general del líquido y los situados en las proximidades de los electrodos. Este artificio traerá como consecuencia, a su vez, el que disminuya la

f. e. m. de polarización, que como sabemos, es opuesta a la f. e. m. de trabajo.

Como quiera que la cantidad de electricidad gastada es el producto de la intensidad de la corriente por el tiempo, y la intensidad, para una resistencia ohmica del medio, dada, es proporcional a la diferencia de potencial, todo cuanto tienda a hacer más pequeña esta última, eliminando los obstáculos que haya de vencer, representará una considerable economía en el gasto de fluido.

La realización práctica consiste en un sistema de cubas de cemento, (Fig. 42),

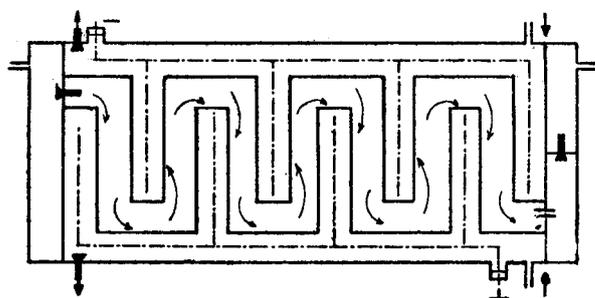


Figura 42

situadas a distintos niveles, por las cuales discurre el agua del mar. En el interior de ellas existe unos electrodos inatacables, dispuestos en forma laberíntica para aumentar su superficie y el recorrido del agua, rodeados de unos diafragmas hechos con una composición especial que les comunica, no solamente la porosidad necesaria, sino la polaridad adecuada. En las primeras cubas en que la tensión es muy baja, debido a la elevada concentración de las sales, estos diafragmas llevan inserta una malla conductora a la que se aplica una tensión auxiliar. Por último, existe un sistema de bombas que va extrayendo el agua de los espacios electródicos y aplicándola, en contracorriente, a barrer las legías de las cubas anteriores. El número mínimo de cubas a establecer es el de nueve. Las lejías electródicas de las dos últimas, son barridas con agua dulce, mientras que las lejías de las dos primeras están constituidas por las salmueras que se conducen a los tanques de evaporización, donde

acabarán de cristalizar y concentrarse las sales. (Fig. 43).

Ventajas de este sistema.—Supuesta la existencia de fluido eléctrico, la instalación de este sistema es sumamente

económica puesto que los materiales a emplear también lo son y sus gastos de entretenimiento casi nulos ya que se reducen a la reposición de electrodos, tuberías y bombas.. La producción es continua y el control de las tensiones y de

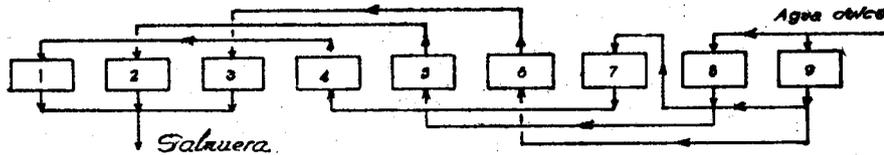
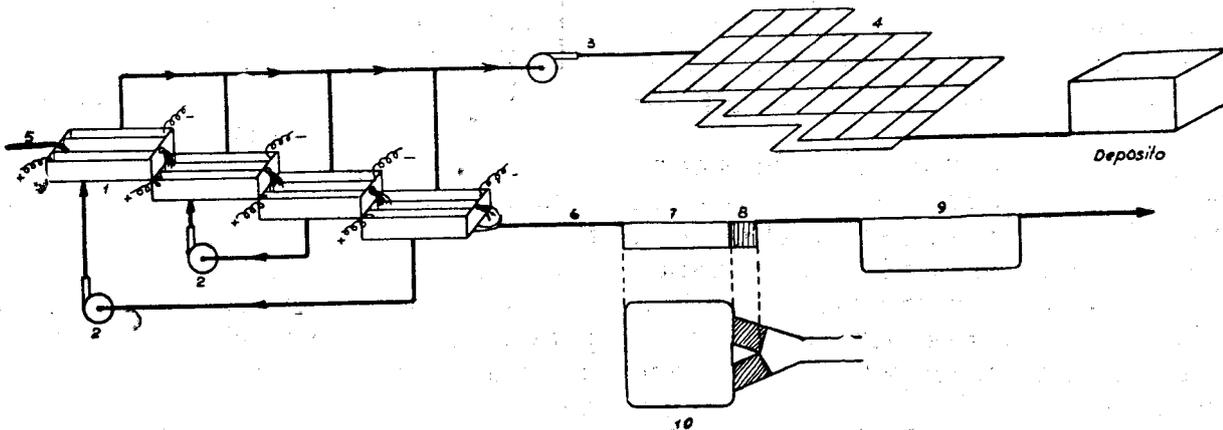


Figura 43

las velocidades de barrido de las leñas electródicas es automático, por lo que el personal de vigilancia puede reducirse mucho.

El valor de las leñas electródicas dispuestas para su evaporación y ulterior tratamiento químico, supera con mucho al fluido eléctrico consumido.



Esquema de conjunto del sistema de potabilización eléctrica

- 1.—Cubos de electroforesis.
- 2 y 3.—Bombas.
- 4.—Tanques de concentración.
- 5.—Entrada del agua dulce.
- 6.—Salida del agua dulce.
- 7, 9 y 10.—Depósitos.
- 8.—Permutador de iones para arrastrar los últimos residuos de sal.

Alquimia

"MAGGIE" EL METAL DE MODA

El magnesio, o Maggie, como familiarmente se le llama en América, apenas era conocido hace unos años más que por los fotógrafos y los químicos. Los primeros lo empleaban para iluminar con sus fogonazos las fotografías nocturnas, los segundos lo utilizaban en ciertas misteriosas manipulaciones de su profesión que un sabio francés llamado Grignard descubrió. Y es que el magnesio era un metal caro y temperamental. Costaba doscientas pesetas el kilo ¡y ardía tan fácilmente como la pólvora!

Pero el magnesio, además de un lindo color blanco de plata, tiene la curiosa propiedad de pesar menos del doble que el agua (exactamente su densidad es 1'75). Cuando la aviación empezó a tomar incremento, los técnicos se dieron a buscar materiales que fuesen lo más ligeros posible, dentro de unas condiciones determinadas de resistencia. Entonces se fijaron en el aluminio, y lo mezclaron y alearon con toda suerte de otros metales, escudriñaron por todas partes sus propiedades y advino la era de las aleaciones ligeras. El peso de los motores, por caballo de fuerza, empezó a descender hasta alcanzar cifras inverosímiles. Sin embargo, se temía al magnesio, se le trataba con la misma prevención que a la dinamita, y sólo se le utilizaba en determinadas piezas y en pequeñas proporciones. El magnesio se obtenía en su totalidad en Alemania, y los Estados Unidos importaban solamente 14 toneladas anuales antes de la guerra del 14.

A finales del 39, dos aviones de caza germanos, abatidos sobre Inglaterra, causaron la admiración de los científicos anglo-sajones. Las piezas del motor, de espesor, dimensiones y resistencia considerables, parecían sustraerse a la ley de la gravedad. ¡Pesaban menos que si fuesen de papel!

Se trataba de estructuras de hidralium, una aleación de magnesio, forjadas en prensas de 20.000 toneladas de presión.

Aquello fué una revelación y una revolución en el arte y la técnica metalúrgicos.

En el programa de rearmamento de los Estados Unidos figuró en destacado lugar la elaboración del magnesio. En 1939 se fabricaban 5.000 toneladas al año, y al final de la guerra esta cifra se elevó a 300.000.

La demanda de este metal por la industria aeronáutica era enorme. ¡Como que el 65% del peso de un avión está constituido por el Maggie!

Cuando la guerra terminó, la PAN AMERICAN AIR WAYS sustituyó en sus aparatos comerciales las antiguas aleaciones de aluminio por las nuevas de magnesio, en fuselajes, motores, envigados, etc., y la disminución de peso muerto permitió transportar, con la misma potencia motriz, un viajero más. Calculando un precio medio de 100 dólares por billete y 20.000 el número de vuelos al año, resulta un aumento de beneficios en dicho tiempo de 2.000.000 de dólares.

Aunque el magnesio es el tercer metal más común en la Naturaleza, no abundan los minerales del que su extracción sea fácil y poco costosa.

Al principio se le obtenía de las salmueras residuales de las salinas potásicas. También se le puede extraer de la magnesita, un carbonato de magnesia que desgraciadamente no abunda, y de la dolomita, pero este último mineral da lugar a un proceso complicado y oneroso.

Los americanos pensaron entonces en el agua del mar y pusieron a punto su extracción de la misma.

lo que es de un ingenio y de una simplicidad maravillosos.

Después de conducida el agua por unos canales a grandes depósitos, se vierte en ellos lechada de cal recién apagada. Entonces precipita un barro blanco de óxido de magnesia hidratado, que antes sirvió mucho para fabricar, mezclado con cloruro de magnesia y aserrín, un cemento que puede trabajarse como la madera y se emplea en pavimentos y tabiques de una sola pieza. Este barro, después de lavado, se trata con ácido clorhídrico (el espíritu de sal con que se limpian los lavabos) y se convierte en cloruro de magnesio, el cual, una vez seco, se funde en unos crisoles de acero y se hace pasar a su través la corriente eléctrica. Allí se desprende el magnesio metálico, que se saca con unas espumaderas, y el gas cloro, que, transformado nuevamente en otra parte de la fábrica en ácido clorhídrico, entra otra vez en proceso de fabricación.

El Maggie puro es tenaz, pero poco dúctil y además se ataca con relativa facilidad, pero se han descubierto aleaciones, mezclándolo con manganeso, zinc y aluminio, que, a una notable resistencia a la corrosión, reúnen la propiedad de poderseles temprar y dar tratamientos térmicos como a cualquier acero.

Las aleaciones de magnesio, conocidas en América por aleaciones Dow, se pueden trabajar de todas formas; se pueden tornejar, estampar, troquelar, embutir, forjar, moldear, estirar, laminar, etc.... y, además, el trabajo es facilísimo, pues el metal se adapta a todas las necesidades. Además se ha logrado domar aquella "fogosidad" de antaño.

El Maggie no sólo sirve para la industria aeronáutica y del transporte en general, pues al disminuir el peso muerto, aumenta correlativamente la carga útil, sino que cada día encuentra nuevas aplicaciones.

Los envases, por ejemplo, son más ligeros, disminuyendo los gastos de transporte; no necesitan ser pintados, y son más resistentes y duraderos. Sus torneaduras siguen empleándose en los proyectiles

incendiarios, en las balas trazadoras, y en las bengalas y faros de fortuna para aeropuertos.

También lo utiliza la fotografía, pero a la molesta y peligrosa pólvora relámpago antigua, ha sustituido la moderna lámpara vacublitz. En tecnología ha hallado múltiples aplicaciones para resolver problemas que hace solamente unos lustros eran irresolubles. Las piezas sometidas a altas velocidades de rotación, para disminuir la fuerza centrífuga, las estructuras metálicas de grandes dimensiones de luz y poco peso, como bóvedas de hangares y puentes, envergaduras de gran longitud y mucha resistencia, armazones de puertas y ventanas livianos, imputrescibles e indeformables, lo emplean con fortuna. Se ha construido un destructor con casco de magnesio, capaz de desarrollar 60 millas a la hora.

No pasará mucho tiempo para que veamos malletas tan resistentes como si fuesen de plancha de acero y tan ligeras como plumas, estuches, herramientas y toda clase de objetos, construidos con estas aleaciones. La futura batería de cocina será más ligera que de aluminio, dura e indeformable como el acero y linda como una joya, con su esmalte anódico de todos los colores del arco iris y, sobre todo, económica. Porque a pesar de que el precio actual del magnesio es de unas 25 pesetas el kilo, hay que tener presente que es dos veces y media más ligero que el hierro.

Las primeras materias para su fabricación son la cal viva y el agua del mar. Se necesitan 1.600 watios hora para hacer depositar un kilo de magnesio.

"Maggie" y "Al" (el mote que dan al aluminio), Margarita y Alfredo en español, forman una linda pareja de pesos ligeros que han advenido al Mundo con el cine, la radio, la aviación, la penicilina y la bomba atómica. Junto con las materias plásticas y el cromo, constituyen el esqueleto, la decoración, el signo de nuestra Era.

Creo que está justificada la frase de que Maggie es el metal de moda y es muy difícil que en el futuro pueda ser desplazado por ningún otro material, de un lugar preeminente entre los elementos más útiles para la Humanidad.

EL LIQUIDO QUE HACE LLORAR Y CALMA LOS NERVIOS

Bromo quiere decir maloliente; y en verdad que no es a flores precisamente a lo que huele este liquido pardo rojizo y pesado, que con tanta facilidad desprende abundantes vapores sofocantes y tóxicos.

Aunque se conocía y extraía hace mucho tiempo este elemento, apenas se trataba de otra cosa que de un producto de laboratorio. Sus sales, si; hallaban extensa aplicación en medicina y en fotografía.

Pero como sucedió con el magnesio, fué la aviación la responsable de que saliese de una modesta oscuridad para ocupar un lugar entre los productos básicos e irremplazables de la industria humana.

Veamos su historia: El bromo puro apenas si tiene otro interés que como primera materia para la obtención de otros compuestos. Pero estos compuestos ¿qué importancia tienen!

Los aviones utilizan, como todo el mundo sabe, motores de explosión y estos motores emplean como combustible derivados de la nafta. Por destilación fraccionada, se obtienen de la nafta distintos productos, llamados hidrocarburos, que van desde las gasolinas ligeras, de punto de inflamación bajo, a las parafinas sólidas, especie de ceras minerales.

Son las primeras las que se utilizan en los motores de los aviones. Estos motores han de tener un rendimiento lo más elevado posible; es decir, que su potencia sea grande en relación con su peso. Esto se consigue haciendo que su compresión alcance altos valores. Pero entonces la temperatura de la mezcla de aire y combustible se eleva tanto, que la explosión tiene lugar antes de la producción de la chispa. Algo semejante a lo que ocurre con los motores de aceite pesado.

Además, los carburantes utilizados ofrecen una propiedad característica. La velocidad con que se propaga la explosión. En unos es mayor que en otros. Sucede lo mismo que con las polvoras para las armas de fuego. Si suponemos una pólvora determinada que desflagra con gran rapidez, apenas tendrá tiempo de mover el proyectil, rompiendo su inercia; las paredes del arma sufrirán el empuje brutal y, en cambio, aquel saldrá con poca fuerza. En cambio una pólvora lenta irá dando impulso progresivamente, a lo largo del ánima, a la bala y ésta saldrá dotada de gran energía, mientras la recámara del arma recibirá un empuje menos violento que en el primer caso. Si aplicamos a un vaso de cristal, de una manera instantánea, la energía necesaria para trasladarlo a dos metros de distancia, solo conseguiremos hacerlo añicos.

Entre los hidrocarburos el eptano es el que hace explosión (detona) más rápidamente, mientras que el octano lo hace con suma lentitud. Por ello se han hecho mezclas de estos dos productos en diversas proporciones, y a dichas mezclas se refieren en los ensayos la velocidad de explosión de las gasolinas.

Cuanto mayor es su "índice de octano", mejor trabaja.

Pues bien, existe un producto de nombre enre-

sado, el plomo-tetraetilo, que otorga a las gasolinas muy ligeras, de mucha potencia en la unidad de volumen, la propiedad de elevar su temperatura de explosión, al mismo tiempo que ésta se propaga lentamente.

Se obtiene haciendo reaccionar el bromuro de etilo con una amalgama de plomo y sodio.

La gasolina etilada (gasolina coloreada del comercio) reúne grandes ventajas sobre las gasolinas ordinarias. Solamente tiene un inconveniente y es que los gases de escape de los motores son terriblemente tóxicos, lo mismo que sucede con el plomo-tetraetilo y las gasolinas etiladas.

Producen una enfermedad llamada saturnismo, con pérdida de uñas, dientes y cabellos, que no es otra cosa que la intoxicación con plomo. Por ello en muchos países está prohibido su uso por el interior de las poblaciones.

Al quemarse la gasolina etilada deja en libertad plomo metálico, que acabaría por incrustar las paredes de los cilindros y los bordes de las válvulas. Para evitarlo se adiciona, también a la gasolina, un nuevo producto llamado bromuro de etileno que forma con el plomo un compuesto volátil, el bromuro de plomo, que sale con los gases de escape. Mas esto aumenta el peligro de estos gases.

Sea como fuere, la aviación consume cantidades enormes de estos compuestos bromurados.

Las emulsiones fotográficas están hechas con bromuro de plata, otro compuesto del bromo, y ya puede imaginarse el enorme consumo que en el Mundo se hace de películas cinematográficas y de fotografías en general.

La Policía viene utilizando para despejar las situaciones comprometidas sin recurrir a las armas de fuego y desde después de la guerra del 14, unas bombas que desprenden cierto gas que, haciendo llorar abundantemente, priva momentáneamente de la vista y deja inerte a los contrincantes. Se trata de la bromoacetona, otro compuesto bromado que también se empleó en la guerra como agresivo "humanitario", ya que no producía la muerte sino que simplemente privaba de su capacidad combativa al adversario.

¿Qué gama inmensa de coloridos se presenta todos los años en las telas para confeccionar los vestidos de la mujer! ¡Qué orgía de luz descompuesta en los más variados matices! Pues bien, ello es posible merced a esas sustancias colorantes artificiales conocidas vulgarmente con el nombre de anilinas. Los químicos obtienen las anilinas de los derivados

del alquitrán de hulla, pero muchos de estos productos contienen bromo. La tinta roja con que se subrayan las faltas del estudiante y las notas del Libro de Caja, está formada por bromo-fluoresceína.

Y cuando un médico quiere calmar nuestros nervios y nos receta un sedante, en nueve de cada diez veces, esta receta contiene un bromuro.

El bromo también se extrae del agua del mar. Para ello se le adiciona una pequeña cantidad de ácido sulfúrico y, después, se le inyecta sucesivamente gas cloro, que desplaza al bromo, y aire, que arrastra este último.

LA INDUSTRIA QUIMICA PESADA

Es un axioma, una verdad de Pero Grullo, que la prosperidad económica de las Grandes Potencias, como Francia, Inglaterra, Alemania y los Estados Unidos, se debe a su industria. Pero es corriente, asimismo, asociar el acero a la idea de industria. Carbón y hierro son los dos factores que determinan el nivel industrial en una nación. Sin embargo, si se reflexiona un poco, podrá verse que la producción siderúrgica es sólo una rama de una industria de muchos más amplios horizontes, la industria química.

En efecto, desde que la química salió de la oscuridad de la covacha del nigromante, con sus reortas y alquitaras, sus substancias de nombres cabalísticos y sus obsesiones trasmutatorias y rejuvenecedoras, para entrar por la puerta abierta del claro laboratorio del hombre de ciencia, que trocó por la blanca bata el alto cucurucho ornado de signos zodiacales, se ha apoderado en tal forma de toda la humana economía y actividad, que el hombre civilizado apenas podría dar un paso sin su ayuda.

La industria química tuvo su cuna, en el siglo XVIII, en las Islas Británicas. La lana de los corderos tenía que ser despojada de su grasa y blanqueada, antes de ser hilada, por medio de las cenizas de la madera. La sosa de cenizas (soda ash) fué el primer producto químico fabricado en gran escala, y la investigación científica se encaminó desde el primer momento a obtenerlo en mayor abundancia y con mayor baratura. El desarrollo de la industria textil británica es paralelo al progreso de la fabricación de la sosa. El primer procedimiento industrial fué inventado en los tiempos de la Revolución por el francés Leblanc. Ya no empleaba como

La producción mundial de bromo en 1865 era de 750 kilos, en 1912 de 1.200 toneladas; en 1925 de 2.720 toneladas; en 1931 de 4.500 toneladas. Los Estados Unidos produjeron en 1944, 50.000 toneladas.

He aquí, pues, otro valioso producto sacado del agua del mar con la ayuda del cloro y del aire. (Ya veremos más adelante que no es precisamente cloro lo que nos faltará para estos menesteres.) De él dependen los transportes aéreos, la fotografía y los tintes, que juntos con la medicina, constituyen excelentes consumidores.

primera materia las cenizas de madera, ni la "barrilla" de las costas españolas, sino el sulfato de sosa natural o artificial.

Sin embargo, existía una inmensa mena de sosa en un producto natural muy abundante, la sal común, y Solvay resolvió el problema de extraerlo de esta materia. Así quedó constituida la llamada industria química pesada que, junto con la fabricación de los ácidos minerales, constituye el índice del progreso de una nación.

Se ha dicho que para formarse una idea de la potencialidad económica de un Estado, basta con ver la cantidad de ácido sulfúrico que consume. Yo me atrevo a afirmar que es más seguro coeficiente para juzgar de su capacidad industrial, estudiar su producción de sosa. Porque la sosa es el producto químico universal.

Pasemos una ligera revista a las aplicaciones de los derivados de la sosa:

El sodio metal se emplea en la obtención del caucho sintético; el nitruro de plomo (cebo para los pistones de cartuchería); el plomo tetraetilo, anti-detonante para la gasolina de aviación; peróxido de sodio y amalgama de sodio para la síntesis orgánica; fabricación de colorantes, perfumes y medicamentos.

La sosa cáustica en la fabricación del rayón, la celofana, el ácido fénico y numerosos productos químicos, el jabón, la pulpa de celulosa y el papel, la lejía doméstica, refinación del petróleo, regeneración del caucho, industria textil, refinación de aceites vegetales y otros muchos usos de menor importancia.

El carbonato de sosa (sosa común), en la fabri-

cación de esmaltes y vidrios, sosa cáustica y bicarbonato, productos químicos, jabón, pulpa de madera y pasta de papel, detergentes industriales y domésticos y sosas modificadas, industria textil, refinación del petróleo, "ablandamiento" de aguas potables y otros productos.

Cloruro de sodio (sal común), en la alimentación humana, industrias de la salazón, primera materia para la obtención de los demás derivados del sodio.

Con menor importancia también se extrae el bicarbonato, hiposulfito, sulfito y bisulfito, hipoclorito, perclorato y bromuro de sodio con múltiples aplicaciones técnicas.

Ahora bien, una sola fábrica norteamericana trata diariamente 228.000 metros cúbicos de agua de mar, que dejan anualmente dos millones y medio de toneladas de sal.

¿Qué puede hacerse con esta sal?

El examen del cuadro que hemos esbozado nos da la respuesta.

Al calentar la caliza, que tanto abunda en Fuerteventura, se desprende un gas, el carbónico, y queda lo que se llama la cal viva. Tratando la lejía de sal común con aquel gas y con amoníaco se obtiene el bicarbonato de sosa y el cloruro amónico. El bicarbonato, calentado nuevamente, da sosa corriente y gas carbónico. El cloruro amónico nos devuelve el amoníaco, si se trata con lechada de cal. Vemos, pues, que como primeras materias necesitamos sal común y cal. También nos hace falta calor. El producto es la sosa y un residuo el cloruro de cal, que se emplea en lugar del asfalto para pavimentar carreteras y también para obtener gas cloro.

Por otra parte, si sometemos al paso de la corriente eléctrica una lejía de sal de cocina, obtendremos la sosa cáustica, el gas cloro (que tanta falta hace para otras operaciones) y el hidrógeno.

El hidrógeno mezclado con nitrógeno y comprimido forma amoníaco. Este, quemado con aire, da ácido nítrico y nitrógeno, que marcha a mezclarse con el hidrógeno para formar nuevo amoníaco. Productos: sosa cáustica, cloro, amoníaco y áci-

do nítrico. Primeras materias: sal y aire. Además se consume energía eléctrica.

El ácido nítrico y el amoníaco son productos valiosísimos para la obtención de abonos, explosivos, colorantes, etc.

Para que se vea la importancia de estos productos, he aquí la producción de los EE. UU. en el año 1941: Sosa ordinaria, 3.640.000 toneladas; sosa cáustica, 1.271.000 toneladas; bicarbonato de sosa, 148 mil toneladas.

El consumo de energía eléctrica por cada 100 kilos de producto es, para la sosa cáustica, 250 Kw. hora; sodio metal, 1.300 Kw. h.; amoníaco, 1.200 Kw. h., y calcio, 140 Kw. h.

El Mundo gasta anualmente 30.000.000 de toneladas de sal común.

Espero que el lector se haya ido dando cuenta de que el tesoro de la reina Tegúise es más importante de lo que parecía a primera vista, y que la energía situada en una isla semidesierta, como es Lanzarote, tiene bastante más utilidad que las perlas para el sediento beduino.

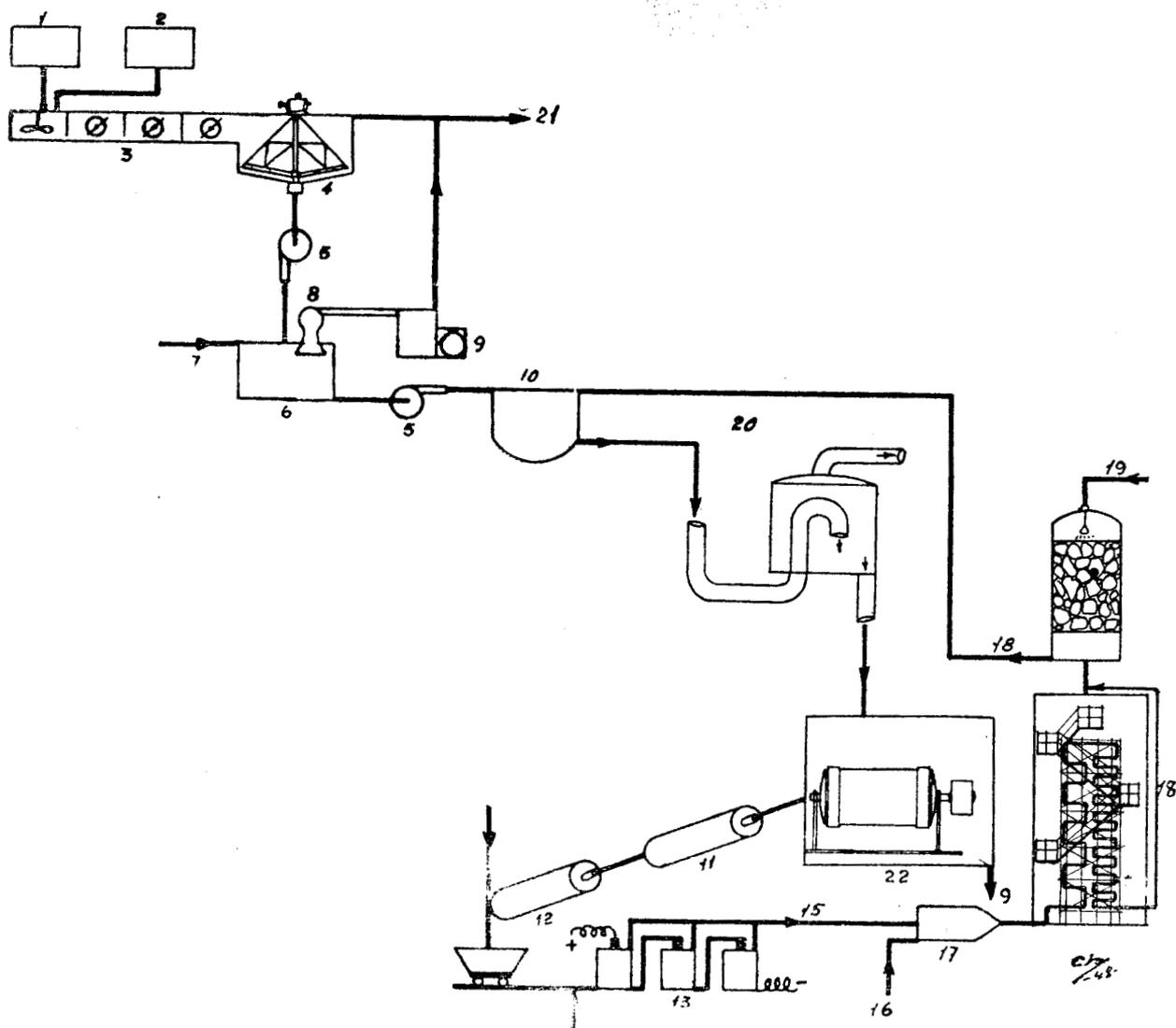
Como primeras materias, en cantidades inagotables, tenemos: el agua del mar, la caliza y el aire. Como productos a obtener: el agua dulce, el magnesio, bromo, sosa, sosa cáustica y derivados, sal común, ácido nítrico, amoníaco, cloro, ácido clorhídrico y un sinfín de productos químicos más, cuya sola enumeración sería enojosa.

Es curioso que una de las principales fuentes de riqueza para Lanzarote y Fuerteventura, hace siglo y medio, la constituyesen las cenizas de "barrilla" que se exportaban a Inglaterra y Holanda y que, en el futuro, vuelva a ser la sosa, pero esta vez beneficiada por otro camino, un manantial de prosperidad para aquellas tierras.

La historia se muerde la cola como una pescadilla.

Perdone el lector que en este artículo haya hecho un uso un poco abusivo de los nombres y las descripciones técnicas. Prometo no reincidir, pero no tenía otro remedio.

Fabricación del magnesio



Esquema de la fabricación del magnesio

- 1.— Depósito de salmuera. 2.—Depósito de cal apagada. 3.—Coagulador. 4.—Espesador. 5.—Bomba. 6.—Tanque de lavado del hidróxido magnésico. 7.—Agua pura. 8.—Filtro de Moore. 9.—Aspirador. 10.—Neutralizador del hidróxido con ácido clorhídrico. 11.—Primer desecador del cloruro magnésico. 12.—Segundo desecador en corriente de ácido clorhídrico. 13.—Cubas electrolíticas. 15.—Cloro. 16.—Hidrógeno. 17.—Quemador del cloro y formación del ácido clorhídrico. 18.—Refrigerante de vidrio para el ácido clorhídrico. 19.—Agua. 20.—Evaporador al vacío. 22.—Filtro rotativo. 23.—Salida de la sal común y cloruro cálcico.

Las grandes industrias químicas que emplean como materia prima el agua del mar

Composición del agua del mar.—La composición del agua del mar es variable.

La salinidad de los mares depende de diversas causas: corrientes, régimen de vientos, temperaturas, caudal de los ríos que desembocan, comunicación para reponer las pérdidas por evaporación, etc.

Hodgson da las cifras siguientes pa-

Bibra obtuvo para el Atlántico a los 21° lat. Norte los siguientes resultados:

Na 10,462	Cl 19,012	Br 0,3132	SO ₄ 2,446
K 0,7252	Mg 1,2735	Ca 0,4684	Res. fijo 34,7

S. J. Lloyd (*Jour. of Chem. Edu.* 26-275-1947) da como promedio las cifras siguientes:

Cl Na 27,5	Sr 0,0125	Cu 0,00001
Mg 1,27	B 0,004	Pb 0,000005
Ca 0,4	Fl 0,00125	Zn 0,000005
S 0,875	I 0,000045	U 0,0000015
K 0,375	Fe 0,00002	Ag 0,0000003
Br 0,062	Au 6×10^{-9}	Ra 5×10^{-13}

Generalmente los autores no dan la composición cualitativa de las sales que constituyen el residuo fijo del agua marina. Solamente Thorpe y Morton (*Chem.*

ra la composición del agua de mar de tipo medio.

	Mediterráneo	Atlántico	Medias
Na	11,56	9,95	11,0
K	0,42	0,33	0,40
Mg	1,78	1,50	1,33
Ca	0,47	0,41	0,43
Cl	21,38	17,83	18,8
Br	0,07	0,06	0,065
SO ₄	3,06	2,54	2,76

Soc. Trans. 506. 1871) dan el cuadro siguiente como resultado de un análisis efectuado con aguas del Canal de Irlanda:

Cl Na 26,43918	Cl Li indicios
Cl K 0,74619	Cl NH ₄ 0,00044
Cl Mg 3,15083	CO ₂ Fe 0,00503
Br Mg 0,07052	Si O ₂ indicios
CO ₂ Ca 0,04754	SO ₄ Mg 2,06608
CO ₂ Mg indicios	(NO ₃) ₂ Mg 0,00207
SO ₄ Ca 1,33158	Residuo fijo 33,85946

La determinación de estas sales es muy difícil, ya que, en el proceso de cristalización fraccionada, el equilibrio de fases da lugar a fenómenos muy complejos, pues, no solamente se depositan sales sencillas, formadas por un solo anión con su correspondiente catión, sino sales complejas formadas por más de dos iones.

Van't Hoff y sus discípulos han estudiado prolijamente las condiciones bajo las cuales se depositan las sales, y las mixturas de sales, que están en equilibrio en la solución. (Véase bibliografía en la página 181.—Janecke ha recalculado los datos obtenidos por *Van't Hoff* y sus colaboradores. *Z. anorg. Chem.* 100.-161, 176=1917; 102-41 y 103-1=1918.)

Dejando fuera de consideración las sales de calcio, las proporciones moleculares relativas entre las sales de sodio, potasio y magnesio, están expresadas por los números :

100. Cl. Na ; 2,2. Cl K ; 7,8 Cl₂ Mg ;
3,8. SO₂Mg.

Sin embargo, la presencia del ión libre SO₂ presupone también la formación de SO₂K₂ y SO₂Na₂, mas el exceso de Cl Na permite reducir los componentes a cinco, a saber :

Cl Na ; Cl K ; Cl₂Mg ; SO₂Na₂ y SO₂Mg.

No se considera el SO₂K₂, porque en presencia de un exceso de Cl Na no se deposita aquella sal, sino la glaserita : (SO₂)₂ K₂Na₂.

Para la construcción del diagrama isoterma del equilibrio de fases, podemos prescindir asimismo del Cl Na, en cuya presencia cristalizan las demás sales.

El sulfato de sodio, cuya expresión $SO_2Na_2 = Cl Na + SO_2Mg + Cl_2Mg$, se mide afuera y a lo largo del eje OC, que forma ángulo recto con el plano DOB.

A 25°, y en presencia del cloruro de sodio, el sulfato de sodio se presenta únicamente en forma de thenardita anhidra.

Los datos experimentales de solubi-

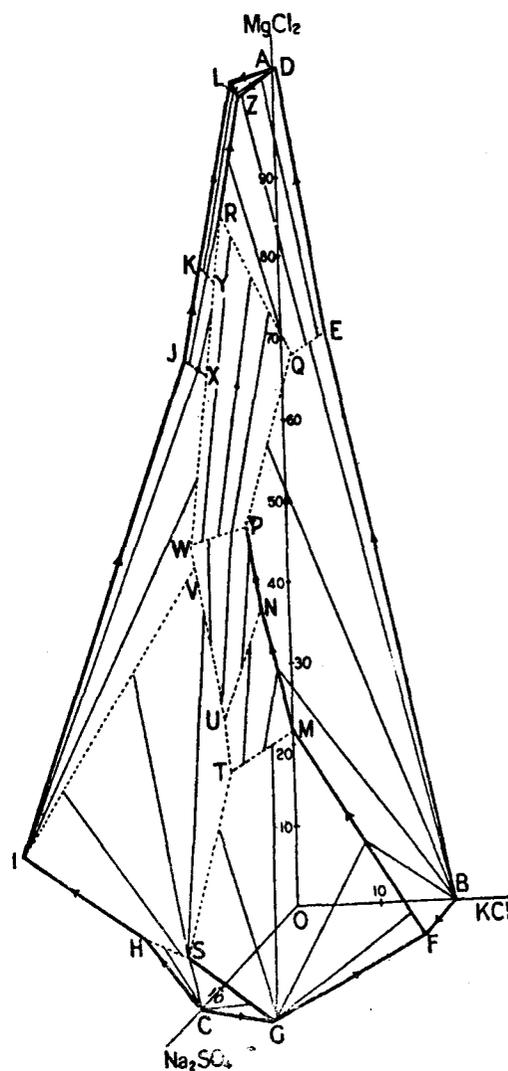


Figura 44

lidad para formar el gráfico de la figura 44 son los siguientes :

Punto	Solución saturada con Cl Na y:	Moles de sal por 1.000 moles de agua				
		Na ₂ Cl ₂	K ₂ Cl ₂	MgCl ₂	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄
O	—	55'5	—	—	—	—
A	MgCl ₂ . 6H ₂ O	1	—	106	—	—
B	KCl	44'5	19'5	—	—	—
C	Na ₂ SO ₄	51	—	—	—	12'5
D	MgCl ₂ . 6H ₂ O ; carnalita	1	0'5	105	—	—
E	KCl ; carnalita	2	5'5	70'5	—	—
F	KCl ; glaserita	44	20	—	—	4'5
G	Na ₂ SO ₄ ; glaserita	44	10'5	—	—	14'5
H	Na ₂ SO ₄ ; astracanita	46	—	—	16'5	3
I	MgSO ₄ . 7H ₂ O ; astracanita	26	—	7	34	—
J	MgSO ₄ . 7H ₂ O ; MgSO ₄ . 6H ₂ O	4	—	67'5	12	—
K	MgSO ₄ . 6H ₂ O ; kieserita	2'5	—	79	9'5	—
L	Kieserita ; MgCl ₂ . 6H ₂ O	1	—	101	5	—
M	KCl ; glaserita ; schoenita	23	14	21'5	14	—
N	KCl ; schoenita ; leonita	19'5	14'5	25'5	14'5	—
P	KCl ; leonita ; kainita	9'5	9'5	47	14'5	—
Q	KCl ; kainita ; carnalita	2'5	6	68	5	—
R	Carnalita ; kainita ; kieserita	1	1	85'5	8	—
S	Na ₂ SO ₄ ; glaserita ; astracanita	42	8	—	16	6
T	Glaserita ; astracanita ; schoenita	27'5	10'5	16'5	18'5	—
U	Leonita ; astracanita ; schoenita	22	10'5	23	19	—
V	Leonita ; astracanita ; MgSO ₄ . 7H ₂ O	10'5	7'5	42	19	—
W	Leonita ; kainita ; MgSO ₄ . 7H ₂ O	9	7'5	45	19'5	—
X	MgSO ₄ . 6H ₂ O ; kainita ; MgSO ₄ . 7H ₂ O	3'5	4	65'5	13	—
Y	MgSO ₄ . 6H ₂ O ; kainita ; kieserita	1'5	2	77	10	—
Z	Carnalita ; MgCl ₂ . 6H ₂ O ; kieserita	1	0'5	100	5	—

En el están representados los sende- finas. Las fases sólidas en las diferentes
ros de cristalización por líneas con pun- áreas son las siguientes :
tas de flecha, y las fases sólidas por líneas

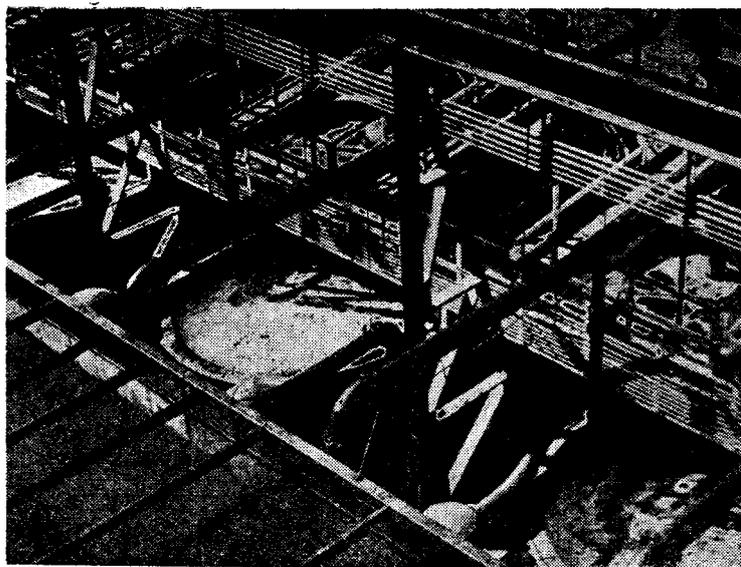
AREA	FASE SOLIDA	NOMBRE MINERALOGICO
ALZD	MgCl ₂ . 6H ₂ O	Bischofita
BFMNPQE	KCl	Sylvinita
CGSH	Na ₂ SO ₄	Thenardita
DZRQE	KMgCl ₂ . 6H ₂ O	Carnalita
FMTSG	Na ₂ K ₂ (SO ₄) ₂	Glaserita
SHIVUT	Na ₂ Mg(SO ₄) ₂ . 4H ₂ O	Astracanita
JXWVI	MgSO ₄ . 7H ₂ O	Reichardita
JXYK	MgSO ₄ . 6H ₂ O	—
KYRZL	MgSO ₄ . H ₂ O	Kieserita
TUNM	K ₂ Mg(SO ₄) ₂ . 6H ₂ O	Schoenita
NUVWP	(K,Na)Mg(SO ₄) ₂ . 4H ₂ O	Leonita
PWXYRQ	KCl . MgSO ₄ . 3H ₂ O	Kainita

El equilibrio representado en este diagrama es estable. En la evaporación de una solución marina puede ocurrir con facilidad, en muchos casos, que dicha solución se sobresature y, en dicho caso, el equilibrio de fases es turbado.

En esta figura se muestran solamente las relaciones de solubilidad de las diferentes sales a 25°. Cuando la temperatura se altera las relaciones de solubilidad varían y, entonces, las áreas ocupadas por las sales sólidas cambian, pues pueden desaparecer, al mismo tiempo que nuevas sales, con sus áreas correspondientes, tienen nacimiento. Así, la schoenita, que a 25° es estable, es inestable a 26°, y su área desaparece en el diagrama isoterma. Para la determinación de la solubilidad a diferentes temperaturas puede construirse una serie de diagramas paragenéticos.

Diagramas similares sirven también para determinar las mejores condiciones para obtener diferentes sales por cristalización de una solución de las mismas (un ejemplo está discutido en la obtención de potasa y otras sales del agua del mar por Hildebrand. (*Jour. Ind. Eng. Chem.* 10-96. 1918). (*Findlay. The Phase Rule and its Applications. Longmans. Green. Londres. 1935*).

El agua del mar tiene un pH cons-



Cubas de desbromación de la fábrica de la Ethyl Dow.

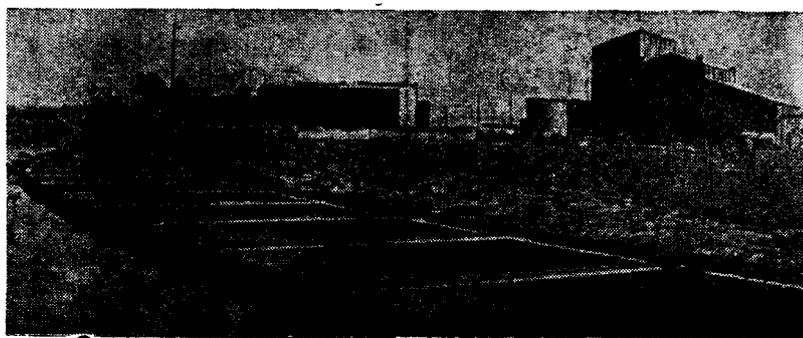
En estas cubas son tratadas por el cloro grandes masas de agua del mar. El bromo que se desprende desalojado por el otro metaloide, es más tarde arrastrado por una corriente de aire.

(Foto de la Prensa)

tante y cercano a 8. Sørensen y Poitzch han hecho minuciosos estudios y de ellos son los siguientes datos: Mar Báltico, $pH = 8,00$; Mar de Noruega, $pH = 8,13$; Mar Mediterráneo, $pH = 8,35$; Mar de Irlanda, $pH = 8,16$; Océano Atlántico (Cantábrico), $pH = 8,25$. (*Sorensen y Poitzch. Biochem Zeit.* XXIV, 387. 1918).

Bruno Schutz da los mismos datos y además añade: Mar del Norte en verano, $pH = 8,30$; ídem en invierno, $pH = 8,10$; Atlántico en superficie, $pH = 8,35$; ídem fondos de 3.000 metros, $pH = 7,87$. (*Grimpe dem. Verlagsgesellschaft. Leipzig (1932). Fascículo 21, por Bruno Schutz*).

Se calcula que los océanos contienen alrededor de 300 millones de millas cúbicas de agua y cada milla cúbica cerca de 5.000 millones de toneladas de agua. Multiplicando estos dos números se obtiene la cifra de $14,25 \times 10^{17}$ de toneladas para toda el agua del Océano.



Desaño de la fábrica de la Ethyl Dow

(Foto de la Prensa)

El agua es un gran disolvente. Cuando el sol evapora el agua del mar la extrae pura, destilada; pero cuando corre por la superficie de la tierra y se infiltra en su interior, va disolviendo los materiales en proporción a sus solubilidades, acabando por arrastrarlos al mar, donde, poco a poco, se almacenan en una u otra forma.

Desde tiempo inmemorial se extrae del Océano la sal común por evaporación del agua conducida a unos depósitos de mucha superficie y poca profundidad, expuestos a la acción conjunta del sol y del viento. Después de la primera guerra europea, el eminente químico alemán Dr. Haber parece ser que, habiendo calculado que el oro contenido en el agua del mar representaría un cubo de un cuarto de milla de arista con un peso de medio millón de toneladas, tuvo el propósito de beneficiar también este metal para aplicarlo al pago de las deudas de guerra de su Nación, mas el precio a que

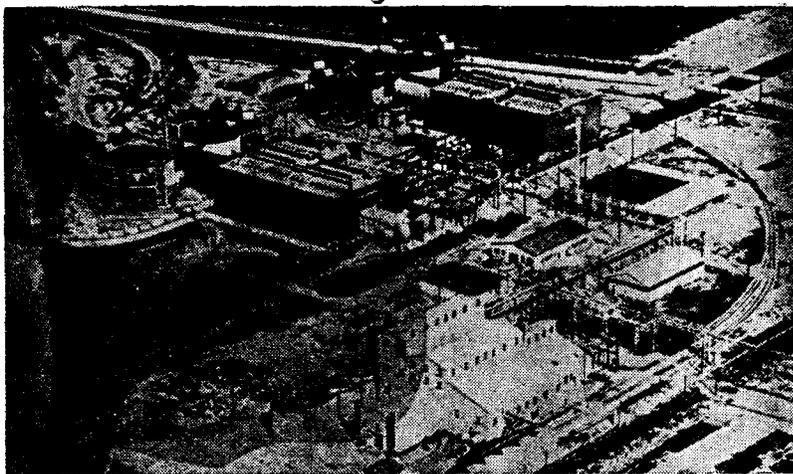


Entrada del agua del mar en el Canal que la conduce a la fábrica de bromo.

resultaba tal oro era superior al del extraído de las minas; pero la explotación racional y en gran escala de las riquezas minerales, distintas del cloruro de sodio, contenidas en el agua del mar no se ha emprendido hasta fecha bien reciente.

Cabe tal honor al doctor norteamericano H. H. Dow, fundador de la Dow Chemical Company. Primeramente instaló una modesta fábrica en Midland

(Michigan), para la explotación de unos manantiales de aguas minerales que contenían notables proporciones de magnesio, sodio, cloro y bromo. Su objeto fué la obtención del bromo, pero el resto había que desecharlo y constituía una pérdida y un problema de evacuación. De la salmueras obtuvo también la sosa cáustica y el cloro. Este lo hizo reaccionar con el benceno, y el cloro-benceno, a su vez, tratado por la sosa le proporcionó el fenol o ácido carbónico sintético, la base de muchos colorantes, medicamentos, explosivos y



Fábrica de Bromo instalada en Kure Beach (Carolina del Norte).

Obsérvese el canal que conduce las aguas del Océano hasta la fábrica, y entre los dos grandes edificios los tanques de desbromación. Esta fábrica pertenece a la Ethyl Dow Co. y está instalada en las costas del Atlántico.—(Foto de la Prensa).

resinas artificiales y, por lo tanto de enorme demanda. Otra de las pérdidas eran el magnesio y pensó en recuperarlo. Por entonces todo el magnesio procedía de Alemania y empezaba a vis-

del mar, clorada, con anilina, obteniendo así la dibromoanilina, insoluble. Esta se incorporaba a la gasolina. Pero el gasto de cloro era grande y la anilina cara, y así la Ethyl Corp. una División de la organización Du Pont de Nemours, reunió sus fuerzas con la Dow Chemical y ésta aportó su experiencia, fundándose en 1933 la Ethyl Dow Co. que construyó la primera fábrica para obtener bromo del agua del mar.

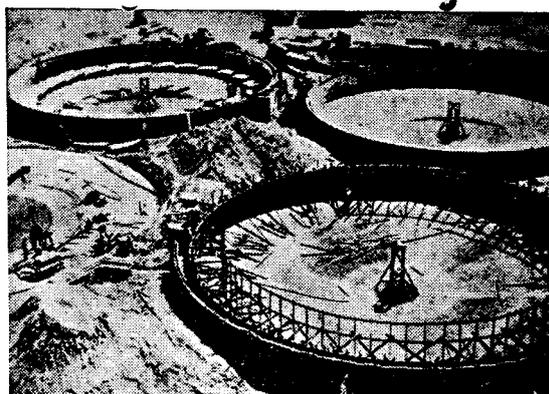


Obtención de un perfil de aleación Dow.—(Foto de la Prensa.)

lumbrarse la gran utilidad de las aleaciones ligeras. La aviación demandaba mientras tanto, cada vez carburantes de características más especiales, en una palabra, con índice de octano más elevado. Para elevar el índice de octano de las gasolinas ligeras, se añade a éstas un producto llamado plomo tetraetilo. Se obtiene a partir del bromuro de etilo y una aleación de plomo y sodio. El plomo tetraetilo mezclado con bibromuro de etileno se añade a la gasolina y éste último evita que se forme óxido de plomo que mancha los cilindros. En su lugar se forma bromuro de plomo, volátil, que sale afuera con los gases quemados. Ambos productos se obtienen haciendo reaccionar el bromo con el etano y el etileno.

Este incremento en la demanda del bromo, que de 1000 toneladas subió en 1931 a 4.500, incitó a la Ethyl Gasoline Cor. a ensayar la extracción de bromo del agua del mar. Al efecto, equipó en fábrica flotante un barco, el «S. S. Ethyl». El procedimiento consistió en tratar el agua

Obtención del bromo.—Esta se instaló en Kure Beach, en una península formada entre el mar y el Fear River, cerca de Wilmington, en Carolina del Norte. Este terreno, de 36 Hectáreas de extensión, fué elegido cuidadosamente. Como el agua de todos los ríos que desembocan en esta zona del Atlántico, corren hacia el Sur, este lugar presentaba la ventaja de que las aguas tratadas, a las que se les había extraído el bromo, podían desaguar en el río, que las arrastraría a un lugar del Océano, muchas millas más abajo, donde no podrían diluir las aguas a utilizar. Los primeros planos se completaron el 14 de agosto de 1933, y alrededor de cinco meses después, el 10 de Enero de 1934, comenzó la producción de bibromuro de etileno. Al principio se trataban 114.000 metros cúbicos de agua diarios, con un rendimiento de 6.000 kilos de bromo y



Construcción de grandes espesadores Dorr para una fábrica de magnesio

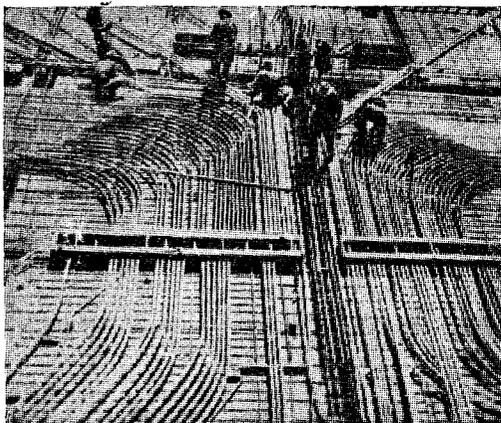
Obsérvese el gran tamaño de ellos comparándolos con las personas que aparecen también en la fotografía.—(Foto de la Prensa.)

una eficiencia de alrededor del 90%. Desde entonces, la capacidad de la planta ha sido duplicada y se ha establecido otra en Texas.

La Dow había obtenido anteriormente el 95% del bromo de una salmuera que contenía el 25% de sólidos distribuidos en la siguiente forma :

Cl Mg 3 % Cl Ca 9 % ; Br 0,1%.

Por otra parte, esta salmuera contie-



Instalación de una planta para rectificar la corriente eléctrica con destino a las cubas de electrólisis de una fábrica de magnesio. Obsérvese que además de los cables cuidadosamente aislados se instalan numerosas tuberías destinadas a conducir el agua de refrigeración de los gigantescos transformadores.—(Foto de la Prensa.)

ne aproximadamente 1.300 partes de bromo por millón, mientras que el agua del mar contiene solamente de 65 a 70, de manera que las dificultades que había de vencer eran considerables.

El proceso Dow consiste en :

1.º Acidificación del agua del mar con ácido sulfúrico, 135 grs, de $\text{SO}_2 \text{H}_2$ de 95 %, por tonelada de agua.

2.º Oxidación con cloro gaseoso que libera el bromo.

3.º Arrastre del bromo de esta solución por corriente de aire.

4.º Absorción con carbonato de sosa.

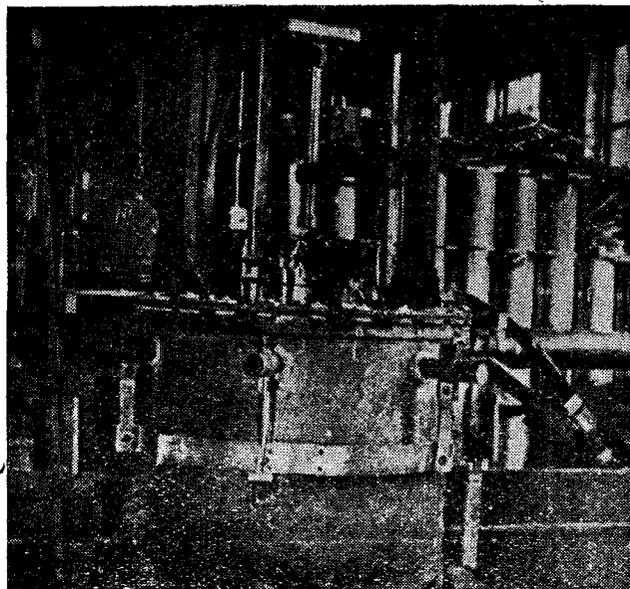
5.º Tratamiento de la solución de bromuro y bromato obtenidos, con ácido sulfúrico, que deja el bromo elemental.

La fábrica del Cabo Fear River ha sido diseñada para producir 250 toneladas mensuales, pero esta producción ha sido largamente sobrepasada.

El bromo, que tiene numerosas aplicaciones en la fabricación de emulsiones fotográficas, medicinas, colorantes, síntesis orgánicas, gases lacrimógenos, etc., ha aumentado su producción en los EE. UU. de 500 toneladas anuales en 1926 a 50.000 en 1944.

Obtención del magnesio.—El magnesio fué reconocido por Black en 1755, obtenido por primera vez en forma impura por Sir Humprey Davis en 1808, y preparado en forma completamente pura, desplazándolo de su cloruro por medio del potasio, por Bussy en 1831.

Con los progresos de la electricidad pudieron desarrollarse métodos que lo beneficiaban a más bajo costo. En la primera Guerra Mundial aumentó su demanda, como consecuencia de su aplicación a las aleaciones ligeras, y entonces se obtuvo por electrólisis de su cloruro fundido, al que se añadían cloruros de calcio y sodio para rebajar su punto de fusión. El procedimiento era análogo al seguido para obtener el sodio metálico. Todos los minerales de magnesio eran



Cuba de electrólisis.—(Foto de la Prensa.)

tratados convenientemente para convertirlos en cloruro. La principal fuente la constituía Strassfurt y el casi único proveedor del metal era Alemania.

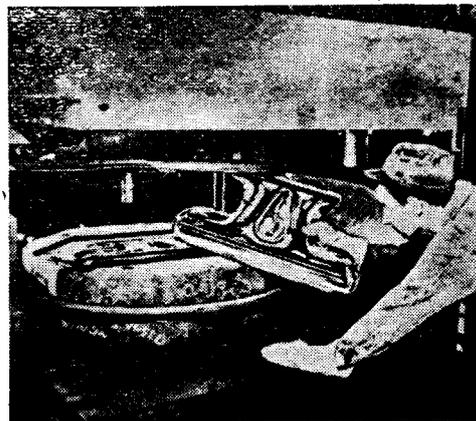
En los EE. UU. se obtenía bombeando el agua salada subterránea en la región de Michigan, desde una profundidad de 400 a 450 metros. Primeramente era extraído el bromo y después el agua salada era tratada con una papilla de cal muy diluida, que precipitaba el hierro y otras impurezas. Después de la sedimentación, el licor madre era decantado y concentrado para que cristalice el cloruro de sodio que se extrae por un proceso de cristalización fraccionada. El cloruro magnésico obtenido, convertido parcialmente en óxido de magnesio, servía para fabricar los cementos Sorel, al óxido-cloruro de magnesio, entonces muy empleados, mas al advenimiento de la primera Guerra Mundial quedaron suspendidas las importaciones de Alemania de magnesio metal y la Dow Chemical hubo de emprender su fabricación. El cloruro magnésico que obtenía posee varias moléculas de agua de cristalización y había de ser deshidratado, primero en atmósfera ordinaria y, más tarde, en corriente de Cl_2 , que impide la hidrólisis excesiva y la formación de óxido de magnesio.

El cloruro de magnesio anhidro, fundido, es electrolizado en calderas de fun-



Pesando barras de magnesio
(Foto de la Prensa)

dición de acero, cuyos ánodos son de grafito. El magnesio resbala hasta la superficie del baño, en que es liberado y extraído a intervalos. El análisis del metal obtenido por esta vía arroja un 99% de pureza.



Estampación de una aleación de magnesio
(Foto de la Prensa)

Otros métodos para la obtención del magnesio son los siguientes:

La magnesita es calcinada:



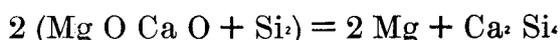
El óxido de magnesio se reduce con carbón a metal: $\text{Mg O} + \text{C} = \text{Mg} + \text{CO}$

Este segundo paso requiere una temperatura que solamente en el horno eléctrico se puede alcanzar. A dicha temperatura el magnesio se volatiliza y es después recuperado en atmósfera de hidrógeno frío. Si se pusiese en contacto con oxígeno arde produciendo nuevamente óxido de magnesio.

En otro de estos nuevos métodos la dolomita es calcinada y convertida en una mezcla de óxidos de calcio y magnesio.



La mezcla de óxidos es después calentada en un horno eléctrico con ferro-silicio. El hierro del ferro-silicio no entra en la reacción.



A la temperatura de reacción el mag-

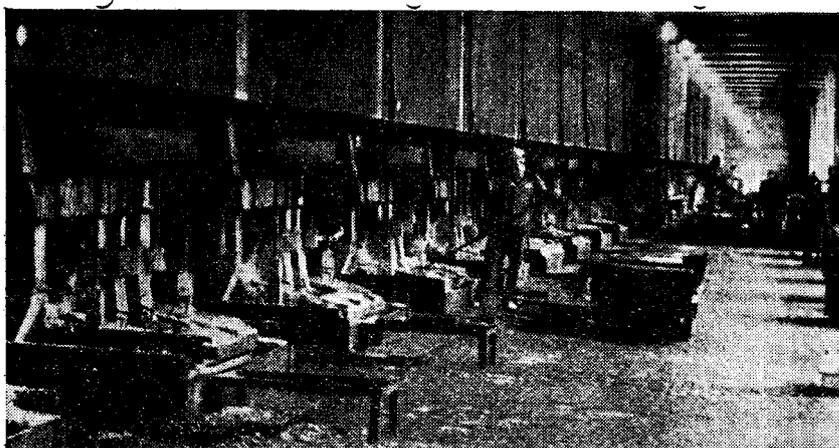
nesio se volatiliza y es extraído afuera con bombas de vacío.

Otro reciente procedimiento consiste en electrolizar el óxido de magnesio fundido, cuyo punto de fusión ha sido rebajado por medio de una mezcla con fluoruro del mismo metal.

La Basic Magnesium Co., de Nevada, lo obtiene de la siguiente manera: El mineral, que es carbonato de magnesia, lo convierte en óxido por incineración. El óxido, en forma de polvo blanco, se mezcla con turba y polvo de hulla aglomerándolo en bolas del tamaño de una pelota de tenis, que se introducen en un

horno con atmósfera de cloro. Fórmase así cloruro fundido de magnesio, que se extrae sangrando el horno, y se conduce por medio de tuberías a las pilas de electrólisis.

A causa del tremendo aumento de la demanda del magnesio, como consecuencia de la segunda Guerra Mundial, la producción de este metal, que en 1939 era de 5.000 toneladas anuales, hubo de planificarse en los EE. UU. para dar un rendimiento cuarenta veces mayor, de las cuales 45.000 toneladas debían corresponder a los procedimientos de beneficio del agua del mar.



Sala de cubas de electrólisis.—Para la obtención del magnesio metálico en una fábrica norteamericana.

Obsérvese el obrero provisto de una espumadera que va recogiendo el metal flotante y vertiéndolo en las lingoteras situadas a su izquierda sobre una vagoneta.

Millares de aeroplanos tenían que ser construídos durante la guerra y dichos aeroplanos requerían numerosas piezas de magnesio. Hubo que incrementar su producción hasta agotar todas las fuentes y todos los métodos. Alrededor del 3,8% de las sales disueltas en las aguas del mar son de magnesio, esto es un 0,14% de todo el Océano, cifra que parece bastante reducida; sin embargo, significa que hay aproximadamente un millón 138.000 toneladas de magnesio en un kilómetro cúbico de agua de mar, o sea una cantidad suficiente para proveer

con 181.000 toneladas anuales (la producción estadounidense proyectada) durante veinte años.

Anticipándose a las crecientes necesidades bélicas, la Compañía Dow comenzó en 1940, en la costa del Golfo de Texas la construcción de una planta para extraer magnesio del mar, un proceso que requiere tratar alrededor de 800 toneladas de agua de mar por cada tonelada de magnesio que se obtiene.

Esta situada en Freeport, en la desembocadura de un río donde existe una curva en forma de herradura que, en tiem

pos pasados, obstruía el curso del agua produciendo inundaciones, lo que obligó en 1929 a abrir un nuevo canal que corría por encima de la curva y se dirigía directamente hacia el Golfo.

El antiguo curso del río quedó como un canal de aguas profundas. En la franja de tierra limitada por la curva en herradura, se instaló la fábrica.

El agua del mar se toma del nuevo canal y luego va a desaguar en el cauce primitivo. La salida está en el sur del canal navegable. Las corrientes de estos ríos se dirigen hacia el Sur, de manera que las aguas del canal se alejan de la toma. La planta de bromo de la Ethyl Dow Cor., así como una planta Dow para obtener productos químicos del gas natural, se erigieron en las vecindades de la del magnesio, formando todo el grupo de fábricas una curiosa combinación de equipos que usan como materias primas. ¡ El gas y el agua !

El óxido de cal, necesario para el proceso, se obtiene de las conchas de ostras recogidas en la bahía de Galveston. Las ostras son lavadas y después calcinadas hasta obtener la cal viva. Este producto es de alta pureza, a causa de que las conchas están formadas de purísimo carbonato. La cal viva es apagada y después se le extrae el agua hasta quedar reducida a un espeso lodo.

Después es introducida con el agua del mar en unos tanques de floculación donde se precipita el hidróxido de una solución cuya pH es 11. La separación del hidróxido de magnesio del agua del mar se realiza en espesadores Dorr. El resultado es deshidratado por filtración en forma de barro espeso. Posteriormente se obtiene una solución de cloruro de magnesio por tratamiento del barro de hidróxido con ácido clorhídrico.

La solución de cloruro de magnesio filtrada es concentrada en alto grado en evaporadores de pulverización, separada por filtración de las impurezas que cristalizan, parcialmente deshidratada en grandes bandejas y, por último, deshi-

dratada al máximo en atmósfera de ácido clorhídrico.

El cloruro de magnesio obtenido es fundido y electrolizado a seis voltios por el sistema ya mencionado anteriormente. Al ser extraído de las cubas con las espumaderas, se vierte en lingoteras de 60 centímetros de largo y 41 centímetros cuadrados de sección. Estos lingotes pesan sólo 44 kilogramos.

El cloro que se desprende durante la electrólisis, de los ánodos, es conducido a la planta de ácido clorhídrico. Aquí se le hace reaccionar con gas natural, que da el ácido clorhídrico y óxido de



Sacando un crisol en una planta de refinado del magnesio.—(Foto de la Prensa.)

carbono. El resultado se disuelve en agua que se llevará al proceso de transformación en cloruro del hidróxido de magnesio.

Una fuente suplementaria de cloro son las células electrolíticas de sosa cáustica, que existen en otra unidad de la fábrica.

La mayor parte del magnesio producido por los procesos industriales descritos se encuentra en un alto grado de pureza, pero aun puede ser refinado sublimándolo en el vacío a una temperatura justo por encima de la de su punto de fusión.

Los usos del magnesio son múltiples y cada día se hallarán más aplicaciones. En la actualidad, la importancia de los metales ligeros, aluminio y magnesio, ha

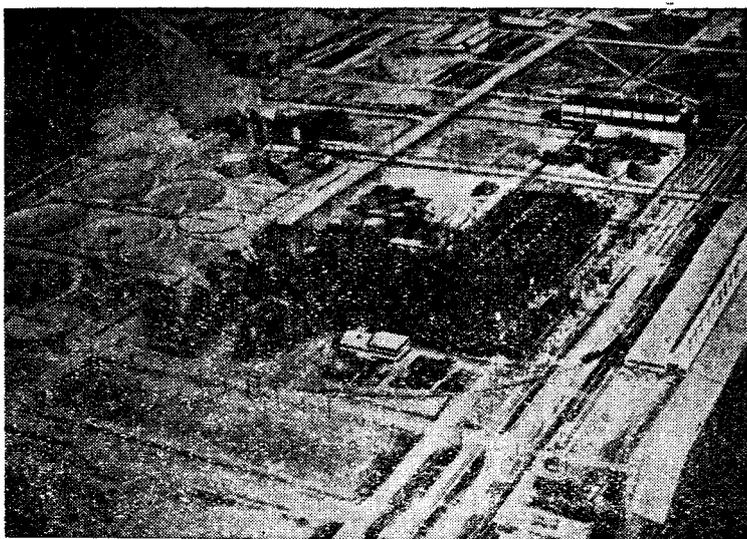
aumentado considerablemente. Sus aleaciones, conocidas en Norteamérica con el nombre de aleaciones Dow, invaden el campo de la metalurgia, aumentando sus aplicaciones y haciendo posible, con sus singulares propiedades, concepciones técnicas e ingenieriles que, hace solamente unos años, hubieran sido irrealizables.

Así, por ejemplo, existe una aleación denominada 75S que, además de aluminio y magnesio, contiene pequeñas cantidades de zinc, cobre, manganeso, cromo, silicio, hierro y titanio, que después de un tratamiento térmico apropiado, adquiere una resistencia de 5.500 kilogramos por centímetro cuadrado, que viene a ser un tercio mayor que la del acero dulce. Sin embargo, su peso es, en igualdad de volumen, menor de una mitad.

El magnesio ha adquirido de esta forma un lugar destacadísimo entre las materias básicas y fundamentales para la industria humana. El contenido de las aleaciones Dow, algunas de las cuales pueden ser tratadas térmicamente y templadas, es de un 88 a un 98% de magnesio y el resto de variables cantidades de aluminio, manganeso y zinc. El manganeso aumenta la resistencia del magnesio al ataque del agua, especialmente cuando ésta lleva sustancias en disolución. Estos tratamientos térmicos pertenecen a una nueva técnica conocida con el nombre de «endurecimiento por precipitación», descubierta en 1911 por Wilm y explicada más tarde por el Dr. Merica. Aun a relativamente bajas temperaturas los átomos de las pequeñas cantidades de otros metales adicionados al aluminio y al magnesio, se desplazan lentamente dentro de la masa general y se ordenan formando nuevas agrupaciones

cristalinas que confieren extraordinarias propiedades de tenacidad, resistencia y hasta dureza a la aleación. Durante la segunda Guerra Mundial la mayor parte de estas aleaciones fueron empleadas en la construcción de aviones militares.

Otra aleación está compuesta de un 10 a un 30% de magnesio y el resto de aluminio. Esta aleación, conocida con el nombre de magnalio, fué de las prime-



Vista de la fábrica de magnesio instalada por la Dow Co. en Freeport (Texas).

En la parte izquierda los grandes círculos corresponden a los expesadores Dorr en los que el agua del mar reacciona con la cal para precipitar el hidróxido magnésico. Detrás de ello se ven grandes montones de ostras y a su derecha los dos altos hornos son los que sirven para quemarlos y obtener la cal viva. Más a su derecha se encuentran los filtros Moore, para filtrar el hidróxido magnésico y en medio los evaporadores en los que se concentra el cloruro magnésico extrayéndolo más tarde en forma de lingotes para la alimentación de las células de electrólisis. Los edificios negros grandes del centro corresponden a las salas de células y hornos de fundición en los que se extraen del cloruro el magnesio metálico. A la izquierda y al fondo está la planta de la Ethyl Dow en la que se extrae el bromo del agua del mar y se convierte en bibromuro de etileno para añadir al antidetonante de la gasolina.—(Foto de la Prensa).

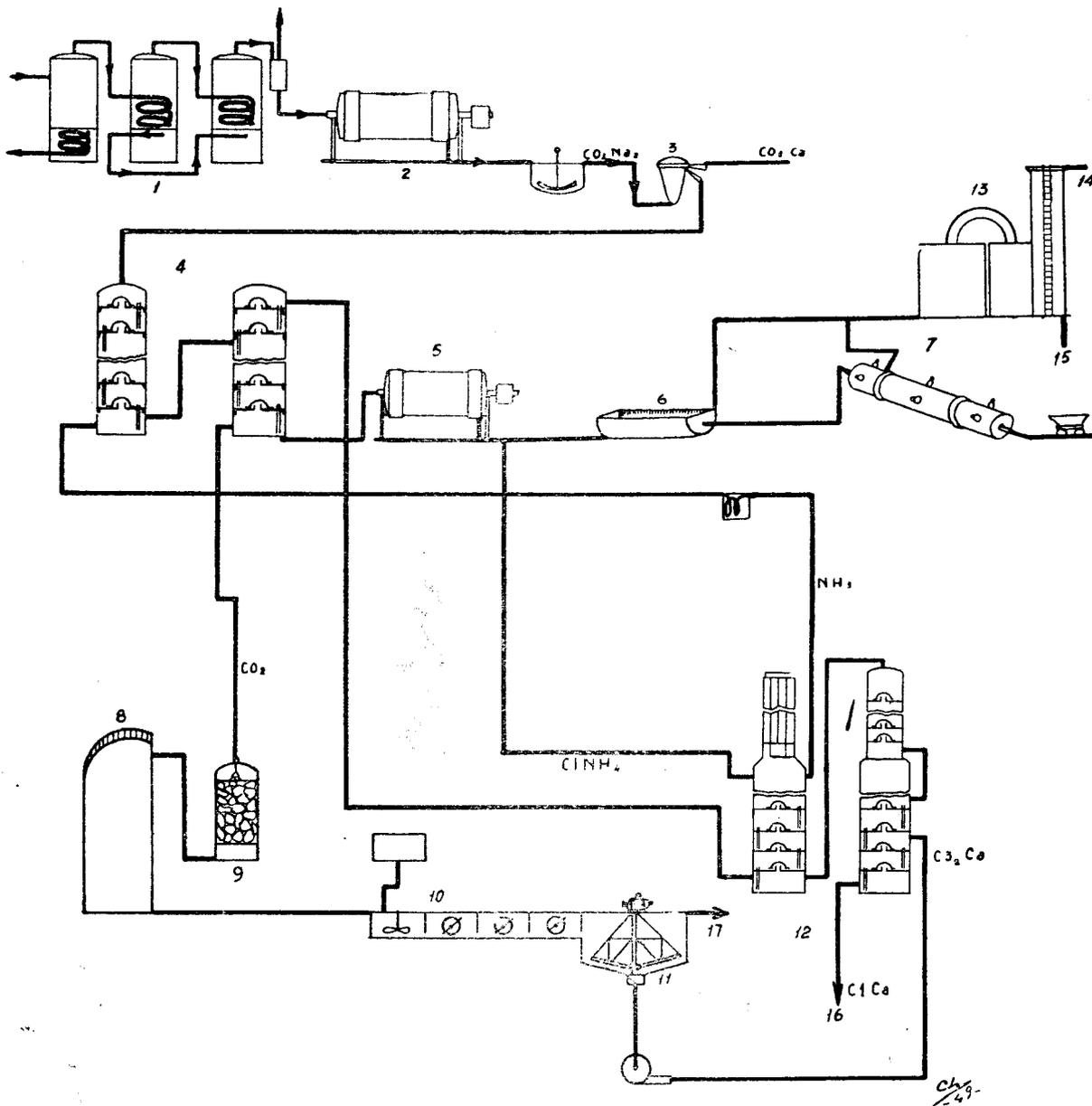
ras obtenidas y tiene análogas aplicaciones.

El precio del magnesio ha declinado al propio tiempo que se ha incrementado su demanda. Al principio era de 20 dólares el kilogramo. En 1915 bajó ya a 10 dólares, en 1933 a 60 centavos y en 1941 a 50 centavos. Se ha calculado que

la producción anual de los EE. UU. durante la última Guerra Mundial ha sido de 300.000 toneladas.

Llegados a este punto, se vislumbra fácilmente que, disponiendo de grandes cantidades de energía, es lógico pensar

Fabricación de la sosa al amoniaco



Fabricación de la sosa al amoniaco

1: Triple efecto.—2: Cinco filtros.—3: Supercentrífuga.—4: Saturador de amoniaco y carbonatador.—6: Calcinador del bicarbonato.—7: Horno de calcinación del carbonato.—8: Horno de cal.—9: Scruber.—10: Apagador de la cal.—11: Espesador.—12: Recuperador de amoniaco.—13: Recuperador del polvo de sosa.—14: Aire purificado.—15: Carbonato recuperado.—16: Cloruro de calcio.—17: Agua.

en aplicar ésta al beneficio de las distintas primeras materias que el agua de mar contiene, mas teniendo presente que el origen de todo este plan, y que como consecuencia lo condiciona, es la irriga-



Concentradores de sosa cáustica de la Dow
(Foto de la Prensa)

ción de una buena parte de las dos islas de Lanzarote y Fuerteventura, se comprende que en primer lugar ha de considerarse la producción de agua potable. Pero un pequeño cálculo nos hará ver enseguida que la cantidad de sales que habrá de contener esta agua es tan ingente que de ninguna manera es posible su beneficio total, pues ello requeriría cantidades colosales de energía eléctrica, que en forma alguna podríamos producir.

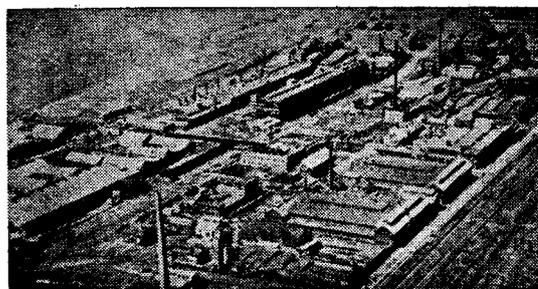
De esta forma nos hemos de contentar con prever el beneficio de una fracción más o menos grande, pero siempre substancial desde el punto de vista económico, de dichas sales, y como la fuente de materias primas en realidad son las lejías procedentes de las potabilizadoras eléctricas, en las que existe ya una gran concentración de materias sólidas disueltas y un elevado porcentaje de cloruro sódico, es por lo que considero mucho más razonable ennoblecer dichas lejías haciendo que el $Cl Na$ cristalice por simple evaporación al aire libre, con lo que las aguas madres residuales contendrán, en un volumen aun menor, todas las sales de magnesio y el bromo.

De esta forma la cantidad de materiales a tratar tendrá un volumen bastante menos considerable. Estas aguas madres, a su vez, han de ser divididas en dos porciones, ya que para obtener el bromo es preciso acidificar el agua y, por el contrario, para obtener el magnesio hay que alcalinizarla.

La parte destinada a la obtención del bromo se sometería a un tratamiento de desplazamiento del mismo por medio del cloro, mas al actuar con soluciones mucho más concentradas pueden seguirse métodos más sencillos o que por lo menos no tienen la misma complicación que cuando hay que manejar grandes masas de agua, y la utilización de materiales inatacables por los halógenos, que en las grandes instalaciones se hacen prohibitivos por su coste.

En cuanto a las lejías procedentes de la planta de obtención del bromo, considero lo más prudente desecharlas por el momento, vertiéndolas en el interior del mar por medio de una tubería que descienda a una profundidad de 200 ó 300 metros, veril que está en estas islas muy próximo a la lengua del agua.

Una cantidad considerable de estas lejías concentradas y procedentes de las cubas de cristalización no será, sin embargo, utilizada para la obtención de bromo y magnesio, mas un proceso de cristalización fraccionada permitiría obtener de ellas las sales de potasio e, incluso, el hidróxido magnésico, como primera ma-



Instalación de la Mathieson Co. en Niagara Falls, para fabricar sosa cáustica
(Foto de la Prensa)

teria exportable para que en otros puntos se beneficie el metal.

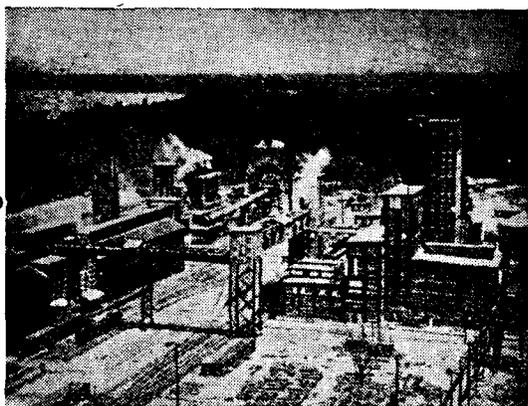
Los residuos de la primera precipitación con la cal, y las aguas procedentes de los lavados y concentraciones posteriores en la fabricación del magnesio contienen principalmente cloruros de sodio y calcio. Todos estos líquidos pueden ser concentrados en evaporadores de pulverización al vacío, que hacen cristalizar el cloruro sódico a bajas temperaturas, separándose entonces del de calcio por filtración. Ligeramente lavado con agua fría es posteriormente disuelto y tratado con una pequeña cantidad de carbonato de sosa que precipita los últimos restos de calcio. Nuevamente filtrado es llevado a la planta de carbonatación, donde se puede convertir en bicarbonato de sosa por el procedimiento Solvay, al amoníaco, harto conocido para ser descrito aquí.

Solamente diremos que en él figuran como primeras materias el cloruro sódico, el amoníaco, el anhídrido carbónico y la cal apagada.

Veremos cómo podemos suministrar estas materias primas.

El cloruro sódico ya hemos visto de dónde procede.

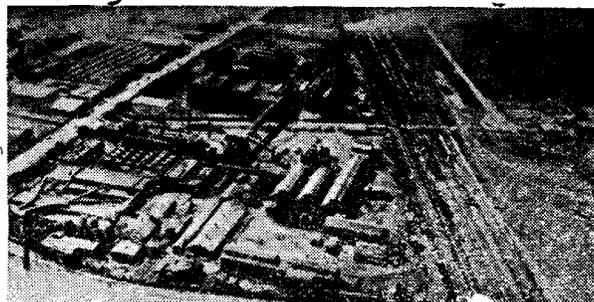
La calcinación de la piedra caliza nos suministra el anhídrido carbónico y la cal viva, que, con agua, nos dará la lechada de cal apagada.



Fábrica de sosa al amoníaco de la Compañía Solvay, en Baton Rouge
(Foto de la Prensa)

El amoníaco procedería de la planta de fabricación de sosa cáustica.

A su vez, esta planta, que recibiría el cloruro sódico cristalizado en el proceso de ennoblecimiento de las lejías, nos proporcionará, además de la sosa cáus-



Vista aérea de la fábrica Hooker para fabricar sosa y ácido clorhídrico.—(Foto de la Prensa.)

tica, el amoníaco, el ácido nítrico y los nitratos. No quiero detenerme en la descripción prolija de detalles de transformaciones químicas que, por conocidas, son obvias en este lugar, pero sí deseo consignar un pequeño memento de las primeras materias que tenemos a nuestra disposición y de los principales derivados que de ellas podemos obtener:

Primera materia: Cloruro de sodio.

Derivados: Sodio metal.—Obtención del caucho sintético al sodio, del nitrato de plomo (cebo de los detonadores y cápsulas de proyectiles); del plomo tetraetilo, antidetonante para las gasolinas de aviación; fabricación del peróxido de sodio y de la amalgama de sodio para la síntesis orgánica; fabricación de colorantes, perfumes y medicamentos.

Hidróxido de sodio.—Sosa cáustica. Fabricación del rayón, fibraná y celofaná, del fenol y numerosos productos químicos; del jabón; de la pulpa de celulosa y del papel; de la lejía doméstica; refinación del petróleo; regeneración del caucho; industria textil; refinación de aceites vegetales y otros muchos usos de menor importancia.

Carbonato de sodio.—Sosa, en la fabricación del cristal; sosa cáustica y bi-

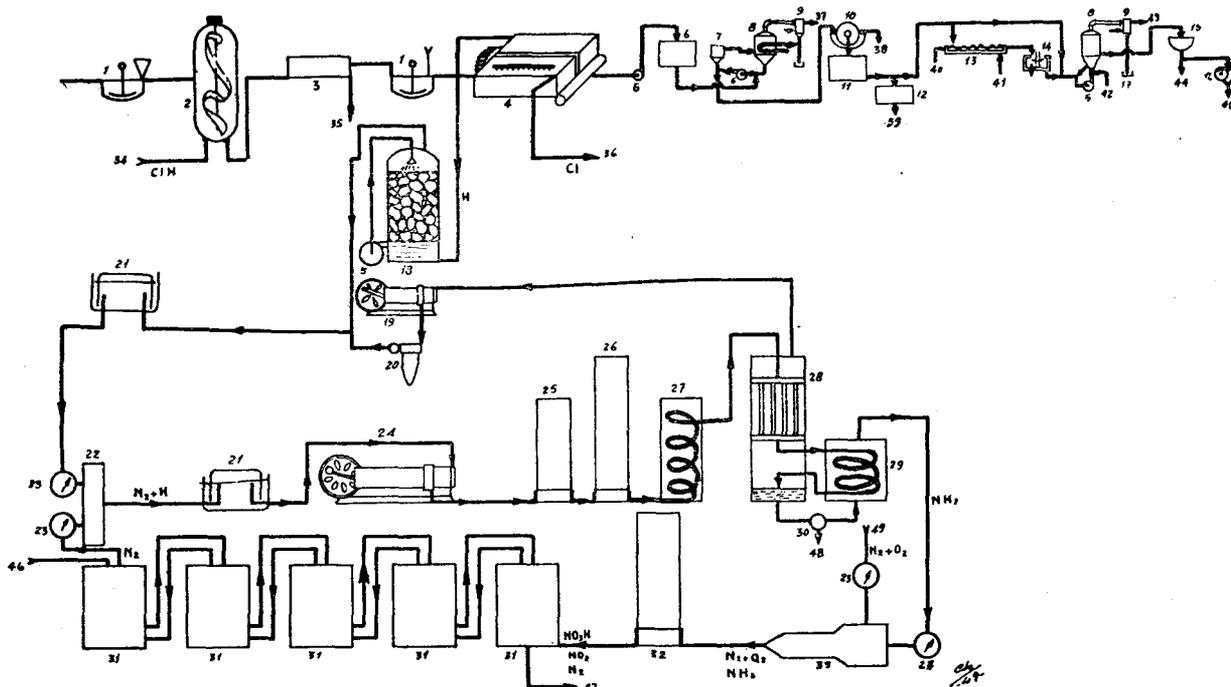
carbonato; productos químicos; jabón; lavado de lanas; pulpa de madera y pasta de papel; detergentes industriales y domésticos y sosas modificadas; industria textil; «ablandadores» de aguas; refinación del petróleo, y otros usos.

Cloruro de sodio.—En bruto y refi-

nado. Sal común. Para la alimentación humana; industrias de salazones y multitud de usos imposibles de detallar.

Hipoclorito de sodio.—Industria del blanqueo; lejías domésticas.

Perclorato de sodio.—Pirotecnia; explosivos y dentífricos.



Fabricación de la sosa cáustica, de amoníaco y del ácido nítrico

Esquema de la fabricación de la sosa cáustica, del amoníaco y del ácido nítrico

- 1: Aparato para disolver el cloruro de sodio.—2: Saturador de ácido clorhídrico.—3: Filtro centrifugo.—4: Cuba electrolítica tipo Solvay.—5: Bomba.—6: Sosa cáustica diluida.—7: Separador.—8: Evaporador.—9: Refrigerante.—10: Filtro.—11: Sosa cáustica concentrada.—12: Tanque de sedimentación.—13: Cristalizador.—14: Centrifugadora.—15: Marmita de acabado.—16: Máquina de hacer escamas.—17: Salida del agua condensada.—18: Scruber.—19: Bomba de compresión.—20: Separador de aceite.—21: Gasómetro.—22: Cámara de mezcla.—23: Contadores.—24: Bombas de compresión de gases.—25: Separador.—26: Cámara catalítica de contacto.—27: Refrigerante.—28: Lavador de amoníaco de contracorriente.—29: Refrigerante.—30: Llave.—31: Cámara de absorción de ácido nítrico.—32: Cámara catalítica de contacto.—33: Cámara mezcladora.—34: Entrada del ácido clorhídrico.—35: Agua y otras sales, afuera.—36: Salida del cloro.—37: Agua de refrigeración.—38: Agua de refrigeración.—38: Cloruro sódico, afuera.—39: Lejía cáustica.—40: Entrada del agua fría.—41: Entrada de agua fría.—42: Entrada del líquido de calefacción.—43: Agua de refrigeración.—44: Sosa cáustica para envasar en bidones.—45: Escamas de sosa.—46: Carbonato de sosa o lechada de cal.—47: Nitrato de sosa o nitrato de cal.—48: Amoníaco.—49: Aire.

Bicarbonato de sodio.—Farmacia, Industria química.

Bromuro de sodio.—Industria fotográfica. Farmacia. Industria química.

Primera materia: Cloruro magnésico.

Derivados: Magnesio metal.—Aleaciones ligeras; construcciones aeronáuticas, equipos transportables y piezas de alta velocidad; bombas incendiarias; luz fotográfica y faros de fortuna para aeródromos.

Oxido de magnesio.—Carbonato de magnesio.—Hidrato de magnesio.—Cloruro de magnesio.—Sulfato de magnesio.—Bromuro de magnesio.—Para usos técnicos, industriales y como reactivos químicos.

Primera materia: Carbonato cálcico. Piedra caliza. Fabricación del cemento.

Derivados: Anhídrido carbónico.—Para la carbonatación de la lejía de cloruro de sodio y su conversión en bicarbonato de sodio; hielo seco.

Oxido del calcio.—Obtención del:

Hidróxido de calcio.—Cal apagada. Obtención del magnesio; recuperación del amoníaco en la fabricación de la sosa; fabricación de cales y morteros; obtención del cloruro de cal (polvos de gas) para fijar el cloro sobrante en las operaciones técnicas descritas.

Cloruro de calcio.—Obtención del calcio metálico; mezclado con «picón» pavimentado de las carreteras de las islas; agente deshidratante.

Hipoclorito de calcio.—Industria del blanqueo; pulpa de papel y tejidos.

Calcio metal.—Obtención del nitruro de calcio, como productor de amoníaco; como limpiador y desoxidante en aleaciones de cobre y aceros especiales; aleado con plomo para revestimiento de cables y para placas de acumuladores eléctricos; fabricación del siliciuro de calcio para aceros y hierros magnéticos aplicados a los núcleos de transformadores eléctricos.

Primera materia: Cloro.

Para la industria química en general; fabricación de insecticidas, disolventes orgánicos, resinas sintéticas, colorantes, ácido clorhídrico, etc.; hipoclo-

ritos de calcio y sodio; obtención del bromo; tetracloruro de silicio, etc.

Primera materia: Bromo.

Para la industria química en general, colorantes, medicamentos, industria fotográfica, bromación del etano y del etileno.

Primera materia: Hidrógeno.

Fabricación del ácido clorhídrico, del amoníaco; hidrogenación de aceites de pescado.

Primera materia: Aire.

Derivados: Nitrógeno.—Para la obtención del nitruro de calcio y en la fabricación del amoníaco.

Oxígeno.—Oxidación del amoníaco para la obtención del ácido nítrico.

El mero examen de este pequeño resumen, que también se encuentra expuesto en el diagrama Fig. 45, da una clara idea de la importancia que el aprovechamiento integral de estas primeras materias tiene.

Son complemento de dicho resumen los siguientes datos:

Producción de sosa cáustica en los EE. UU. en 1941:

Rayón y celofana Tm.	270.000
Productos químicos	240.000
Jabón	125.000
Exportación	120.000
Refinación del petróleo	115.000
Textiles	63.000
Lejía	52.000
Pulpa y papel	62.000
Regeneración del caucho ...	23.000
Aceites vegetales	20.000
Varios	180.000
TOTAL	1.271.000

Distribución del carbonato de sosa producido en los EE. UU. en 1941 :

Cristal Tm.	970.000
Sosa cáustica y bicarbonato	877.000
Otros productos químicos ...	785.000
Jabón	260.000
Pulpa y papel	155.000
Detergentes y sosas modifica- das	140.000
Exportación	87.000
Textiles	68.000
«Ablandadores» de agua ...	35.000
Refinado de petróleos	13.000
Varios	250.000
TOTAL	3.640.000

Bicarbonato de sodio ... Tm. 148.610

Consumo de energía eléctrica en la fabricación de algunas sustancias, por 100 kilogramos :

Aluminio Kw-h.	2.100
Amoníaco	1.200
Calcio	140
Sosa cáustica	250
Grafito	760
Magnesio	1.600
Fósforo	900
Sodio	1.300

Textiles

PECES

En toda la escala animal, desde la forma más simple y primitiva del protozoo hasta la más compleja y perfecta del hombre, el genio de la especie se manifiesta de una manera oscura, pero irresistible por el espíritu gregario, común a toda ella. El individuo posee una independencia restringida, subordinada a la colectividad, que ha sido magistralmente estudiada por Gustavo Le Bon en su "Psicología de las Multitudes". La agrupación de los seres vivos en manadas o rebaños, haciendo renuncia de su individualidad para entregarse por completo a los mandatos del "alma colectiva", responde a muy ocultos y, a veces, ignorados designios, generalmente poco estudiados.

Los animales marinos no se sustraen a esta ley general y por ello vemos que los peces se agrupan en bancos, ya sea para desovar, para marchar en busca de los pastos que ocupan diversos lugares geográficos siguiendo el ritmo de las estaciones, o por otros motivos no bien definidos. Ello da lugar a las emigraciones y a las pesquerías.

La existencia de los peces está íntimamente ligada a la presencia de los alimentos. El ciclo vital, a semejanza de lo que ocurre en la superficie de las tierras emergidas, se completa a partir de la sustancia mineral y la luz, con las que los vegetales elaboran la materia orgánica, que sirve de alimento a especies cada vez mayores, hasta que los organismos superiores, al morir y descomponerse, devuelven, con la ayuda de las bacterias, las sustancias inorgánicas al depósito común. Por ello el origen de la vida marina hay que buscarlo en aquellos parajes bien iluminados y ricos en oxígeno. El conjunto de formas vegetales macro y microscópicas no puede desarrollarse a profundidades superiores a los

200 metros, donde no llegan los rayos del sol, y es más posible en las proximidades de la orilla, donde la agitación de las aguas las hace más ricas en ese factor vital que es el oxígeno. El placton, conjunto de seres microscópicos que sirve de biberón nutritivo a toda la cohorte de animales marinos, es más abundante en las regiones litorales. Los espacios oceánicos de intenso color azul equivalen a los desiertos de la superficie de los continentes.

Si observamos un mapa de las profundidades del Atlántico, veremos que en la margen oriental los abismos de más de 1.500 metros de profundidad están cerca de la costa, pero que a lo largo de nuestros territorios saharianos existe una plataforma litoral de menos de 250 metros de profundidad que bordea la orilla como un festón desde los 15° a los 30° de latitud, con anchuras hasta de 60 millas. Este es el banco sahariano: el célebre coto de pesca de los canarios desde hace siglos.

Las mayores pesquerías del Mundo se dividen en dos grandes grupos. Las Pecerías naturales están situadas en aquellos lugares en que una corriente de agua fría choca con otra caliente, lugares por los que los peces sienten especial predilección. Así sucede en Terranova, donde se encuentran la corriente fría del Labrador con la caliente de la Florida; las costas occidentales de Noruega, donde una rama de la Corriente del Golfo es obligada a retroceder hacia el Sur al chocar con la corriente polar; las costas del Japón donde sucede una cosa análoga con los dos brazos de la corriente del Kuro-Sivo que se enfrentan con las corrientes gélidas que vienen del Norte.

Otros lugares son puntos de paso de los grandes flujos migratorios, como sucede con las desembocaduras de los ríos canadienses para el salmón, y de los

Europeos para la anguila. En los primeros en la época de la froza, en los segundos al retorno de las crias procedentes de las profundidades misteriosas del Mar de los Sargazos.

Nuestro banco sahariano, en analogía con las costas noruegas, tiene un carácter mixto, ya que, por una parte, es el lugar de encuentro de la corriente fría de Canarias, que baja del Norte al Sureste, con otra más cálida que sube del Ecuador, y, por otra parte, es como una especie de corredor o paso obligado para las grandes corrientes emigratorias que cruzan longitudinalmente el Atlántico. El pez, como animal de sangre fría, agota prontamente sus reservas al hacer un esfuerzo muscular intenso. Sucede lo contrario que con las aves, los animales de sangre más caliente; por ello ha de acumular mayor cantidad de combustible, a igualdad de peso vivo, que otros seres.

El banco sahariano es un pastadero que no pueden esquivar las corrientes emigratorias sin el peligro de perecer. Estas circunstancias imprimen un sello característico a dichas pesquerías. En ellas existen dos especies distintas de peces, los sedentarios y los emigrantes. Estos últimos son los peces de paso, que sólo aparecen en determinadas épocas del año y cuyas especies se van sucediendo a lo largo de las estaciones. Los primeros son generalmente carnívoros y viven a expensas de los emigrantes.

Entre los emigrantes son características las grandes "mantadas" de corvinas que, en febrero, aparecen en la Bahía del Galgo y en la parte de costa comprendida entre el Angra de Cintra y Cabo Bojador, y los de tasartes entre Cabo Blanco y Punta Cansado.

Entre los peces autóctonos se encuentran sobre todos los de la familia del tiburón: marrajo, gato marino, pez zorro, cazón, tollo, pez martillo, mantita, tembladera, raya, etc.

La industria pesquera canaria debe adaptarse de una manera inexcusable a estas condiciones biológicas de la pesquería. En épocas anormales de guerras y bloqueos, en las que la competencia con otras pesquerías no existe, podrán desarrollarse florecientes negocios, pero en épocas normales esto no sucederá porque tiene en contra una serie de desventajas. La primera es el clima y el alejamiento de los mercados de consumo para la venta como congelado. El calor hace que se gasten muchas frigorías en su conservación y la distancia encarece el transporte. La segunda es la ausencia de factorías y secaderos en

la costa, así como de fábricas de conservas, lo que ocasiona la pérdida de muchos desperdicios. No hay otro remedio que recurrir a la salazón, que da pescado de inferior calidad y bajo precio. Otra causa de "handicap" es la calidad de la pesca, que no es muy apropiada para la salazón. La corvina, el cherne, el burro, por efecto del momento en que se capturan, están atiborrados de grasa y esta grasa se enrancia después de salada la pesca, comunicándole un sabor poco grato en comparación con el bacalao de los países nórdicos.

Los peces de la familia del tiburón, o selacios, son pesca basta, de carne gelatinosa, que nunca adquiere gran valor en el mercado.

Estas consideraciones nos hacen meditar sobre el problema. Es necesario buscar una solución que deje a nuestra industria al abrigo de las competencias ruinosas y de las oscilaciones de los precios y no se nos ocurre otra cosa que la racionalización de la captura y la industrialización integral de su aprovechamiento.

Como la parte más importante del contingente de peces capturables es de paso y por lo tanto circunstancial, a esta modalidad deben acomodarse las artes.

Las flotillas pesqueras deben estar dispuestas a acudir con copos, chinchorros y almadrabas en el momento y el lugar precisos para trabajar intensamente, ligados entre sí y con el "aviso", por medio de la radio. Es imprescindible el establecimiento de una Estación de Biología Marina en Lanzarote o Fuerteventura con un laboratorio flotante dependiente de ella, en el banco. Sus estudios guiarán las actividades de los barcos exploradores o "avisos" que denuncien a las flotillas la presencia de los enjambres de peces. Estos barcos, o incluso aviones, provistos de sondas eco y otros artificios, con características de gran velocidad de desplazamiento, recorrerían continuamente la "pecera" y dirigirían las operaciones de pesca de las flotillas estacionadas en lugares estratégicos, como puede dirigirse una batalla.

La pesca sería transportada a factorías flotantes, donde se le sometiese a las operaciones preliminares, preparatorias para su integral aprovechamiento.

La revalorización de la pesca entraña un proceso de industrialización que extraiga y transforme las dos materias primas de que está constituido el pescado: grasas y proteínas. De ello trataré en el próximo artículo.

TEJIDOS

Para que la pesca del banco sahariano pueda competir con la de los mares fríos del Norte, es necesario servir calidad, ya que el transporte encarece mucho la mercancía. Chernes, meros, merluzas, salmonetes, robalos, rubios, viejas y otras especies delicadas permiten la congelación siempre que se les prepare cuidadosamente despojándolas de las entrañas y en ocasiones de las cabezas. Lo mismo sucede con moluscos y crustáceos, que pueden conservarse en laterío "al natural", o bien como la langosta del Cabo, descabezados y congelados.

Los crustáceos: centollas, cangrejos, langostas, bogavantes, pueden ser transportados vivos a ceterias o viveros instalados en Lanzarote, ya calando jaulas metálicas en la Bocaina, ya acotando con redes de alambre una parte del estrecho del Río. Una vez criados y engordados se encontrarían en el lugar más adecuado para su repesca racional y la elaboración de las conservas de exportación. Mas el resto de la pesca debe ser revalorizado industrialmente.

La piel de muchos peces, y especialmente la finamente granuda de los selacios, puede ser curtida y proporciona artículos de muy fina calidad propios para marroquinería y calzados de lujo. La piel de merluza, cherne, mero y corvina da, con agua templada, colas finas y muy adhesivas, solubles en frío.

La carne y los intestinos, después de lavados y sometidos sucesivamente a la acción de las lejías de cal y de sosa cáustica que los gelatinizan, proporcionan, tratados con agua caliente, colas-gelatinas y gelatinas de elevado valor. Los caldos de donde se obtienen las gelatinas pueden ser desengrasados por medio de disolventes apropiados, y de los hígados frescos, exprimidos con vapor de agua y centrifugados, se obtienen también considerables cantidades de aceite.

Las gelatinas, según su calidad, se aplican a diferentes usos: La más fina en la alimentación, para la elaboración de flanes y gelatinas. Las calidades siguientes en las emulsiones fotográficas, de tan enorme consumo. Las que siguen en la fabricación de la lana artificial y, por último, las calidades inferiores para obtener un nuevo material de construcción llamado Isolafros y como adhesivo.

En todas las tierras del Archipiélago no cultivadas actualmente por falta de agua, que son bien extensas como todo el mundo sabe, podrían aclimatarse algunas plantas saharianas ricas en celulosa, como la

tulya u otras plantas esteparias como ciertas graminneas del género stipa (el esparto). Asimismo en las futuras zonas de regadío restringido de Lanzarote y Fuerteventura, podría cultivarse el algodón, el lino, el ramio o el yute e incluso, la pitera que proporciona abundancia de fibras celulósicas. Todos estos materiales, tratados en autoclaves con lejías débiles de sosa, dan la celulosa pura. Esta, sometida a la acción de lejías más concentradas, y, más tarde, a la del sulfuro de carbono, proporciona la viscosa, que estirada en hilos finísimos y coagulada con sulfato ácido de sosa y magnesia, se convierte en hilo de seda artificial o rayón, de gran tenacidad. Si el hilo de rayón lo hacemos pasar por un baño espeso de gelatina fundida, se recubre de una envuelta más o menos gruesa de esta sustancia que, más tarde, puede insolubilizarse por diversos procedimientos, ya sea bañándola en formol, en tanino, en alumbre de cromo o en otros curtientes artificiales. De esta forma habremos animalizado la fibra, la habremos convertido en lana artificial, susceptible de adaptarse a todos los usos de la natural menos el afeltrado, y que, mediante tratamientos apropiados, da origen a tejidos bellísimos, imposibles de obtener por otro procedimiento. Los japoneses pusieron este método en práctica hace algunos años y los resultados obtenidos sobrepasaron las esperanzas más optimistas.

Ahora bien, para obtener estas gelatinas sirven toda clase de peces. ¡Cuántas toneladas de ellos no clasificables se devuelven al mar diariamente en la actualidad!

Pero se comprende, sin que haya de hacerse ningún esfuerzo para demostrarlo, que el valor de la unidad de peso de materia animal seca, como pescado salado o como harina, es muy inferior al de la misma como vistoso y útil tejido.

El Isolafros es un nuevo material formado con gelatina líquida en la que se inyectan burbujas de aire por medio de una sustancia espumosa, formando, al secarse, un material esponjoso que se moldea en placas entre hojas de gasa. Es muy liviano, aislante térmico de primer orden y rigurosamente antisonoro. Por este motivo se emplea como blindaje para la lucha contra el ruido en las cabinas de los aviones y en los tabiques de las habitaciones de las casas situadas en las calles de mucho tráfico. Cada vez se emplea más y su uso solo está limitado actualmente por la escasez de materias primas.

Los aceites de pescado, como todas las grasas animales, están formados por uno o varios ácidos grasos y glicerina. Pero se da la circunstancia de que la última no satura por completo todo el ácido graso y queda parte de éste libre. Esta parte, en contacto del aire y por la acción del calor, tiene la propiedad de enranciarse, adquiriendo un olor nauseabundo que lo hace impropio para la mayoría de los usos. Mas si se hace penetrar hidrógeno en la molécula de estos aceites, se convierten en unas sustancias duras como el sebo, insípidas e inodoras, con las cuales ya pueden hacerse muchas cosas. Mezclándose con sebo y leche se forma la margarina, el sustituto de la mantequilla. Saponificándolas con una sal de plomo, de cobalto o de manganeso, y diluyéndolas con aguarrás, sirven para la fabricación de barnices y pinturas. Tratadas con sosa cáustica dan jabones.

Antes de someter el aceite al proceso de endurecimiento por hidrogenación se puede extraer de él la glicerina, producto valioso y muy solicitado.

Vemos pues, como puede aprovecharse integralmente el pescado, revalorizándolo por medio de una inteligente transformación, pero antes de terminar quiero hacer resaltar que ello dá origen a un sin fin nuevas industrias y actividades: la puesta en cultivo de todos los eriales y terrenos esteparios actuales para los que no es fácil prever en el futuro el regadio; el establecimiento de las siguientes fabricaciones: curtido de pieles de pescado, de colas y gelatinas, de pasta de celulosa, de viscosa, de celofana, de lana artificial, de hilados, tejidos, tintes, aprestos, géneros de punto, medias y calcetines, glicerina, hidrogenación de aceites, aceites para pinturas y barnices,

margarina, jabón y de materiales aislantes, etc., etc., que proporcionarían, sin duda, recursos y posibilidades industriales a todo el Archipiélago.

Como todo el mundo sabe, la sosa cáustica es primera materia para la fabricación de jabones, la otra son los ácidos grasos.

Estos proceden, principalmente los vegetales, de las costas de Africa (aceites de palma, de coco, de cacahuet, palmista) y los animales de América del Sur (sebos de la Argentina, Uruguay, Paraguay y el Brasil). Ahora bien, los países productores de grasa al Sur del Ecuador, no lo son de sosa, que se encuentran en Europa y América del Norte. De esta forma, resulta que, o bien hay que transportar la sosa al Sur o las grasas al Norte, y de ello se deduce para el producto elaborado que ha de reexportarse con un doble gasto de transporte.

El Archipiélago Canario está situado en un nudo de comunicaciones a mitad del camino de las grasas y aceites del Sur, que si se transformasen aquí en jabón y hubiesen de retornar al lugar de origen ya pagarían solamente la mitad de los transportes que si hubiesen de ir hasta Inglaterra o los Estados Unidos, pero si tienen que ser repartidos por las costas africanas o por el Mediterráneo y el Próximo Oriente, la economía sería mucho más considerable.

Un convenio comercial con los países productores de grasas, interesando a las firmas en el negocio de la fabricación del jabón, y el régimen de puerto franco de que disfruta el Archipiélago, contribuirán seguramente a la creación de una gran industria jabonera de tipo internacional.

La industria textil en Canarias

Antecedentes.—La industria textil representa una de las mayores actividades económicas, dentro de las manifestaciones de los principales países industriales del mundo. En lo que respecta a España su importancia es conocida, tanto en tiempos pretéritos como actuales, ocupando a más de 160.000 obreros solo la industria algodonera.

Antes de 1.936 la importación de materias primas para la industria textil significaba un 42 % del total de las entradas anuales en nuestra Patria. En nuestra provincia, según datos de la Cámara Oficial de Comercio, durante el quinquenio 1.930 a 1.934 el valor promedio de las importaciones textiles fué el 11'5% del total.

A fin de liberar de esta carga de importación, que grava la balanza comercial española, la política económica nacional ha procurado fomentar la producción indígena de fibras textiles naturales y artificiales. Con este objeto han sido declarados de interés nacional la fabricación de fibras textiles celulósicas en ciclo productivo completo (Decreto del Ministerio de Industria y Comercio de 15 de Marzo de 1.940), así como el aprovechamiento y tratamiento industrial de las primeras materias nacionales que tengan por objeto la obtención de fibras textiles naturales (Decreto de 5 de Abril de 1.940), la creación de zonas algodoneras y su concesión a Empresas privadas para el fomento de la producción del algodón, etc.

La obtención de fibras textiles y su elaboración en tejidos en la provincia de Las Palmas, se reducen a actividades artesanas con la lana de ovejas tratada en pocos telares manuales de tipo ancestral, y, aún en mucha menor cuantía, a las de lino cultivado en extensiones minúsculas de terreno. También de la hoja de palmera se confeccionan a mano esteras, que se consumen en la industria salazonera de pescado. Estas insignificantes manifestaciones industriales son restos de las relativamente más importantes que se implantaron a raíz de la incorporación de las Islas a España.

Modernamente se pretendió obtener fibras de las hojas de diversas pitas de los géneros aloe y agave, e incluso, de henequén, de cuyo cultivo se habían hecho pruebas. Pero sólo a fines de lograr hilos y cuerdas de gran consumo en la región.

Actualmente se está en período de propaganda para extender el cultivo del algodón, cuyos ensayos han sido prometedores, pretendiéndose instalar una fábrica de hilatura de esta fibra por una de las dos entidades que aspiran a la concesión de la zona algodonera canaria.

Necesidades textiles.—Puede, pues, decirse que no existe industria textil en esta provincia, siendo los tejidos que se consumen de procedencia exterior. Del examen de las cantidades anuales que se han importado en estos dos últimos decenios, creemos deducir que las siguientes cifras redondeadas señalan las necesida-

des provinciales para los textiles de distintas clases de fibras :

Tejidos de algodón en distintas manufacturas	700.000 Kg.
Tejidos de lana en distintas manufacturas	150.000 »
Tejidos de seda en distintas manufacturas	6.000 »
Tejidos de fibras artificiales	60.000 »
Géneros de punto	300.000 »
Géneros de cáñamo, lino, pita, yute, etc.	500.000 »

En esta clasificación la fibra predominante en su textura es la que domina a la clase.

El Sindicato Provincial Textil señala las siguientes cantidades normales para las necesidades anuales de tejidos, para la actual población de la provincia :

Tejidos de algodón ...	3.500.000 metros
Tejidos de lana	1.000.000 metros
Tejidos de seda natural	2.000 metros
Tejidos de rayón	1.000.000 metros
Géneros de punto ...	1.500.000 unida.

Estas partidas difieren de las tomadas por las estadísticas de la Cámara Oficial de Comercio, pero el peso del conjunto resulta análogo para ambas.

Estimamos que el cuadro primeramente reseñado, señala más aproximadamente las realidades del consumo, por lo menos en lo que al algodón se refiere, que, sin embargo, indican un consumo por habitante y año, menor que el medio nacional.

Debe hacerse notar el consumo de fibras bastas de cáñamo, yute, abacás, impuestos para necesidades de pertrechos de pesca y de la agricultura.

El origen de los tejidos importados fué, antes de 1.936, en su mayor parte, de la Península y actualmente lo es en su casi totalidad.

Circunstancias que posibilitan el funcionamiento de una industria.—La existencia próspera de una industria en una

región debe estar sustentada en algunas de las siguientes circunstancias : Abundancia de materia prima ; energía barata ; técnica apropiada ; mano de obra fácil ; mercado consumidor próximo ; política económica adecuada. A primera vista resulta descorazonadora su enunciación para el caso de Canarias donde parece no se dá ninguno de estos factores que coadyuvan a la vida de una actividad industrial.

A pesar de todo, analicemos someramente dichos factores, que consideramos esenciales para la industria en general.

Materias primas.—Canarias posee, o puede producir por sus circunstancias especiales geográficas, primeras materias para algunas industrias, ya sean aquellas de origen animal, vegetal o mineral. En todo caso, su situación geográfica privilegiada haría factible la entrada de dichos elementos de otras regiones productoras próximas a las Islas.

Energía. — Actuadamente la que se utiliza procede toda de importación en forma de combustibles sólidos y líquidos, los que resultan económicos debido al emplazamiento geográfico de Canarias. El empleo de la hulla roja, o sea del desnivel térmico del subsuelo, para lo que está perfectamente indicada Lanzarote, permitirá el uso de energía propia y barata. Igualmente la mejor utilización de la energía eólica hará de Canarias una región privilegiada en este aspecto, dada la constancia y fuerza de los vientos reinantes.

Técnica.—El sujeto humano canario de buenas facultades intelectuales, haría fácil la adquisición de la técnica industrial aprendida de donde fuera menester, y adaptarla a las peculiaridades de la región. En una etapa de mayor industrialización es de segura presunción la adopción o invención de métodos especiales logrados en el país.

Mano de obra.—El obrero canario, de clara inteligencia, puede proveer de ma-

no de obra apropiada a cualquier industria, si bien a base de jornales altos, apropiados al nivel de vida a que se debe aspirar.

Mercado consumidor.—Canarias, con población próxima al millón de habitantes de buen acomodo, es por sí un buen mercado absorbedor de cualquier producto industrial apropiado a su uso. Pero además su situación geográfica vuelve a señalar que sus elaborados industriales pueden ser lanzados, en condiciones óptimas, a otros mercados consumidores que hoy los toma de otros países más alejados.

Política económica.—Sin que se pretenda aludir a medidas proteccionistas adecuadas aduaneras centralizadas, que entorpezcan la entrada de productos extraños al país, pero similares a los que en él se produzcan, lo que entre otras cosas estaría en pugna con la tradición y el sentir canarios, es evidente que utilizando los medios autónomos que actualmente cuentan las corporaciones insulares, con flexibilidad e inteligencia, pueden, más que ayudar a industrias establecidas, incitar a instalar nuevas industrias que interesen a la economía del país. También la introducción de centros o medios de enseñanzas profesional y técnica pueden ayudar eficazmente a la industrialización del país.

Decimos, pues, del análisis efectuado, que Canarias, por sus circunstancias naturales y humanas, puede ser el lugar de una industria próspera.

Caso de la industria textil.—Examinemos también someramente estos factores para el caso de la industria textil:

Primeras materias.—En clasificación lógica las fibras textiles son de origen mineral, vegetal, animal o artificial.

Fibras de origen mineral, que sepamos, no existen en las Islas Canarias. Sin

embargo, no debemos olvidar que su geología no está bien conocida, y que su constitución volcánica no hace improbable la existencia de la llamada lana mineral, para usos, más que textiles, constructivos, y parece descartarse la del asbesto.

Las fibras de origen vegetal se pueden obtener de semillas (algodón, miraguano, etc.); de los tallos (lino, cáñamo, yute, retama, soja); de las hojas (abacá, aloe, pita, esparto, palma, etc.) y de los frutos (coco). De ellas, a tejidos finos, se destina el algodón y el lino, principalmente, y las demás a elaboración de pro-



El volcán Corona en el islote Alegranza.

Sobre un zócalo de basalto prismático se yergue este volcán de cráter casi perfecto.

(Foto Aviación)

ductos bastos, cordelería, saquerío, etc.

De todas ellas la más preciada es la de algodón, de las que se han hecho cultivos de ensayo en todas las islas. Con rendimiento medio de 2'5 Tm. de algodón bruto por Hectárea, se precisarían unas 900 Hectáreas para obtener el necesario para las necesidades de tejidos de la provincia, primeramente enunciadas. Esta superficie se podrá lograr, sin perjuicio de los actualmente dedicados a otros cultivos remuneradores, si se contase con agua suficiente, ya que no es exigente en calidad.

El lino, por la cantidad de agua que requiere su tratamiento (aparte de la que

necesita para su cultivo) no parece pueda servir de base para una industria textil en Canarias, si bien sería interesante considerar su manifestación artesana.

De la platanera, del mismo género que el abacá, no se ha utilizado para fines textiles. Sólo se emplean las capas del tronco, después de desecado y desfibrado bastante, para convertirlos en «tirras» con fines de cordaje ligero. También, con los tronchos y hojas, después de proceso químico conveniente, se convierten en cartón artificial en otra provincia peninsular.

Todas las especies vegetales reseñadas y muchas más son de fácil adaptación en la región y no debe dejarse de tomar en cuenta que, a más de su utilización textil, muchos de ellos tienen otros empleos tanto o más útiles. No debemos olvidar la alta conveniencia de desarrollar o implantar el cultivo de vegetales para obtención de fibras bastas, de las que tanto uso hace la provincia.

De las fibras de origen animal, la del gusano de seda tuvo su tradición industrial en Canarias, hoy completamente olvidado en la provincia de Las Palmas. La lana, que ya dijimos su modestísimo empleo local, se obtiene del ganado ovino. Para lograr obtener las cantidades de seda y lana que anualmente se consume en la provincia, se requerían 15.000 árboles de morera en plena producción y unas 100.000 ovejas, cifras que hacen impracticable el basar una industria en estas fibras.

El pelo de cabra, dada la relativa abundancia de ganado cabrío, podrá suministrar base para una modesta industria de su aplicación.

Las fibras artificiales son obtenidas a base de hidrato de carbono o proteínas, pues tuvieron como finalidad primera suplir o imitar el algodón y la seda natural y la lana, en cuya composición química predominan respectivamente dichos compuestos químicos.

Al primer grupo pertenece el rayón, o fibra artificial celulósica, con todas sus

variedades, entre las que destaca la viscosa obtenida con sosa cáustica y sulfuro de carbono.

Al segundo, los obtenidos a base de caseína de la leche, como son el lanital (italiano), aralac (norteamericano), tiolan (alemán) y lactofil (holandés).

Con otros albuminoides se han producido otras fibras artificiales: ardil (inglesa), de la proteína del cacahuet; seda de soja (japonesa), de la de la soja, y otras varias.

De la albúmina de pescado no se ha logrado todavía, que sepamos, obtener fibra textil, pero sí ha servido para agregarse al rayón celulósico, constituyendo la llamada lana de pescado.

Dentro de estas fibras artificiales están las sintéticas, logradas por procedimiento químico complejo, dentro de los que más destacados está el nylon y el perlon.

Estas fibras artificiales son productos de tratamientos químicos delicados, especialmente las sintéticas. Todas ellas descansan, en último término, en el carbón, agua, cal, celulosa y proteína. De estas materias la primera no existe en Canarias, la segunda no abunda, de la tercera es rica la provincia, de la cuarta puede obtenerse con plantaciones vegetales apropiadas y de la quinta, entre otras, puede obtenerse de nuestros venenos pesqueros.

Estas consideraciones parecen descartar la producción de fibras artificiales en Canarias. Pero si nos fijamos que, excepto el carbón, todas las demás existen, o son susceptibles de fácil adaptación, y que, incluso, algunos de los derivados del carbón pueden obtenerse de otros productos químicos, como el anhídrido carbónico, de más fácil adquisición u obtención, cabe el admitir la posible implantación de esta clase de industria, especialmente contando con nuestra riqueza pesquera.

En lo que respecta a las fibras artificiales, es conveniente destacar la citada arriba, la lana de pescado. En el esta-

do actual de la técnica industrial, que se pamos, se requiere un 80% de origen celulósico y un 20% de albúmina de pescado. En los pescados frescos su rendimiento en albúmina es el 12% de su peso. Por consiguiente, para obtener 100.000 kg. de lana artificial (consumo aproximado de la provincia en un año) se necesitarían aproximadamente 167.000 kg. de pescado fresco, cifra irrisoria para nuestra producción pesquera, y unos 80.000 kg. de celulosa fácilmente obtenible de algún producto vegetal, el algodón por ejemplo, y en el caso de esta malvacea, para estos fines es también cantidad muy factible de lograr.

Energía.—Es de gran importancia la liberación de la importación de fuerza motriz para el caso de la industria de fibras artificiales. Es por eso que consideramos fundamental el logro de energía autónoma barata para la implantación de aquélla.

Técnica y mano de obra.—Lo expuesto antes para la industria en general es de aplicación para la textil. Hay que destacar que la maquinaria moderna textil es mucho más eficiente y exige menos mano de obra que la de hace muy pocos años y, en algunos casos, supone una novedad en su concepción.

Mercados consumidores.—La industria textil que se establezca no debe aspirar solamente a proveer al mercado insular, abastecido en la actualidad insuficientemente, sino que debe tender a exportar, a Africa especialmente. Que esto no es utópico nos lo dice la simple consideración de que los grandes países productores textiles de importancia, Alemania, Japón e Italia, han sufrido rudo quebranto en sus industrias, las cuales en 1941 fabricaban 729.000 Tm. de textiles artificiales de las 1.135.800 Tm. fabricadas mundialmente en dicho año, sin que actualmente se haya cubierto sus plazas como lo demuestra la escasez de tejidos que experimenta el Mundo. Por otra parte, Africa es el continente que se encuentra en los inicios de un gran desenvolvimiento económico y demográfico, con apoyo de grandes potencias, y nuestras islas, geográficamente africanas, poseen unas circunstancias raciales, de clima y civilización, que las harían preferente en una elección de ubicación industrial.

El consumo mundial de algodón, del orden de 6.900.000 toneladas métricas (30.000.000 de balas), es análogo al de 1936, a pesar del incremento de población habido en los catorce años transcurridos.

Política económica.—El establecimiento de industrias textiles en Canarias no perjudicaría a las peninsulares instaladas. En efecto, en época anterior a 1936 competían en esta región libremente los textiles nacionales y los extranjeros, con ventaja para los nacionales, especialmente en los de algodón. Después de 1936, por circunstancias bélicas y sus derivaciones, Canarias se ha encontrado desabastecida de estos productos, no sólo por escasez de primeras materias necesarias para las industrias nacionales, sino también por no poseer éstas la capacidad suficiente para todos los merca-



Paisaje de la región de las Montañas del Fuego.

La desolación y esterilidad de estos terrenos cubiertos de negros "lapillis" se acentúan más si cabe en esta vista aérea
(Foto Aviación)

dos de anteguerra. De esto último es confirmación las autorizaciones concedidas para nuevas instalaciones, llegando a promover el Estado por el Ministerio de Industria y Comercio en Orden Ministerial de 3 de marzo de 1950 (Boletín Oficial del Estado del 28 de abril) el establecimiento de una industria textil en Málaga, declarando de interés nacional su instalación, que será adjudicada por concurso a Empresa española constituida o por constituir.

Creemos, por tanto, que no habría obstáculo administrativo central para el establecimiento de industria ampliamente concebida, y es más, no sería improbable que el mismo Estado, de faltar la iniciativa particular, estimara en Canarias conveniente el emplazamiento de manufactura textil.

Los organismos regionales y provinciales deben dar cuantas facilidades puedan otorgar para la instalación de una industria textil, e, incluso, incitar a su establecimiento por los medios a su alcance.

CONCLUSIONES

Como consecuencia de lo expuesto creemos deducir:

1º.—Que es factible el establecimiento de una industria textil a base de primeras materias naturales vegetales, especialmente algodón. Para ello es muy conveniente sea adjudicado el concurso que para la zona XII algodонера canaria fué anunciado por el Ministerio de Agricultura en Orden Ministerial de 20 de marzo de 1948 (Boletín Oficial del Estado del 26 de marzo).

2º.—Que la de tejidos a base de fibras artificiales celulósicas, con primeras materias vegetales cultivadas en el país (eucaliptos, retama, etc.) de fibras proteínicas de vegetales en el país (soja) y de albúminas de pescado, pueden serlo, pero condicionado a la obtención de energía abundante y barata que puede fomentar una industria química complementaria.

3º.—Que la coyuntura mundial actual es favorable a ello, no sólo por la disminución de potencialidad textil de grandes países industriales, sino también por el aprovechamiento de utillaje moderno y el desarrollo del gran mercado africano.

Si se puede aumentar la superficie de regadío por aumento del caudal de agua de riego a bajo costo, y se consigue obtener energía abundante y barata, es evidente que se abrirían para Canarias perspectivas industriales de enorme amplitud en todos los sectores, que para el caso de los textiles sería un ciclo completo de producción, contando con el banco pesquero canario-africano.

Por consiguiente, concluimos, que no debe escatimarse ningún esfuerzo para buscar soluciones al problema, fundamental, de lograr energía propia abundante y de poco precio, que probablemente resolvería el de incrementar la riqueza hidráulica para riegos.

(Colaboración de Don José Bosth Millares Ingeniero de la Delegación de Industria de Las Palmas).

Cemento

La realización de una obra como la que hemos esbozado breve y superficialmente en los anteriores artículos, requiere cantidades considerables de materiales de construcción. En una sola fábrica de magnesio, montada recientemente en el Extranjero, se emplearon 3.900 toneladas de cobre; 50.000 toneladas de acero; 70.800 metros cúbicos de madera; 40.000 toneladas de ladrillos y más de 1.000.000 de toneladas de hormigón.

Depósitos, canales, tuberías, fábricas, carreteras, puentes, muelles, almacenes, viviendas, hospitales, edificios públicos, etc., necesitarán, sin duda, tales montañas de cemento, que esta sola consideración puede constituir por sí misma un obstáculo infranqueable.

En realidad el cemento está integrado por dos factores distintos: rocas y carbón. Las primeras se encuentran con relativa abundancia en casi todas partes, mas no sucede lo mismo con el segundo. La clave del problema del cemento está, pues, en el carbón. Antiguamente se construía con piedra, ladrillos, cal y madera. Los ladrillos y la cal consumían también mucha leña. En todas partes podía construirse en posesión de estos elementos, mas la aparición del cemento, cuya fabricación exige grandes cantidades de carbón mineral, sólo puede llevarse a cabo en aquellos lugares en que éste abunda o donde es posible transportarlo fácilmente. La paralización en el ritmo normal de la edificación y las devastaciones consecutivas a nuestra guerra aumentaron enormemente las demandas de cemento en la post-guerra, y esta demanda fué aun agravada por la deficiencia de nuestra producción hullera, la supresión de importaciones y el auge que tomó la recuperación industrial de la Nación. En estas condiciones se comprenderá fácilmente que sería una fantasía pedir a nuestra industria del cemento, agobia-

da ya en la actualidad con las solicitudes de Regiones Devastadas, Obras Públicas, Defensa Nacional y una gravísima crisis de la vivienda, que entregase un millón de toneladas anuales de cemento para acometer esta obra. Mas aun suponiendo que ello fuese posible sin grandes sacrificios, todavía nos quedaría el rabo por deshollar. ¿Cómo haríamos para transportar todo este cemento a través de 1.500 ó 2.000 kilómetros? Porque nuestras dificultades con el carbón no afecta solamente al cemento, sino, asimismo a los transportes. También nuestra flota mercante quedó muy afectada por la guerra y no ha sido posible recuperarla, pese al titánico esfuerzo realizado, al unisono de las crecientes necesidades que el transporte demandaba.

Así, pues, hemos de reconocer que ocupa un lugar de prioridad la resolución autónoma de este problema, condición previa para pensar en todo lo demás.

El cemento es el producto de la reacción a alta temperatura de la caliza y del silicato de alúmina y hierro. En otras palabras: las primeras materias son el silicio, el calcio, el aluminio y el hierro. En la práctica se emplean las margas arcillosas adicionadas de caliza o bien mezclas de arcilla y caliza en determinadas proporciones, dependientes de su composición. Los métodos de fabricación entrañan la mezcla íntima de los materiales finamente divididos, lo cual se consigue por vía húmeda o semi-húmeda, ya que el sistema llamado seco también exige el empleo de ciertas cantidades de agua, pues si se vierte en los hornos rotatorios el polvo absolutamente seco, las distintas densidades de los materiales harían que éstos se separasen a las pocas vueltas y además la fuerte corriente de gases calientes que por su interior circula, arrastraría grandes cantidades de este polvo. Por ello la fabricación del ce-

mento, contando con los elementos y circunstancias de nuestro caso, habría de adaptarse a las mismas de una manera muy especial. Como primeras materias contaremos con caliza, por una parte, y por otra con arcilla, escorias volcánicas, lapillis, trass, traquitas, tobas, puzolanas y otras rocas formadas por silicato de alúmina y hierro. El agua no habría que pensar en utilizarla, ya que la subterránea de Fuerteventura es rica en yeso y sulfatos de magnesio y sodio, todos ellos verdaderos venenos para la obtención de buenos cementos.

Como energía, la eléctrica, que habrá que transformar en calor. Esto puede lograrse por medio de resistencias o del arco eléctrico con electrodos de carbón. Sin embargo, en el primer caso las elevadas temperaturas a lograr, 1.200 a 1.500 grados, requieren el empleo de materiales muy caros. En el segundo, además del consumo de electrodos, el sistema es difícil de resolver, ya que hemos de conducir sobre un foco fijo de calor un verdadero río de material pulverizado con una regulación complicada del aflujo del mismo y de su temperatura de cocción. La solución puede estar en calentar fuertemente una corriente de aire a su paso por un arco entre electrodos metálicos refrigerados, conduciéndola después al interior de un horno tubular giratorio del tipo corriente.

Si pulverizamos finamente las primeras materias y, después de dosificarlas con exactitud y mezclarlas íntimamente, las introducimos en un horno de esta especie, la corriente de aire haría completamente ilusoria la homogeneidad de dicha mezcla. Por ello será necesaria una aglomeración de aquel polvo, aunque sea somera, en pequeñas masas del tamaño de guisantes. La técnica de la aglomeración de lignitos con destino a la síntesis del amoníaco o de la gasolina, nos da suficiente experiencia para lograr resultados satisfactorios con el empleo de las prensas centrifugas altra

rápidas y un gasto insignificante de sustancias aglomerantes: alquitran, pez, asfalto, aceites minerales inservibles, lignina en polvo, etc.

El resultado de la reacción en el interior del horno, o sea la clinka, es una mezcla heterogénea de diversas sustancias que, después de finamente pulverizadas y mediante la adición de agua, cristalizan, es decir fraguan, y forman un material duro y resistente cuyas propiedades mecánicas dependen, no solamente de su composición química sino también de su forma y estructura interna cristalina. Esta mezcla heterogénea está formada por alita (silicato tricálcico), belita (silicato bicálcico) silicato de alúmina y hierro aluminato cálcico. Las distintas clases de cemento pueden ser controladas: a) por las proporciones en la mezcla de primeras materias y las características de éstas, b) por la temperatura y el tiempo de la cocción. Lo segundo puede modificarse haciendo variar la intensidad de la corriente que alimenta el arco y la velocidad del aire circulante.

No obstante haber aglomerado el material sometido a la cochura, es fácil comprender que una buena cantidad de polvo será arrastrada fuera del horno, polvo que será preciso recuperar. Afortunadamente, el sistema de fulguraciones, de cargas electrostáticas, el régimen inducido de torbellinos, los filtros electrostáticos, los ultrasonidos y otros trucos, permiten librar una corriente de aire del polvo más fino que pueda arrastrar, dejándola más limpia y pura que el de los espacios de la alta atmósfera.

Antes que de la depuración del agua, antes que nada, habrá que pensar en la producción de cemento. La solución no creo que sea muy difícil si se acomete de una manera inteligente y se economiza cemento en las construcciones con el empleo, siempre que ello sea posible, de los aerocretos.

¡Pero cuántos problemas del Archipiélago resolverá simultáneamente!

Fabricación del Cemento

Distintas clases de cementos. — Teniendo en cuenta las primeras materias que pueden encontrarse en las Islas Canarias o sus inmediaciones, y con vista a su posible fabricación, podemos clasificar los cementos en las siguientes clases :

Cemento Portland artificial. — Este cemento se obtiene mezclado íntimamente caliza con otra roca que contenga sílice alúmina y óxido férrico, en proporciones definidas, sometido el conjunto a un principio de fusión y vitrificación (clinkerización) y subsiguiente mlturación del producto. El cemento Portland es el más corrientemente empleado en las construcciones modernas de toda clase. La versatilidad de su aplicación es resultado de sus propiedades características de plasticidad, fraguado, rápido endurecimiento y alta resistencia. Entra en la composición de morteros y hormigones y, asociado al acero, ha hecho posible las grandes edificaciones y obras que son orgullo de la ingeniería y arquitectura de nuestros tiempos.

Los más modernos estudios, con la ayuda del microscopio y de los rayos X, han demostrado que esta formado por una mezcla de distintas substancias, a las que el investigador sueco Törnebohm dió los nombres de alita, belita, celita, y felita. La alita es el silicato tricálcico, al que el cemento debe su rápido endurecimiento, la belita, es el alfasilicato bicálcico y la felita, el betasilicato bicálcico, que dan al cemento, después de hidratado su resistencia y dureza a largo plazo, y

la celita es el alumino-ferrito tetracálcico, así como una substancia isomorfa intersticial esta formada por aluminatos de calcio, cuyo principal papel (alumina y óxido de hierro), es hacer posible la fabricación industrial del cemento, al rebajar la temperatura de clinkerización.

En resumen : En el cemento Portland, el rápido endurecimiento depende de la proporción en que contenga el silicato tricálcico, y la resistencia a largo plazo, del silicato bicálcico, de donde resulta el alto interés de que entre los ingredientes que forman los crudos se encuentre la cal a altas dosis. Sin embargo, la proporción ha de estar calculada para que después de la transformación térmica o cochura, no quede cal sin combinar.

El cemento Külh.—Si en el mezclado para obtener el cemento Portland se rebaja la dosis de sílice y se aumenta la de alúmina y óxido férrico mediante la adición de una tierra apropiada, se obtiene el cemento de Külh, que se caracteriza por su rápido endurecimiento.

Cemento aluminoso.—Es el resultado de la fusión en horno eléctrico y molturación subsiguiente, de una mezcla de caliza y una tierra con alto contenido de alúmina. La propiedad más importante de este cemento es que alcanza rápidamente, a veces en 24 horas, su máxima resistencia. Al propio tiempo estos cementos ofrecen una alta indiferencia a los agentes químicos y a la corrosión.

Cementos puzolánicos.—Las puzola-

nas son determinados productos naturales que, adicionados a la cal, reaccionan con ella en presencia del agua, y dan substancias capaces de fraguar y endurecerse, o sea, compuestos insolubles y aglomerantes.

Ello es debido a que la sílice de las puzolanas se asocia con la cal para formar silicatos. Los cementos puzolánicos pueden ser de varias clases. Los romanos usaron ya una argamase formada con cal, puzolanas y grava, de la que nos hablan Vitrubio en su Tratado de Arquitectura y Plinio en su Historia Natural, y que ha resistido en obras hidráulicas, como son algunos puentes romanos, y grandes edificios, como el Panteón, las injurias del tiempo hasta nuestros días. Como el fraguado de una simple mezcla de cal y puzolanas lento se ha imaginado agregarle, para acelerarlo, una cierta porción de cemento Portland, como es práctica corriente en la mayor parte de las obras marítimas italianas. Como quiera que en el cemento Portland de alta dosis de cal, suele quedar después de la cochura cierta cantidad de cal libre, lo cual presenta serios inconvenientes, por lo que respecta a la calidad final del producto, los alemanes tienen la costumbre de adicionarle una cierta cantidad de tierra puzolánica, que al reaccionar con la cal la transforma y fijan.

Sin embargo, no es esta la única propiedad de los cementos puzolánicos, sino que además, éstos, son muy impermeables y, por ende, altamente resistentes a la corrosión química, por lo que se emplea preferentemente en las obras marítimas. Las puzolanas naturales son tierras de origen volcánico, ricas en sílice y alúmina y pobres en bases, por haber sido éstas deslavadas por la acción conjunta del bióxido y el agua. Su eficacia depende de la cantidad de sílice activa y alúmina que poseen.

En resumen, pueden aplicarse las puzolanas en la siguiente manera :

a) Adicionadas a la carga de los cementos de endurecimiento extrarrápido,

sobresaturados de cal, con objeto de neutralizar la cal libre que eventualmente puedan contener.

b) Mezcladas a los hormigones de cemento ordinarios para obras hidráulicas.

c) Unidas a la cal, materias inertes y algo de cemento, para hacer morteros de precio económico y fraguado relativamente rápido.

d) Unidas a la cal y con la carga correspondiente, para hacer argamasas tipo romano, de fraguado y endurecimiento lentos, pero económicas y susceptibles de adquirir gran resistencia con el tiempo, aptas para elaborar obras tales como casas terreras de ladrillo y cantería, pavimentos, tapias y muros de cerca, etc. etc., y también para estructuras prefabricadas que se pueden introducir en el agua, para su endurecimiento, después del fraguado.

También se fabrican puzolanas artificiales.

Materias primas para la fabricación de aglomerantes que se encuentran en las Islas de Lanzarote y Fuerteventura.

Caliza.—Existen dos menas de caliza. Una la constituye el jable. Como hemos indicado en su lugar, se trata de una arena de origen marino constituída por las conchas trituradas de moluscos que las corrientes marinas introducen en las playas y el viento arrastra a lo ancho de las Islas. Por eso se llama también arenas voladoras. Su composición es carbonato de cal prácticamente puro, de la variedad cristalina aragonito, finamente dividido en laminillas microscópicas, totalmente solubles en ácido clorhídrico y que no dejan más que un casi imperceptible, residuo de arcilla.

Se encuentra un poco por todas las costas bajas, pero especialmente en grandes cantidades en el Jable que cruza Lanzarote desde la bahía de Penedo hasta la Goleta, al sur de Arrecife, y en el istmo

de Matas Blancas, entre Fuerteventura y la Península de Jandía. También forma grandes acumulaciones en la playa Blanca (Lanzarote), en la Bocayna, en la playa del Pozo y en las de Barlovento y Sotavento de Jandía en Fuerteventura.

En esta última Isla existen también algunos depósitos acumulados en su interior en épocas geológicas anteriores, tal como ocurre en los Jablitos, al Norte de la Isla, pero en este caso se halla aglomerada la arena con un cemento intersticial arcilloso, y, por lo tanto, su análisis químico no arroja carbonato de calcio puro, sino una mezcla de caliza y silicatos, variables con la proporción del aglomerante.

En las costas occidentales de Fuerteventura existen grandes dunas o colinas formadas por aglomeraciones cementadas de arenas voladoras, fijadas y preservadas de la acción del viento por delgados mantos de lavas, emitidos después de su formación.

Es una piedra caliza bastante pura que da una excelente cal grasa conocida en el país con el nombre de cal de albeo.

Estas colinas tienen alturas que oscilan entre los 100 y 150 metros, y están situadas en Tarife, Puerto Nuevo y Puerto de la Peña.

Otra fuente de cal la proporciona el barniz calcáreo que cubre la casi totalidad de las dos Islas y al que se ha dado el nombre de travertinos, aunque el origen del mismo sea hasta el momento desconocido y aún inexplicable. Se presenta en unos lugares en lentejones y otras en verdaderos estratos, que algunas veces arman encima y otras debajo de las viejas lateritas que ocupan la mayor parte del país. Su potencia es en ocasiones tan considerable, que alcanza los 25 metros de espesor. La coloración de esta caliza es muy variable, pues mientras que en algunos lugares es de un blanco crema y proporciona una excelente cal grasa, en otros es casi negra por la presencia de cierta cantidad de manganesa, procedente de la descomposición de los basaltos.

El análisis típico de una caliza de Fuerteventura es el siguiente :

Sílice	2,80
Alúmina	1,28
Oxido férrico	0,84
Oxido de calcio	48,38
Magnesio	3,20
Anhidrido sulfúrico	0,45
Anhidrido carbónico agua de combinación	43,05
Alcalis (Na + K)	0,10

Equivalente en carbonato de calcio 86,21 %.

Es muy difícil hacer una evaluación de la caliza existente en ambas islas, pues, como hemos dicho, en algunos lugares se halla cubierta por las lateritas y el espesor del estrato varía entre muy amplios límites, más puede asegurarse, sin temor a error, que es tan considerable el yacimiento, que puede considerarse como prácticamente inagotable.

Arcillas.—En realidad no existen en estas islas verdaderas arcillas, pues, aunque los materiales plutónicos del enclave de Betancuria hubieran podido darles origen, lo corto y relativamente joven de la cuenca de desagüe no ha dado lugar a la formación de sedimentos de importancia.

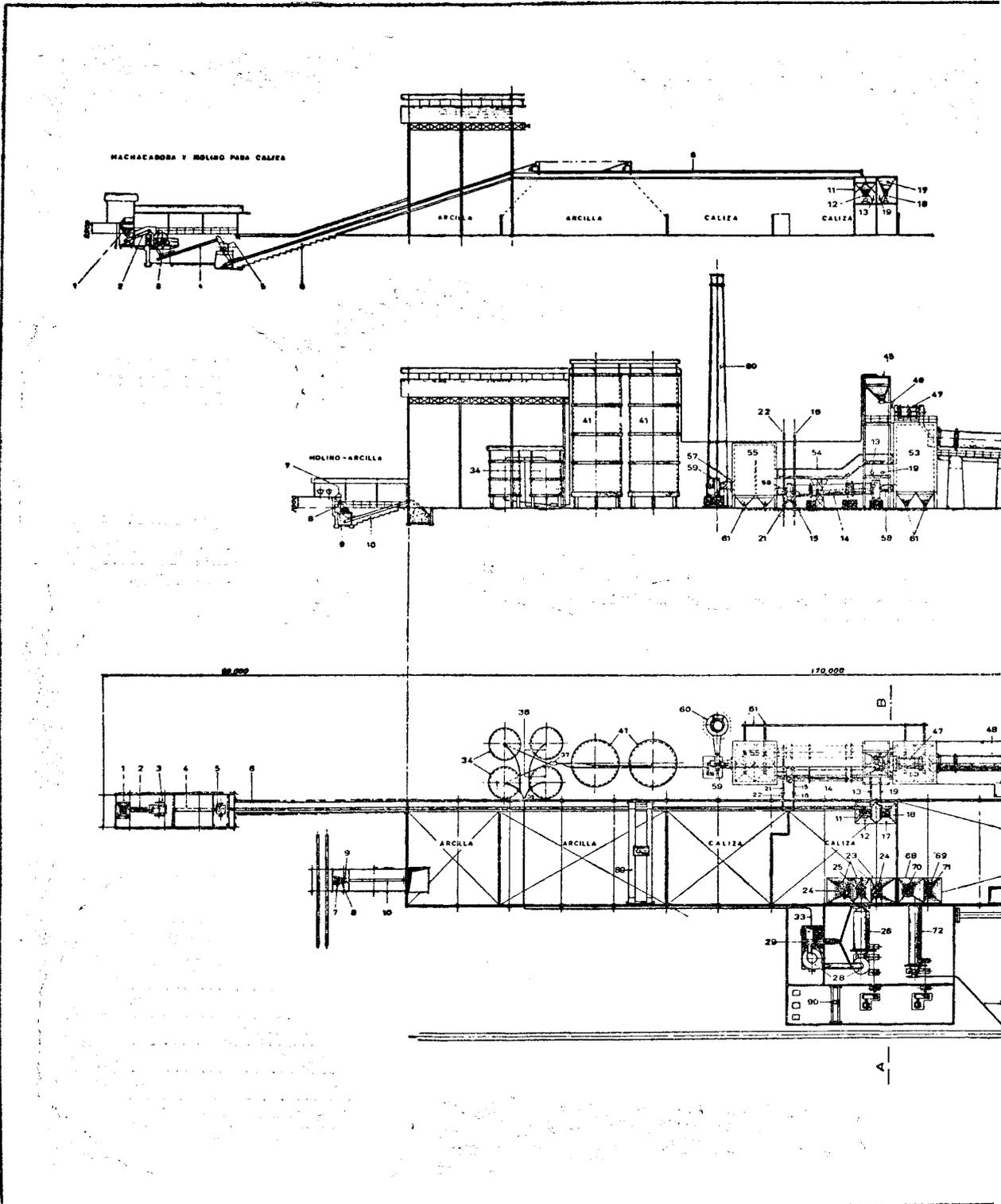
Sin embargo, existen productos de la descomposición de los basaltos que, aunque difieren enormemente de las características propiedades físicas de las arcillas, tienen una composición química enteramente semejante. Véase un ejemplo :

Sílice	40,32
Alúmina	11,96
Oxido férrico	9,50
Oxido de calcio	11,54
Magnesia	3,60
Anhidrido sulfúrico... ..	trazas
Pérdida al fuego CO ₂ y H ₂ O ...	20,70
Alcalis (Na + K)	2,38

Equivalente en carbonato de calcio 20,61 %.

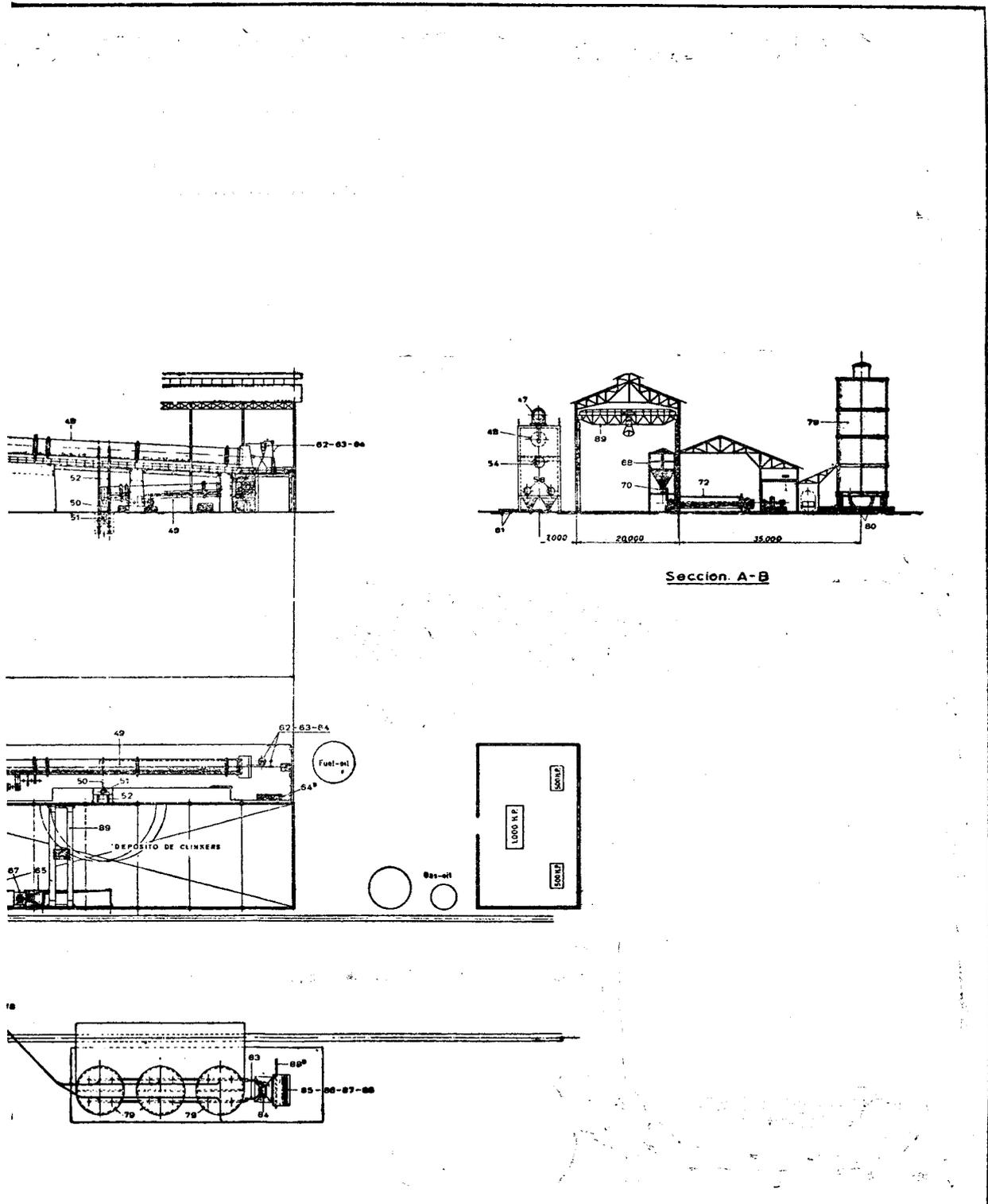
La adición de este material a la caliza

Plano de la primera fábrica de cemento que proyecta instalar en Gran Tarajal (Fuerteventura) una mente el horno consumirá fuel y la fuerza



1: Tolva de recepción de calcárea.—2: Transportador de tablero metálico.—3: Quebrantador de mandíbulas.—4: Transportador de correa.—5: Molino de martillos.—6: Transportador de correa.—7: Tolva de recepción de arcilla.—8: Distribuidor de tablero.—9: Molino de cilindros dentados.—10: Transportador de

Sociedad privada de acuerdo con las normas propugnadas por el autor de esta obra. Provisional-
será proporcionada por motores Diessel.



correa.—11: Tolva de recepción de calcárea molida.—12: Solera giratoria.—13: Transportador de correa.
—14: Secador de calcárea.—15: Transportador de correa.—16: Elevador de cangilones.—17: Tolva de
recepción de la arcilla molida.—18: Solera giratoria.—19: Transportador de correa.—20: Secador de la

anterior nos daría, en todo caso, una mezcla excesivamente rica en sílice que habría que corregir con la introducción de arena de jable.

Estas tierras arcilloides son lateritas mezcladas con una proporción mayor o menor de cal, que unas veces procede de las mismas lateritas y otras de la erosión de los travertinos, y abundan en las extensas llanuras de la parte oriental y meridional de Fuerteventura, alcanzando fácilmente potencias de 20 metros, antes de llegar a los basaltos y lavas no descompuestos, subyacentes.

En algunos lugares estas lateritas han sido tan deslavadas, que han quedado reducidas a un residuo de alúmina muy ferrifera, semejante a la bauxita, elemento excelente para la fabricación de los cementos aluminosos. He aquí una muestra :

Oxido de sílice	49,20
Alúmina	28,94
Oxido de hierro	11,96
Oxido de cal	7,57
Oxido de magnesia	0,77
Pérdida de calor... ..	0,70

Lavas.—También existen lavas que adicionadas de caliza pueden formar «crudos» de naturaleza análoga a los ce-

mentos Kùlh de fraguado lento, pero aptos para las obras marítimas.

He aquí el análisis de una de estas lavas :

Sílice	43,48
Alúmina y óxido de titanio	20,30
Oxido férrico... ..	12,08
Oxido de calcio	10,52
Magnesia	7,45
Alcalis Na + K	4,12
Anhídrido sulfúrico	trazas
Id. carbónico y agua de combinación... ..	1,88

Estas lavas cubren con su manto magníficos espacios de tierra cultivable que, cuando queden libres de ellas, serán recuperados por el hombre para su utilización.

Puzolanas.— Aunque el nombre de puzolanas es aplicable típicamente a unas cenizas volcánicas que existen en Puzzoli, genéricamente se conocen con este nombre una serie de tobas y productos volcánicos que, por efecto de un enfriamiento brusco, no tuvieron tiempo de cristalizar y se encuentran en estado vítreo con escasos microcristales incluidos y que, habiendo sido emitidos acompañados de grandes cantidades de vapor de agua y despojados de sus bases (metales alcali-

arcilla.—21: Transportador de correa.—22: Elevador de cangilones.—23: Tolvas volantes.—24 y 25: Soleras dosificadoras.—26: Molino tubular autoventilado.—29: Ventilador.—30: Tamiz del ciclón.—31: Bomba Fuller.—32: Compresor de aire.—33 y 33 bis: Tuberías y filtros de manga.—34: Silos de homogeneización.—35: Compuertas Fuller automáticas.—36: Recuperadores por air-slide.—37: Bomba Fuller.—38 Compresor de aire.—41: Silos.—42: Compuertas Fuller.—43: Recuperador por air-slide.—44: Cuadro de control.—45: Tolva volante.—46: Extractores de tornillos.—47: Prensa de granulación.—48: Horno rotativo.—49: Enfriador.—50: Transportador de sacudidas.—51: Molino giratorio de premolienda.—52: Elevadores de cangilones.—53: Cámara.—54: Cortacircuitaje de los secadores.—55: Cámara de expansión.—56: Registros.—57: Idem.—58: Conductos de aire.—59: Ventilador de tiro.—60: Chimenea.—61: Recuperación de los polvos.—62: Quemador de fuel.—63: Ventilador de soplado.—64: Tuberías de aire.—64 bis: Cuadro de control.—65: Tolva de recepción del yeso.—66: Distribuidor de tablero.—67: Quebrantador de mandíbulas.—68: Tolva de almacenamiento del clinker.—69: Idem del yeso.—70 y 71: Soleras dosificadoras.—72: Molino tubular.—74: Ventilador.—75: Filtro de mangas.—76: Bomba Fuller.—77: Compresores.—78: Tuberías.—79: Silos de clinka.—83: Compuertas.—84: Tolva.—85 a 88: Molino de bolas.—89: Puente volante con cuchara de dos metros cúbicos.—90: Puente rodante manual para la sala de los motores de molinos.

Se prevé para el futuro el aprovechamiento del calor de los gases y la recuperación del anhídrido carbónico.—(Cortesía de O.R.E.I.C.O. y C.E.I.)

nos y alcalino-térreos) quedando como resto y en gran abundancia la alúmina y la sílice en estado coloidal. Esta sílice, capaz de reaccionar en frío con soluciones sobresaturadas de hidróxido cálcico, es la responsable de las propiedades características de las puzolanas.

En estos terrenos existen materiales que gozan de propiedades puzolánicas. Muchas lateritas de Fuerteventura tienen composición análoga a los «trass» del Rhin, tan empleados por los alemanes; una toba del país denominada «tosca», de la que se tallan sillares para la construcción, proporciona también una excelente puzolana, y existen por último arenas, lapillis y cenizas volcánicas procedentes de la totalidad de los volcanes explosivos, tan comunes en la región y que reciben el nombre genérico, pero indeterminado, de «picón», «zahorra», «jabie», etc., de los cuales la inmensa mayoría poseen propiedades puzolánicas (a la actividad de la sílice libre es atribuible en primer lugar las propiedades adsorbentes para el agua del picón), que si permanecen con frecuencia inéditas, es debido a la falta de un utillaje adecuado para la molturación de estos materiales, condición indispensable para que la acción de superficie ejerza su influencia en la reacción. Véase un análisis:

Sílice gelatinosa	84,23
Alúmina	5,75
Oxido férrico	1,11
Oxido de calcio	0,42
Oxido de magnesio	0,89
Pérdidas al fuego	7,38
Alcalis	0,03

Yeso.—En distintos lugares de las dos islas existen yacimientos de este mineral que, como se sabe, es necesario, no solo para los enlucidos de las edificaciones, sino que, adicionado en pequeñas cantidades a la clinka de Portland, durante su molturación, regula la velocidad de fraguado del cemento. El yacimiento conocido más importante, es uno existente al Norte de la Península de Jan-

día, donde se encuentran grandes cristales de hasta 35 cm. de longitud con la clásica macla en punta de flecha. La abundancia de aguas selenitosas en Fuerteventura, hace sospechar la presencia de yacimientos en el subsuelo de otros lugares.

Sílice.—No es imposible que en el suelo de Lanzarote exista algún yacimiento de sílice, pues en las proximidades de una fuente que mana entre la Tiñosa y Playa Quemada, se encuentran drusas de cuarzo. Sin embargo, la importancia de dicho yacimiento es dudosa. El yacimiento más cercano e importante de arena silícea, casi pura (99,2%), se halla en Villa Cisneros y tiene facilidades para su embarque. Aunque, las tierras que han de entrar en la confección de los «crudos», son más bien ricas en sílice y será frecuente la necesidad de introducir la cal pura como factor de corrección en la exacta dosificación de los mismos, habrá ocasiones en que convendrá disponer también de aquel mineral aislado, para eventuales defectos.

Pómez.—Como en todo terreno volcánico ácido, también se halla en estas islas afloramientos de pumitas diversas, más si estas no fuesen adecuadas para su empleo como material de relleno en los hormigones ligeros, en la zona del Teide existen con verdadera abundancia.

Molturación y mezcla.—En la mayor parte de los sistemas europeos de la fabricación del cemento Portland se mueven, mezclan y homogeneizan los «crudos» por vía húmeda. Este sistema no se puede aplicar en nuestro caso, pues falta el agua. Por lo tanto habrá que recurrir al sistema seco. Los cementos modernos se caracterizan por una dosificación cuidadosa de sus componentes, un elevado contenido de cal y una molturación muy fina, para que no quede cal sin reaccionar. Ello nos plantea dos problemas: la mezcla no puede hacerse homogénea por simple batido mecánico con palas, y si se introduce este polvo impalpable en el horno rotatorio, la corriente de aire caliente

circulante, unida al movimiento de rotación, arrastraría el material y lo separaría por orden de densidades.

La homogeneización solo puede hacerse efectiva por un batido, dentro de la cámara mezcladora, con el auxilio de finos chorros de aire a presión. El «crudo», antes de su introducción en el horno, tiene que ser aglomerado por presión en forma de pequeños nódulos, cuyo tamaño más adecuado sólo es capaz de fijarlo la experiencia (velocidad de difusión del calor en la fase de desprendimiento carbónico; facilidad de vitrificación en la fase de fusión incipiente: necesidades antagónicas).

La adición a los crudos de pequeñas cantidades de agua emulsionada con alquitrán sería el ideal, mas la carencia absoluta de agua dulce deja como única solución la introducción del aire del batido en las cámaras mezcladoras, completamente saturado de vapor de agua, por haberlo hecho pasar, caliente, a través de *sckrubers* donde se pulveriza el agua del mar.

Los arcilloides son lo suficientemente higroscópicos para retener la cantidad de agua necesaria para rendirlos plásticos.

Cocción de los crudos.—La reacción entre la sílice y la cal para la formación de la clinka tiene lugar en las proximidades inferiores a los 1.350°, pero a los 900° aproximadamente el carbonato de calcio desprende su anhídrido carbónico para convertirse en óxido de calcio. Pueden considerarse, en un horno tubular, tres zonas de calor. La primera es la de desecación, en la que se pierde toda el agua no combinada y va calentándose progresivamente el «crudo», una segunda zona en que la temperatura permanece constante o estacionaria, mientras se desprende el bióxido de carbono, y una tercera y última zona en la que tiene lugar la fusión incipiente o vitrificación del material, formándose la clinka. La velocidad con que discurre el material a través de esta tercera zona debe ser tal que

tenga tiempo de realizarse por completo la reacción, sin dejar cal en libertad, pero sin que sea tan prolongada que se pase de cocción e, incluso, funda, con la consiguiente formación de anillos adherentes a las paredes del horno.

La descarga del horno suele hacerse en corriente de aire, de forma que la clinka sufre un rápido enfriamiento. Ello ofrece dos inconvenientes, pues por una parte se pierde una considerable cantidad de calor, que de otra forma se podría recuperar en parte, y además sucede que en el proceso de vitrificación de la clinka existen en equilibrio diversas fases sólidas que han de separarse totalmente y cristalizar del líquido, que más tarde dará lugar a la substancia intersticial. Este proceso es lento. La disolución de un sólido en otro, que posee elevada viscosidad, por razón de su estado, no puede separarse si no se le da tiempo. Cuando los cristales obtenidos sean mayores serán más puros. Esta es, pues, una razón para hacer que el enfriamiento sea lento. Sin embargo, cuando el enfriamiento es muy lento, la clinka se desmenuza y vuelve inactiva, por formarse un estado alotrópico especial.

Es necesario salvar el compromiso entre estos dos límites por medio de un control preciso, llevando los materiales rápidamente a través de las temperaturas críticas, en que se produce el desmoronamiento espontáneo, y dejando tiempo, en el resto del gradiente de enfriamiento, para la recuperación del calor.

Calefacción.—En los hornos tubulares se emplea el carbón pulverizado o el fuel como combustibles. En nuestro caso el elemento calefactor ha de ser una corriente de aire elevada a una temperatura adecuada por su paso a través de un arco eléctrico. Este arco puede estar constituido por un conjunto de elementos formados por tubos Siemens, de acero, refrigerados por agua.

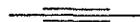
Como es natural, partimos de la base de la baratura del fluido eléctrico y hemos de añadir un estudio cuidadoso

de la economía en su aplicación. Así, por ejemplo, el vapor producido en la refrigeración de los arcos y en el enfriador de la clinka, será aplicado al accionamiento de los molinos, trituradoras y ventilador y los gases calientes que salen del horno, que es de muy reducidas dimensiones en comparación con los de uso corriente en el procedimiento húmedo, pasan por un recuperador de calor por el que circula a contracorriente el aire fresco que se inyectará en el arco, el cual resulta así precalentado.

Cabría la tentación de hacer circular este aire en circuito cerrado, mas esto no es posible, pues la atmósfera del interior del horno debe ser oxidante y ya hemos visto que se producen grandes cantidades de anhídrido carbónico, no sólo en la transformación de la caliza, sino en el momento de calentar el aire a su paso

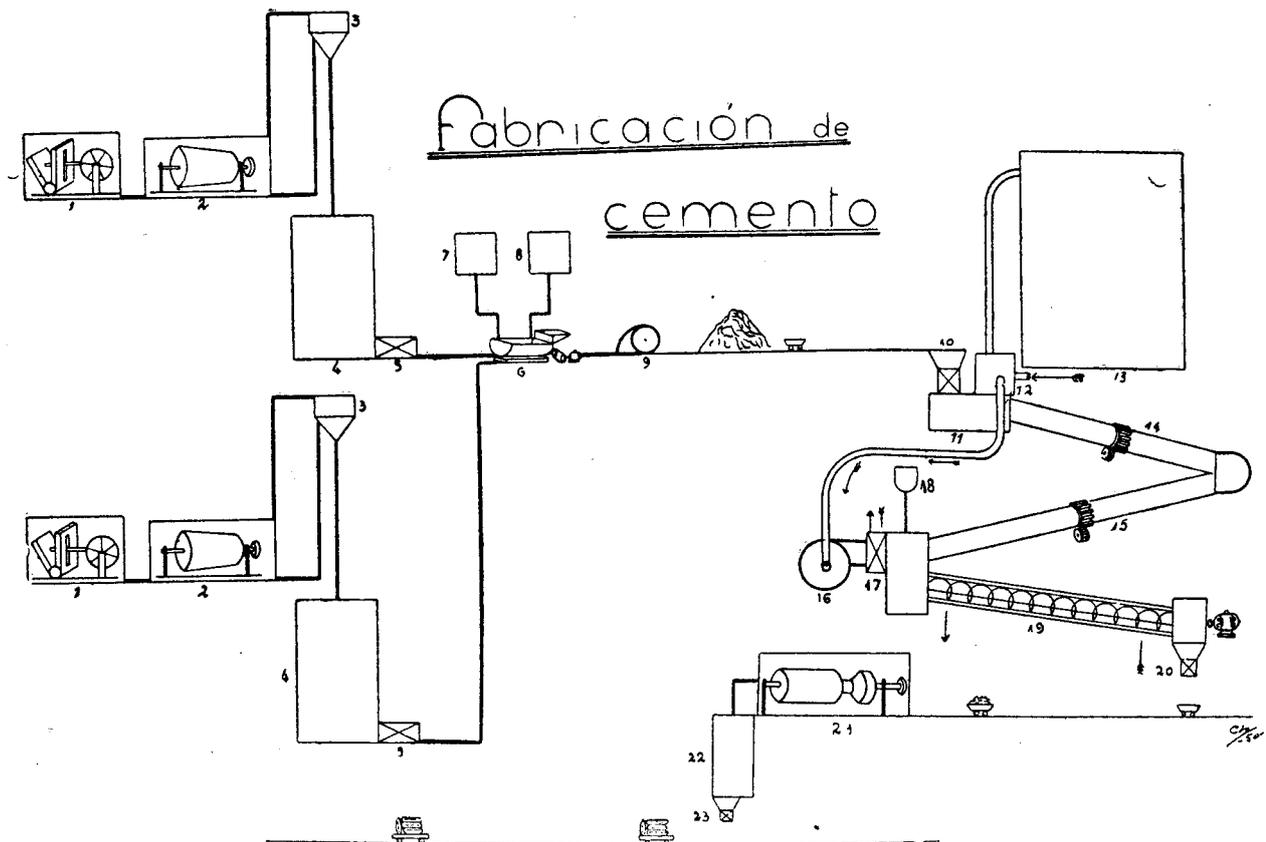
por el arco, para evitar la formación de los óxidos de nitrógeno.

Del diagrama que se une pueden deducirse fácilmente los detalles complementarios.



Los cementos aluminosos se obtienen en hornos de reverbero o en hornos eléctricos de arco, con electrodos de grafito, de los que se hace un gran consumo. El material no es preciso que esté tan finamente molido como en el caso anterior y ha de fundir, mezclarse y reaccionar en la solera del horno que se sangra periódicamente sobre lingoteras. Los lingotes son después finamente molidos.

De todo el sistema hay suficientes datos en los tratados especializados y no requiere adaptación especial.



Esquema de la fabricación del cemento

1: Quebrantadores.—2: Molino de bolas.—3: Ciclón separador.—4: Silo.—5: Descarga.—6: Mezclador.—7: :Agua.—8: Alquitrán.—9: Prensa centrífuga.—10: Tolva de carga.—11: Entrada al horno.—12: Recuperador de aire caliente.—13: Recuperador de polvo (depuración de los gases expulsados).—14: Horno tubular. Porción de desecación y precalentamiento.—15: Horno tubular. Porción de clinkerización.—16: Soplador.—17: Arco refrigerado.—18: Fuel (eventualmente).—19: Enfriador de tornillo de Arquímedes con camisa de agua.—20: Salida de la clinka fría.—21: Molino de clinka.—22: Silo.—23: Cargador automático de sacos.

Flora, Ceres y Pomona

El labrador de Lanzarote y Fuerteventura ha tenido que luchar siempre contra dos enemigos seculares: El viento y la sequía.

Observador de la Naturaleza, ha sabido adaptar sus cultivos en forma tan ingeniosa como no se da en ninguna otra parte de la Tierra. Notó que no existen árboles, en el amplio sentido de la palabra, porque el viento fuerte y constante lo impide. Apenas si en algunos lugares excepcionalmente abrigados, como Uga y Haría, se yerguen algunas palmeras, y éstas con penachos raquíticos que no ofrecen mucha resistencia a la furia de los elementos. El resto de las plantas son bajas, rastreras, achaparradas y sin tallos, y buscan siempre el resguardo de los obstáculos naturales contra los vientos dominantes. Por ello el cultivo arbóreo o arborescente se realiza podando las plantas de forma que carezcan de tallo o tronco, emergiendo las ramas del mismo suelo y protegiéndolas del viento, bien haciéndolas crecer en el fondo de pozos, por medio de muretes semilunares o de paredes con contrafuertes que forman verdaderos laberintos.

Contra la sequía se ha defendido de dos maneras. Recogiendo las aguas pluviales de grandes extensiones en pequeños espacios, que se inundan como los arrozales, las típicas gaviás, impidiendo la evaporación del suelo por medio del jable, o captando la escasa humedad ambiente por intermedio de ciertos materiales de características propiedades electrostáticas con que cubre los terrenos: los negros lapillis volcánicos. Pero en todo caso, aunque los resultados obtenidos son milagrosos, la densidad del cultivo es tan escasa y la mano de obra requerida tan considerable, que esta forma peculiar de labor agraria es sin duda antieconómica y sólo puede admitirse racionalmente como un paliativo para supervivir.

Pero aquella tierra, casi virgen, profunda y soleada, es fecunda potencialmente. Sólo requiere agua para producir prodigiosamente. Y el día que pueda ser posible regarla con abundancia, su paisaje, hoy yermo, amarillo y seco, se tornará en verde y jugoso. Sin duda será preciso prever este caso cuidadosa y meticulosamente, ya que nos habremos de enfrentar con nuevos problemas y no debe malgastarse el tiempo en ensayos que hacen perder dinero, energías y entusiasmo.

Contamos a nuestro favor con sol, temperatura y una intensa evaporación. En contra tenemos la fuerza del viento. Y con estos factores, más el agua, como datos hemos de resolver una ecuación. Desde luego, se echa de ver que tenemos que descartar como irrealizables o muy difíciles los cultivos arbóreos o de plantas de alto porte o tallo quebradizo. Así deben excluirse en absoluto el plátano y el tomate, que constituyen la riqueza de las otras islas hermanas, si una inteligente ordenación de cultivos, que no acarree ruinosas competencias, no lo aconsejase apriorísticamente.

Sin embargo, existe un sinfín de otros cultivos semitropicales de países templados, en régimen forzado, que convertirían aquellas vegas en veneros de riqueza. Ha de tenerse presente que aunque la temperatura máxima absoluta no pasa de 35°, la mínima no baja nunca de 10° y que la media oscila entre 17'6° y 24°. Esto permite escalonar, a lo largo de las estaciones, diversos cultivos, de forma que la tierra no descansa nunca y puedan sacarse tres y hasta cuatro cosechas, según las regiones. Esto obliga, naturalmente, a una rotación alternante de cultivos, para no intoxicar y cansar el suelo, y al empleo abundante de fertilizantes. Cereales, legumbres, hortalizas de raíz, hoja y fruto, serían los cultivos corrientes. Por ejemplo: de octubre a febrero, la ga-

minosas; de febrero a mayo, tubérculos o raíces; de junio a agosto, cereales de ciclo rápido; de agosto a octubre, pastos. Es posible también el cultivo de frutas, tanto de los países templados como subtropicales: peral, manzano, higuera, grosellero, ciruelo, melocotonero, albaricoquero, cerezo, acerolo, guayabo, membrillero, mango, zapote, aguacate, chirimoyo, papayo y la piña tropical o anana, de la que alguna de las muchas variedades se podrá acaso aclimatar. Se pensará que me contradigo al esperar que pueda adaptarse esta clase de especies arbóreas o arbustivas, a pesar de las limitaciones impuestas por el viento, pero es que la moderna fructicultura ha demostrado, sin dejar lugar a dudas, que el cultivo en pradera, en cordones o en espalderas, de estas plantas, ofrece un rendimiento muy superior, desde cualquier punto de vista, que el antiguo sistema de arbolado. La producción por hectárea es mayor y la planta es más accesible a los cuidados de poda, limpieza, desinfección y recolección. Empleando los trucos habituales y conocidos, puede lograrse una fructificación invernal que revalore un producto de inmejorable calidad, en ocasión en que el mercado de exportación no tiene concurrencia de ninguna clase.

Ya dijimos también la conveniencia de cultivar determinadas plantas textiles, especialmente el lino, que debido a la lucha constante con el viento, crece con una fibra larga y fuerte, de inmejorable calidad. Pero habrá otros muchos nuevos cultivos que debieran ensayarse. Las plantas indígenas por excelencia, aquellas que mejor se han adaptado a las condiciones climatológicas, las únicas que crecen ufanas entre las ásperas escorias de los malpaises, creando el milagro de hacer que la roca sea fértil, son las euforbias. Esta gran familia, las euforbiáceas, encierra numerosas especies, distribuidas por todo el Globo, de los aspectos más diversos, pues mientras unas simulan árboles, como el del caucho brasileño, otras parecen verdaderos cactus y otras son tan bellas como la flor de pascua que alegra las

lindes de nuestras carreteras al llegar la Nochebuena. Casi todas ellas tienen de común que poseen un látex más o menos viscoso y, generalmente, venenoso. Mas entre ellas existen muchas plantas útiles. El ricino, del que se extrae el conocido aceite, tan solicitado por la industria; la mandioca, de la que se obtiene la tapioca y el arrurruz; el croton, que da el aceite de su nombre, y otra especie afin, el tornasol; pero sobre todo existen entre ellas las plantas productoras de caucho, hebeas y manihot.

¿Será posible aclimatar estas plantas a nuestro suelo? En todo caso, la moderna Genética cuenta con técnicas para conseguir por medio de irradiaciones, mutaciones forzadas, el uso de la colquicina y otros trucos de laboratorio, para lograr nuevas especies, partiendo de las sécularmente adaptadas que, por medio de un cultivo en condiciones más favorables que las naturales, nos proporcione el tan preciado e indispensable caucho.

Por último, en los malpaises en donde la capa vegetal es inexistente o muy escasa, el empleo de las máquinas de movimiento de tierras y el transporte por vía férrea de los escombros, permitiría también la extensión del área de la vid que tan excelentes caldos produce y que podría producirlos aun mejores cuando se introdujesen los sistemas vitivinícolas andaluces.

Si algún día tenemos la suerte de lograr el riego de un centenar de miles de hectáreas en este grupo oriental, habremos de estudiar cuidadosamente todas las posibilidades para escoger los cultivos que, no solamente suplan las necesidades alimenticias acrecentadas del Archipiélago, sino que, sin competir con los productos ya existentes, sean susceptibles de adquirir los mejores precios en los mercados extranjeros, léase divisas abundantes, o de ser industrializados, con lo que den vida a una mano de obra numerosa, no deteniéndose así el proceso económico, como ahora sucede, en el Labrador y el transportista.

Fitohormonas, Fitoestimulinas y Mendelismo

Cuando se creó el Jardín de La Ortava, dependiente en la actualidad del Instituto de Investigaciones Agronómicas, se pensó que era posible hacer vegetar las plantas tropicales en los fríos jardines de Europa, aclimatándolas gradualmente, por su paso a través de estaciones intermedias. El experimento no ha dado resultado, y siglo y medio es, por lo visto, muy corto plazo en la vida de la Naturaleza para lograr que el mango y la guayaba fructifiquen y aun supervivan en los países de gélidos inviernos. En cambio, el clima de las Islas Canarias se ha acreditado, después de este período transcurrido, como excelente para albergar las especies botánicas de las regiones cálidas como la *palma real* de Cuba, el *ombú* de Méjico, la *higuera india* del Himalaya, el *árbol del viajero* malgache, el *mango*, el *zapote*, la *guayaba*, la *papaya*, etc.... sino también los propios de los países templados y que no prosperan en los cálidos, como sucede con la mayoría de las hortalizas. El cultivo del tomate al lado del plátano es todo un símbolo.

Sin embargo, el proceso de aclimatación de las especies vegetales no es tan sencillo como a primera vista parece deducirse, cuando las condiciones de temperatura son favorables. No basta con proporcionar a la planta una temperatura media entre la de las zonas tórrida y templada. Cada vegetal se ha adaptado, en el transcurso de los siglos, a unas condiciones determinadas de humedad,

fotolepsis, temperaturas, altitud, naturaleza del suelo, e, incluso, precisa a veces la colaboración de ciertos animales, para su reproducción. Cada especie tiene un área de dispersión más o menos limitada y dependiente de aquellos factores.

Así, por ejemplo: Se ha podido probar que en el Brasil las plantas bienales europeas producen hojas exuberantes, mas no llegan a dar flor (Moebius-Müller). Por otra parte, el proceso de invernalización (paso de las semillas por temperaturas muy bajas) es altamente beneficioso para el trigo y acelera su ciclo vegetativo, como ha sido también demostrado por los agrónomos rusos. Determinadas semillas no germinan, a causa de la dureza e impermeabilidad de sus cubiertas, sino después de haber pasado por el tubo digestivo de los animales que se alimentan con dichos frutos. La presencia de la digital (*Digitalis purpúrea*) en un terreno, nos indica que aquél es pobre en cal, mientras que la ortiga (*Urtica urens*) señala la abundancia de este elemento. Es harto conocido el caso de la yuca (*Yucca radiosa*), que requiere para su fecundación el concurso de su parásito, el lepidóptero *Pronuba yuccasella*, o el de la higuera común (*Ficus carica*), cuya polinización se asegura por medio del himenóptero *Blastophaga grossorum*. Así se da el caso de que cuando la planta se lleva a un lugar apartado de su hábitat corriente, es necesario sustituir artificialmente el resto de los elementos

ecológicos que faltan. El vainillero (*Vanilla planifolia*) solamente es fecundado en Méjico, su país de origen, por ciertos himenópteros del género *Melipona*, y cuando se cultiva en las islas de los mares del Sur es necesario fecundar las flores a mano, artificialmente. La higuera del Himalaya (*Ficus roburghy*) que se da espléndidamente en nuestro jardín portocrucero, se fecunda introduciendo una astillita por el ombligo del sicono. Mas no son sólo los insectos los seres cuyo concurso necesitan las plantas para vivir. Así se ha podido ver que las raíces de todas las orquídeas albergan en su corteza filamentos micelianos (Warlith) que pertenecen a un género de hongos imperfectos denominados por Burgeff, orqueomicetos. Noel Bernard ha descubierto que la germinación del grano de la orquídea está ligada a la invasión del embrión por un hongo parásito. Lo cierto es que es imposible cultivar las orquídeas si no se dispone al propio tiempo del hongo asociado correspondiente, y lo mismo sucede con las leguminosas, cuyas bacterias radicícolas (*Rhizobium leguminosarum*) son específicas de cada una de esta clase de plantas, de forma que la bacteria de las nudosidades de la alfalfa (*Medicago*) no infecta las raíces de la alubia (*Phaseolus*) o de la genista (*Sarotamus*).

Afortunadamente, a medida que el biólogo va arrancando más y más secretos a la Naturaleza, la técnica encuentra nuevos recursos y nuevos métodos para obligar a los seres vegetales a plegarse a las conveniencias y necesidades humanas, adaptándose a un ambiente hasta entonces desconocido para ellos, y modificando sus características para proporcionar un mayor y mejor rendimiento. En manos del cultivador científico moderno, el reino vegetal se ha hecho plástico y modelable hasta lo increíble.

Las dificultades que han tenido que salvarse han sido muchas y aún puede decirse que estamos en el principio del camino. Contando con tierra, agua, luz

y temperatura, en grado y cantidad adecuados, todo, o casi todo, es posible en agricultura.

De los auxiliares más preciosos del moderno agricultor ofrece el máximo interés el empleo de ciertas sustancias, prácticamente recién descubiertas, cuyas propiedades pueden considerarse como maravillosas. Estas son las *fitoestimulinas*.

En el año 1931 escribía Cracium, cuando el cultivo de los tejidos animales en biología experimental se practicaba desde larga fecha :

Los cultivos de los tejidos vegetales han sido hasta el presente prácticamente negativos, a pesar de las extensas investigaciones de Haberlandt, Bobilioff, Preiser, Boerger, Czech, Winkler, Yuhasz-Schaffer y Schneider.

Todos estos experimentadores hacían uso de medios de cultivo consistentes en soluciones de sales minerales, de las cuales la de Knop es un tipo, adicionadas de un tanto por ciento de glucosa más algunos amino-ácidos, peptona-Witte, esparraguina, glicocola, alamina, cisteína, etc., pero el éxito no se logró hasta que Robinchs introdujo por primera vez el extracto de levadura de cerveza. Investigaciones más profundas determinaron la presencia en dicho extracto, además de algunas vitaminas, de ciertas sustancias que después fueron llamadas heteroauxinas.

Los experimentos de Páal con coleóptilos de avena decapitados, proseguidos por F. Went, condujeron a la noción de la existencia de una sustancia que difundía desde el extremo apical del coleóptilo y que influía sobre el crecimiento de la joven planta. El mérito del aislamiento de estas sustancias corresponde al holandés Kögl y sus colaboradores, que les dió el nombre general de auxinas (*auxé=crecimiento*).

La auxina a) es el ácido auxentrólico, que tiene por fórmula $C_{10}H_{16}O_4$ y está formado por una cadena con un triálcol mono-ácido unida a un ciclo con cinco car-

bonos, prolongado por dos cadenas laterales formadas por dos restos isoprénicos. Se le ha aislado de la orina humana.

La auxina b) es el ácido auxenolónico de fórmula $C_{10}H_{16}O_4$ y es un oxi-cetoácido cuyo radical es igual al de la auxina a), a partir del ciclo pentacarbonado. Se la ha aislado de la orina humana y del aceite de gérmenes de maiz (*Zea*).

El ácido traumático, responsable de la regeneración de los tejidos lesionados, por excitar la proliferación celular, ha sido aislado por Bonner y Naagen. Es el ácido graso dodequenodioico, de fórmula $C_{12}H_{24}(COOH)_2$.

No son solamente estas sustancias las que ejercen su acción hormonal en los vegetales a dosis oligodinámicas. Las vitaminas, que en el reino animal se diferencian de las hormonas por su carácter exógeno, no admiten en las plantas esta diferenciación. Se elaboran en los órganos verdes y, además de circular hacia las partes subterráneas, acompañando a la savia elaborada, se almacenan en los órganos de reserva, granos, frutos, tubérculos.

Son estas :

Factor Bios I. Inositol o ciclo-exanol. $C_6H_{12}(OH)_6$.

Factor Bios II. Biotina, de fórmula $S C_8H_{16}(NH)_2 CO COOH$ forma parte del complejo vitamínico B.

Factor Bios III. Acido pantoténico, dimetil - propanodiol - ceto - amino - propanoico. $C_8H_{17}O_5N$, forma también parte del complejo B.

Vitamina B₁, aneurina o tiamina. $Cl C_{12}H_{17}N_4S$.

Vitamina B₆, piridoxina $NC_8H_{13}O_2$.

Vitamina C, ácido ascórbico. $C_6H_8O_6$.

Acido nicotínico. $NC_8H_7O_2$.

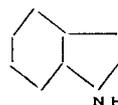
Todas estas sustancias tienen una marcada influencia sobre el crecimiento de las plantas. Todas son sintetizadas en los órganos aéreos del vegetal y ampliamente difundidas en la Naturaleza.

Siguiendo las investigaciones para

individualizar las auxinas se encontraron otras sustancias artificiales cuya acción sobre los vegetales era análoga, cuando no más poderosa, que la de las mismas fitohormonas naturales.

Estas sustancias exógenas, estimulantes del crecimiento se han denominado heteroauxinas y también estimulinas. Pertenecen principalmente a alguno de los seis grupos siguientes :

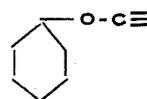
Primer grupo.—Del indol. Está formado por un núcleo indólico



unido en posición beta con un resto de un ácido graso que puede ser el acético, el propiónico o el butírico. Tenemos, pues, en este grupo los ácidos indolacético, indolpropiónico e indolbutírico. El primero, que se ha aislado de la orina humana, y que procede de la degradación del triptofano, es el más empleado. Se obtiene sintéticamente tratando la fenilhidrazona del éster-metílico del ácido fenil-propiónico con ácido sulfúrico alcohólico.

Segundo grupo.—Del naftaleno. Está también formado por un núcleo naftil unido en posición alfa con el ácido acético u otro ácido graso. También tiene gran actividad la sal naftil-acetamida. El ácido naftil-acético se obtiene a partir del metil-naftaleno, por cloración, cianuración y posterior oxidación. A este grupo pertenecen el naftil acetato sódico (sal sódica), el naftil acetato de metilo (éster-metílico) y el ácido alfa naftoxiacético.

Tercer grupo.—De los fenoxicompuestos. Estos compuestos están formados por una cadena integrada por el benceno unido a un carbono por intermedio de un oxígeno



Es tipo de esta clase de heteroauxinas el

ácido 2-4 fenoxiacético, denominado abreviadamente 2-4 D. Como este ácido es muy poco soluble en agua se emplea generalmente su sal sódica o bien sus ésteres metílico, etílico o butílico, o el derivado con formaldehído, que son más fácilmente emulsionables. Se obtiene por condensación del dicloro fenolato sódico con el cloro acetato de sodio. A este grupo pertenecen el ácido 4 cloro, 2 metil fenoxiacético, el ácido 2, 4, 5 triclorofenoxiacético y el triclorofenoxipropiónico.

Cuarto grupo.—De los ácidos grasos. Los ácidos diácidos como el sebácico y el azelaico, poseen actividad análoga, aunque menor, que la del ácido traumático.

Quinto grupo.—De los hidrocarburos gaseosos. El eteno C_2H_4 y en menor grado el etino C_2H_2 , poseen acción estimulante sobre las plantas aun a dosis mínimas, hasta el punto de que ningún método químico es tan sensible para detectar el primero, como su acción biológica.

En este grupo debe considerarse comprendido también el éter ordinario etano-oxi-etano, y el humo de combustión de las materias vegetales secas, como el tabaco, el papel o la paja.

Sexto grupo.—Los glucósidos digitálicos que se obtienen de varias plantas, como la digital (*Digitalis purpurea*), la escila (*Urginea maritima*), la adónida (*Adonis vernalis*), el muguet o lirio de los valles (*Covalaria majalis*) y el estrofantó (*Strophantus diversos*), llamados también «funcioninas» de Fahrenkamp. Su constitución química es parecida a la de la vitamina D, poseyendo un núcleo antracénico al que está unido un anillo de cinco carbonos, siendo la fórmula condensada de la digitoxigenina, que les da origen, $C_{25}H_{36}O_6$.

Estos venenos cardíacos ejercen su acción sobre las plantas, activando la circulación de la savia.

No está aún completamente esclarecida la manera de obrar de estas sustancias. Parece ser, sin embargo, que por

una parte excitan la proliferación de los meristemos y por otra aumentan la permeabilidad de la pared celulopéctica de las células (por hidratación) haciéndola más extensible y elástica. Como la presión interna sube, a consecuencia del aumento de permeabilidad, hace crecer el tamaño de la célula en la dirección de mínima resistencia, que es la del eje del órgano, que así se acrece. Cuando la célula alcanza un tamaño límite, se divide.

Las estimulinas obran a dosis extremadamente débiles. El ácido indolacético tiene por gramo 25×10^9 unidades avena (la unidad avena es la que hace que gire un ángulo de diez grados el coleóptilo de avena vertical en determinadas circunstancias de experimentación). La concentración de la estimulina aumenta su eficacia hasta un óptimum, a partir del cual, un nuevo aumento va teniendo efectos cada vez más tóxicos. Estos efectos tóxicos se manifiestan, primeramente, por una inhibición de la multiplicación celular y, más adelante, por una oxidación intensa, acompañada de una movilización de las sustancias de reserva, terminando la planta por morir por consumción.

La acción de las estimulinas se ejerce de una manera más intensa sobre los órganos subterráneos, que sobre los aéreos. Es especialmente notable el efecto rizógeno de alguno de estos compuestos.

Sus aplicaciones en agricultura práctica son las siguientes:

A.—Para hacer brotar las raíces en las estacas y esquejes, y asegurar el prendimiento de éstos, se utilizan los ácidos indol-acético e indol-butílico, la naftilacetamida y excepcionalmente el naftilacético. Los mejores resultados se obtienen con una mezcla a partes iguales de naftilacético e indol-butílico, a la que se adiciona 0,1 por 1.000 de triclorofenoxiacético.

B.—Para transplantar. Aunque corrientemente sólo se transplantan jóvenes plantones, rosales injertados o árboles de vivero, en muchas ocasiones se hu-

biese deseado efectuar el traslado de un árbol grande, ya para poblar un jardín o un parque, con ejemplares que de otra forma tardarían muchos años en desarrollarse, ya para reemplazar algún individuo enfermo o muerto, cuyo hueco afea la uniformidad de un soto. Mas las lesiones y roturas que sufría su sistema radicular, de gran extensión, al ser arrancado de la tierra, hacía desistir del propósito, pues era muy difícil que la planta, gravemente lesionada, arraigase de nuevo. Con la ayuda de las sustancias estimulantes rizógenas, hoy puede operarse con muchas más probabilidades de éxito. Se emplea con preferencia el ácido indol-butírico, pero puede utilizarse otra estimulina o aun una mezcla de ellas. El método consiste, a grandes rasgos, en introducir en las raíces pequeños tubos metálicos perforados, llenos de algodón empapado en una solución concentrada de la estimulina y en el riego con soluciones diluidas de ésta, adicionadas de débiles dosis de funcioninas de Fahrenkamp.

C.—Aceleradores del brotamiento de las plantas. Las plantas que viven en los países templados pasan generalmente por el letargo invernal, y no desarrollan sus brotes hasta que no llega la primavera. Cuando no existe temor a heladas, puede ser conveniente acelerar o adelantar el ciclo vegetativo, con objeto de anticiparse a la concurrencia en el mercado.

Johannsen descubrió que, sometiendo la lila (*Syringa*) a los vapores del éter, despertaba rápidamente de su reposo, logrando que floreciese (en Jena) en la primera mitad de septiembre. Molisch obtuvo los mismos resultados bañando las plantas en agua a 30°-35°. También consiguió buenos efectos mediante el ahumado de las plantas en atmósfera confinada. Weber logró en 1906 acelerar la brotadura con el empleo del acetileno. Hoy son muchas las sustancias que se conocen capaces de conseguir el mismo resultado. Citaré, entre ellas, el cloroformo, el tricloroetileno, la tiourea, pero

muy especialmente la clorhidrina del glicol, el eteno o etileno, el dinitrocresol y el dinitro-orto-cicloxifenol. También se muestran activos los ácidos indol-acético y naftil-acético (Mitchell y Marth).

D.—Cultivo de los tejidos vegetales in vitro. Hasta el momento actual sólo se ha conseguido mediante la adición al medio de los ácidos indol-acético o naftil-acético, cultivar los tejidos en estado de división, meristemáticos y cambium, pero el estudio de las neoplasias de origen, muchas veces metastásicas (agallas y tumores) y de los callos de cicatrización, es posible que enseñe a devolver a los parénquimas, su perdida facultad proliferante.

E.—Producción de frutos. Hace tiempo que se sabía que era necesaria la fecundación de la flor para que se formase el fruto. Sin embargo, algunos frutos eran capaces de evolucionar sin necesidad de que se produjese la polinización. Estos frutos partenocárpicos son la regla corriente en el plátano (*Musa*), pepino (*Cucurbita pepo*) y el níspero sin hueso (*Mespilus* forma abortiva). Los experimentos de Müller-Thurgau y Ewert, haciendo uso de un líquido con el que embadurnaban el estigma, impermeabilizándolo, condujeron a la obtención de frutos partenocárpicos, y, por lo tanto, apirenos, de peral (*Pirus*) y manzano (*Malus*). Más adelante Gustafson empleó los extractos de polen de diferentes clases, con resultados mucho más seguros.

Aunque el empleo de las estimulinas para la obtención de frutos partenocárpicos está aún en sus comienzos, y es mucha aún la labor a desarrollar, ya empezaba a emplearse con verdadero éxito el ácido indol-butírico solo o asociado al ácido dicloro-fenoxipropiónico, el ortocloro-fenoxipropiónico y el ortocloro fenoxiacético.

De esta forma es práctica corriente su uso en la producción de tomates de invernadero, en épocas del año en que no hay insectos antófilos, y el ambiente, por

estar confinado, permanece en calma, y en la obtención de frutos de pepita sin semillas, después de haber tratado generosamente la flor con insecticidas, para evitar la puesta de las especies carpo-fagas.

F.—Para inducir a la formación de flores, impedir la caída de éstas y después de la polinización cruzada, en formación de híbridos difíciles, impedir la caída del fruto y lograr semillas del nuevo mestizo.

El uso del ácido triyodobenzóico y de las estimulinas corrientes, entre ellas el ácido naftiloxiacético, a dosis pequeñas, inducen la producción temprana de flores, no sólo dentro de la estación, sino adelantando el período de floración en las jóvenes plantas. Sin embargo, donde la aplicación es más útil, es para el logro de semillas viables en los casos de hibridación difícil, por la desemejanza de los progenitores. En este caso el porcentaje de frutos y semillas obtenidos es mucho más elevado que por el método corriente.

G.—Para impedir la caída prematura de los frutos de los árboles. Para este uso, ampliamente utilizado en los EE. UU. y el Canadá, se han mostrado eficaces las estimulinas ácido naftilacético, la naftilacetamida y el 2-4 D. En los EE. UU. se tratan con este objeto anualmente unas 40.000 Has. de frutales.

H.—Como herbicida. Los fenoxicompuestos tienen la propiedad, cuando se pulveriza con sus soluciones algo concentradas una pradera, de matar todas las plantas de hoja ancha, respetando la mayor parte de las gramíneas de hoja lineal. Es dudoso que este sistema de escarda tenga verdadera utilidad. En cambio, es precioso para descascar de hierbajos un extenso campo antes de dedicarlo a un cultivo determinado.

I.—Para madurar las frutas verdes almacenadas.—En este sentido también los fenoxicompuestos se han mostrado aún más eficaces y controlables que el

etileno y el acetileno, en la maduración forzada del plátano, el tomate, la pera, la manzana y la piña de almacén. Con el plátano es posible, incluso, ir madurando en fechas sucesivas cada una de las manos, de forma que un sólo racimo pueda distribuirse en varios días.

Otras muchas aplicaciones han encontrado las estimulinas o fitoestimulinas, pero las reseñadas son las más importantes. El examen de sus propiedades permite ya sospechar el basto campo que su aplicación a un cultivo de aclimatación, que en realidad es un cultivo forzado, ha de encontrar.

La flora de las Islas Canarias, como toda flora insular, es bastante restringida y característica. Muchas especies que no se encuentran sobre su suelo, se debe más que a otra causa a que nadie se preocupó de aportarlas, mientras que la dispersión natural es imposible. Ha de tenerse presente que el gorrión, que es un ave y como tal tiene alas, no se introdujo (por cierto que desafortunadamente, pues ha desplazado a otros pájaros más útiles y bellos) hasta hace relativamente pocos años. Muchas plantas útiles de las regiones templadas, subtropicales y aún tropicales pueden aclimatarse con relativa facilidad. Mas si esto no fuese bastante la genética nos dá reglas para crear nuevas variedades adaptadas aún mejor a las condiciones particulares que ofrece el clima local. Así por ejemplo: Podría interesarnos una raza o variedad que sea más temprana o tardía, para concurrir en el momento oportuno en el mercado, cuyo fruto resista un largo transporte, cuya planta aguante fácilmente el embate del viento por la flexibilidad de su tallo y la pequeñez de sus hojas, cuyo color, aroma, contenido de la pulpa en agua y glucosa o ácido, etc. etc., sean los más apreciados, o bien se trate de conseguir una planta que con el mínimo de gasto y un ciclo vegetativo relámpago, proporcione un máximo de peso de alfacelulosa por hectárea, con destino a la producción de fibras textiles artificiales.

Aquí y allá existen estas plantas, pero como las variedades están adaptadas a las circunstancias que concurren en sus lugares de origen es difícil que una sola de ellas reuniese todas las propiedades y condiciones exigibles para su cultivo en Canarias.

La creación de una nueva variedad o sea la hibridación artificial y controlada, no es tarea fácil, pero es apasionante y, en manos de los modernos genetistas prácticos, que siguieron las huellas de Burbank, *El mago de Caloformia*, la planta llega a hacerse de cera modelable con la que se construyen nuevas individualidades, nuevas razas, hasta límites que la fantasía no se hubiese atrevido a imaginar.

Generalmente las plantas cultivadas llevan en su interior un conjunto de caracteres, resultado del cruzamiento natural y espontáneo de muchas variedades, y que constituye el acerbo de su estirpe, lo que se llama población. La primera tarea del genetista, es determinar biométricamente, por medio de los polígonos de frecuencia, en los cuales quedan señaladas las fluctuaciones, y cada una de los cuales tiene su *modo*, las características de la población.

Posteriormente se separan individuos que se aíslan y se autofecundan (cuando ello es posible) o se cruzan dos a dos, sometiendo los productos a nuevas medidas biométricas, hasta conseguir la constancia de determinados caracteres. De esta forma habremos logrado aislar líneas puras. Es un proceso analítico que tiene por objeto ir separando los genotipos de cada uno de los antiguos progenitores que constituyeron la población, resultado que se obtiene merced a la segunda ley de Mendel o sea la de la disyunción de los factores.

En posesión de las líneas puras, que deberán estar constituídas por individuos homocigóticos, tenemos en nuestra mano los sillares fundamentales para la construcción de la nueva planta.

Esta, naturalmente, será un híbri-

do y en el procedimiento sintético que hemos de seguir, habremos de tener en cuenta nuevamente las leyes de Mendel, hasta el punto de que si los factores que queremos que posea la nueva planta, no mendelizan, será imposible fijarlos en ella.

Estos factores serán unos alelomorfos y otras no. En el primer caso pueden ser dominantes o recesivos. Si fueran recesivos, para fijarlos será preciso seleccionar en las generaciones sucesivas los individuos que carezcan del otro alelomorfo.

Cuando se trata de obtener una raza cuyo fenotipo sea intermedio entre un solo par de alelomorfos esto no se puede lograr, ya que en la generación F_1 , se separarán en los gametófitos nuevamente los genes. Sin embargo en muchos casos puede perpetuarse el híbrido de la generación F_1 reproduciéndolo indefinidamente por mugron, esqueje, injerto, etc., obteniéndose un clono.

Cuando la hibridación ha de efectuarse entre dos pares de caracteres, por ejemplo: Ab y aB , y queremos obtener AB fijo o ab fijo, basta observar que la primera generación estará formada por $Aa Bb$ como genotipo y AB como fenotipo, pero en la segunda generación habrá dieciseis combinaciones posibles de las cuales $3-Ab$, $9-AB$, $3-aB$ y $1-ab$. Existe solamente un caso en que el fenotipo coincide con el genotipo, es decir, un homocigoto en cada una de las combinaciones. En resumen: Aparecen dos nuevas razas. Si son tres los pares de alelomorfos que deseamos cruzar, podremos hacer sesenta y cuatro combinaciones, que darán ocho homocigotos, de los cuales seis serán origen de nuevas razas. Naturalmente que el polihibridismo o hibridismo con más de un par de alelomorfos, complica mucho las operaciones, ya que habremos de seleccionar entre muchos fenotipos aquellos que verdaderamente sean homocigóticos, lo que se consigue solamente aislando muchos individuos de generaciones sucesivas, número elevado puesto que la proporción mendeliana só-

lo es válida a base de una numerosa estadística.

Estos casos de hibridación son relativamente sencillos de realizar, pero la cosa se complica bastante cuando los factores, o genes, se encuentran sobre el mismo cromosoma, es decir, están ligados (linked), pues entonces las probabilidades para obtener genotipos con dichos factores separados es mucho menor, ya que hay que esperar esta separación del entrecruzamiento cromosómico. Por otra parte la facilidad con que los genes pueden separarse después del cruzamiento, depende también de su posición topográfica sobre el cromosoma. Esto es tanto más fácil, cuanto más separados estén.

A veces varios genes relacionados entre sí (polialelia) o un solo gene manda sobre otros varios, (pleotropía), o bien un carácter interesante está determinado por la concurrencia de varios genes.

Otra manifestación del hibridismo, muy corriente cuando se trata de especies diferentes, es el vigor o heterosis de los híbridos de la primera generación. Su explicación es la de que los efectos de los factores recesivos quedan atenuados o suprimidos por sus alelomorfos dominantes, y éstos son más favorables para la vida que aquéllos. Sin embargo, es corriente en casos de heterosis manifiesta, la esterilidad parcial o total de los híbridos obtenidos, con lo cual resulta, en el primer caso, una ventaja, ya que la selección es más sencilla, pues está facilitada por la Naturaleza, pero en el segundo no podremos lograr la obtención de una nueva raza o variedad y aún en algunos casos especie. Ello se supone que es originado por la falta absoluta de homogeneidad de los cromosomas paternos y maternos, de forma que, al producirse la reducción cromática en la generación F₁, los cromosomas se distribuyen al azar e irregularmente en los dos grupos de las células de gametos y éstos no tienen por lo tanto viabilidad.

Pero también a esto ha encontrado la técnica moderna solución. Para ello

empieza por someter las células paternas (P) a una mutación poliploide forzada, por medio de un veneno mitótico que puede ser la colquicina, alcaloide que se extrae de las semillas del colchico (*Colchicum autumnale*), el acenafteno o algunos uretanos. Estos venenos inhiben la formación del huso acromático y por lo tanto, en el proceso cariocinético, los cromosomas no pueden agruparse en placa ecuatorial y por consiguiente las células hijas poseen doble número de cromosomas que el que corresponde a la especie. Si se trata con estas sustancias un brote, el órgano que de él se derive será tetraploide, en lugar de diploide, y los gametos originados en sus flores serán diploides, en lugar de haploides. Así resulta que en aquellos casos de hibridismo imposible, por resultar estéril la primera generación F₁, como los gametos tienen un «stok» doble de cromosomas, o sea el que corresponde a la célula somática normal, la fecundación ya es posible.

Por otra parte las especies tetraploides son, por lo general, más vigorosas, resistentes y útiles que las diploides corrientes, por poseer flores y frutos de mayor tamaño.

Hasta hace poco, la joven ciencia de la genética se ocupaba tan solo de mezclar la heterogeneidad de los factores hereditarios, tratando de encerrar al azar dentro del cálculo de probabilidades, siguiendo las Leyes de la nueva matemática estadística. Pero desde que, en 1935, Stanley logró aislar por supercentrifugación el virus del «mosaico» del tabaco lo hizo cristalizar y someténdolo a análisis demostró que se trataba de un núcleo-proteido, análogo al que forma las moléculas de los genes, se ha investigado más profundamente sobre la naturaleza y acción química de los enzimas que ya Berzelius intuyó y Arrhenius puso por primera vez de manifiesto, y consecuencia de los trabajos fundamentales de Northrup, Beadle y Painter, pueden enunciarse, sin temor a incurrir en grandes errores, los siguientes principios, en relación con los factores de la herencia.

1.º Están constituidos por nucleoproteidos formados por la unión del ácido nucleínico (integrado a su vez por el ácido fosfórico, ciertas pentosas y diversas bases piridínicas o pirimidínicas) y varias albúminas.

Estos tienen la propiedad de desarrollarse *en el seno de la materia viva*, asimilando otras proteínas a las que ordenan (acción de campos electro magnéticos complejos), hasta hacerlas semejantes a su propia sustancia, de forma análoga a lo que sucede con los virus filtrables. Es decir, que pueden crecer y reproducirse por un proceso físico-químico que guarda aparentes analogías con la asimilación y crecimiento de los seres vivos y sin dejar por ello de pertenecer por completo a la materia inanimada, pese a su facultad de síntesis.

2.º Esta molécula proteínica posee un poder rector y organizador, por su simple presencia, sobre las sustancias orgánicas que han de constituir los materiales del soma. Esta acción es catalítica, aunque no tan sencilla como la de los catalizadores inorgánicos. Guarda estrecha analogía con el trabajo efectuado por los enzimas, hormonas y vitaminas. Su actividad específica, depende exclusivamente de su arquitectura molecular. Un gene no debe diferenciarse de otro, esencialmente, más que en la forma de estar asociados algunos de sus átomos.

3.º Las moléculas de los nucleoproteidos que forman los genes, tienden, como todo en la Naturaleza, a conseguir las formas más estables. Cuando por efecto de agentes externos, una radiación cósmica, los rayos X o cualquier proyectil subatómico, se altera la posición de uno o varios de sus átomos y con ello la disposición de su arquitectura molecular, se obtiene una mutación, al variar su acción específica como organizador en el proceso sintético. Sin embargo, la nueva molécula es, generalmente, menos estable y

por ello cuando se halla en presencia de otra análoga, normal y por consiguiente más estable, se encontrará «dominada», en su acción por ella, constituyendo el caso de los caracteres recesivos. Si, por el contrario, la estructura de la nueva molécula formada es más estable, el nuevo carácter será el dominante y la mutación se fijará, pero la probabilidad de que esto suceda así es menor.

De todo esto se deduce que los problemas de la herencia se refieren en último lugar a cuestiones más o menos complicadas de arquitectura molecular. La ciencia no cuenta actualmente más que con medios harto groseros y primitivos para influir sobre la fina estructura de estas disposiciones atómicas. Para lograr una mutación se entrega a un ejercicio de



Una plantación de piña tropical en Puerto Rico

tiro sobre un blanco diminuto, a gran distancia (relativamente a sus dimensiones) con un proyectil más diminuto todavía, y con los ojos vendados. En estas ocasiones la probabilidad, en relación con la posibilidad, es tan escasa que puede decirse que se confía el impacto a esa pan-

talla de la ignorancia que se denomina azar.

Aún no han logrado los químicos construir prácticamente las complejas moléculas proteínicas, tampoco se sabe mucho sobre su constitución, pero teóricamente se va logrando poco a poco edificar cualquier estructura molecular. Aún no se han logrado sintetizar los enzimas y apenas se ha rasgado un extremo del velo de su trabajo químico, pero, en cambio, se fabrican artificialmente vitaminas, antibióticos y las hormonas más sencillas.

Alborea la era de dos nuevas ciencias que, en lo futuro, tendrán una importancia formidable: la biofísica y la bioquímica, con cuya ayuda podrá el hombre ir dominando más firmemente a la Naturaleza.

El enigma del origen y esencia íntima de la vida parece, cada vez que esto sucede, que está al alcance de la mano, pero, como los espejismos y el arco iris, camina delante de nosotros. Dios, sin embargo, premia el esfuerzo, el tesón y el sufrimiento del hombre y le permite ir arrancando a la Naturaleza secretos menores cuya posesión le hacen la vida más segura, cómoda y agradable.

Ni siquiera superficialmente podemos tratar en estas líneas tan vasto tema, pero acaso lo que antecede sea suficiente para que el lector pueda atisbar las inmensas posibilidades que las recientes conquistas de la Ciencia abren a la agricultura del Archipiélago, dada su privilegiada situación, contando con luz abundante, por ser sus días más largos que en Europa, y una temperatura dulce e igual que nunca excede de los 35° ni baja de los 14°, en aquellas islas que sólo precisan de agua abundante para convertirse en verdaderos jardines de las Hespérides, donde el mito hace producir a sus árboles frutos de oro.

¡Qué grandiosas perspectivas para un Centro de Investigación Agrícola! Aislado de plagas y calamidades, al abrigo de sequías, ya que el agua no ha

de proceder del cielo, contando, en fin, con una absoluta seguridad en la inmutabilidad de los factores más importantes, no sólo sería un precioso auxiliar de la agricultura canaria, sino que irradiaría la luz de su trabajo y sus experiencias sobre toda el área atlántica, atrayendo sobre sí la atención de los hombres de Ciencia del Mundo.

Los vegetales realizan las síntesis de la materia orgánica a base de la energía solar, el anhídrido carbónico de la atmósfera, el agua y las sales minerales del suelo.

La tierra de Fuerteventura y Lanzarote es casi virgen y feraz, pero un cultivo intensivo e ininterrumpido de regadío pronto la agotaría y al cabo de unas cuantas cosechas, quedaría tan estéril, que de nada servirían ya ni el agua ni el sol, puesto que faltarían los otros imprescindibles elementos.

En estas condiciones el suelo es simplemente un soporte y una tolva de carga de la gran máquina de transformación que son las plantas. Al principio la tolva está llena de materias primas, pero cuando estas se han agotado es necesario reponerlas para que la máquina siga funcionando.

Cuatro son estas materias primas y han de aportarse en tan grandes proporciones, ya sea en forma de fertilizantes o de enmiendas, que podría llegar a constituir un grave problema su reposición. Veamos la solución.

El nitrógeno lo elabora la misma industria química de este plan, en forma de amoniaco y nitratos, haciendo uso del hidrógeno que se produce en la fabricación por electrolisis, de la sosa cáustica.

El fósforo se encuentra como fosforita en la próxima costa africana del Sahara. Su transformación en sal soluble puede efectuarse por el método de precipitación que requiere, además, ácido clorhídrico y cal, ambos productos abundantes,

como derivado industrial el primero y por ser indígena el segundo.

El potasio existe también en abundancia a unas singladuras de estas islas, en las «sebjat» de nuestros territorios del Africa Occidental Española.

Y por último, el vector de todas las substancias asimilables a través de la raíz de las plantas es el calcio, cuya escasez o carencia no son de temer de ninguna manera, tanto en Lanzarote como en Fuerteventura, como antes he indicado.

Así, pues, la misma industria quí-

mica integrada en este plan, contando con materias primas nacionales situadas a muy corta distancia (de cincuenta a cien millas) y enlazadas por mar con sus puertos, es suficiente a subvenir a todas las necesidades en fertilizantes que el cultivo intensivo de cien mil hectáreas de regadío intertropical requiere.

El problema del transporte entre la costa sahariana y las islas, es fácil de resolver, dada la pequeña distancia que hay que recorrer y la posibilidad del empleo de gabarras y chalanas planas de gran tonelaje.

Números

El interés y la viabilidad de un proyecto no tiene estado de hecho en tanto no ha pasado por el frío tamiz de los números. Las teorías, por subyugantes que aparezcan a primera vista, necesitan vestirse con el prosaico ropaje de las cifras para traspasar las fronteras de la utopía y, saliendo del reino de la imaginación, tomar vida real en el dominio de las realidades prácticas.

Reconozco que cometo una temeraria insensatez al tratar de hacer algunos cálculos careciendo de una sólida base presupuestaria. Pero comprendo que si me sustraigo tímida o cobardemente a hacerlos, mi prudencia podría ser mal interpretada por los lectores que han tenido la benevolencia de seguir con interés la lectura de mis artículos anteriores. Sentada, pues, la afirmación previa de que es prematuro el poder hacer cálculos o cubileteos numéricos, pasemos adelante.

En primer lugar vamos a evaluar la cantidad de calor que actualmente se pierde en la Montaña de Fuego. Reduciéndonos a la zona comprendida por la curva que señala una temperatura de 100° a 10 cms. de profundidad y 360° a 60 cms., y considerando homogénea, lo cual no es el caso, ya que dentro de ella hay zonas que marcan hasta los 400° a los dichos 10 cms., la pérdida de calor por la superficie solamente, con dicho régimen y una conductividad específica de las rocas de 0'002, equivale a 68.000 CV. o sean unos 438.000.000 de kilowatios hora al año.

Pero si consideramos un foco calorífico como un sólido, resulta que esta pérdida es solamente por una de las seis caras del volumen. La captación en profundidad puede presuponer sin grandes optimismos una potencia cuatro o cinco veces mayor.

El camino recorrido por el viento en Lanzarote el año 1949 es de 200.960 kilómetros, siendo la me-

dia mensual por día 551 kilómetros y la máxima en un día de 1.265, o sea 6'37 y 14'64 metros por segundo, respectivamente. Estas observaciones están hechas en un lugar que no es excepcionalmente ventoso.

Puede preverse que no es imposible establecer entre las dos islas instalaciones aerogeneradoras que proporcionen un total de 380.000 CV.

El regadío de 100.000 hectáreas de las 278.000 que tienen de extensión entre las dos islas a una media de 8.150 metros cúbicos por año y hectárea arrojan 815.000.000 de metros cúbicos de agua, que proporcionarían: sal, 22.412.500 toneladas; magnesio, 1.045.050 toneladas, y bromo, 50.530 toneladas. Con un gasto de energía por año:

Depuración del agua	407.000.000 Kw-h.
Elevación a 100 metros (media)	887.000.000 Kw-h.
200.000 Tm. de magnesio	3.200.000.000 Kw-h.
Sosa cáustica 500.000 Tm.	1.250.000.000 Kw-h.
Amoniaco 10.000 Tm.	120.000.000 Kw-h.
Calcio 1.000 Tm.	1.400.000 Kw-h.
Sodio 2.000 Tm.	26.000.000 Kw-h.

Total: 5.981.400.000 Kw-h.

Habrá que contar con cantidades equivalentes de energía para los demás usos, fabricación de cemento, sosa, cal, transportes, usos domésticos, fuerza industrial, etc., etc. Sin embargo, el presupuesto, como puede verse, es modesto con arreglo a las posibilidades. En cuanto a la duración del fenómeno productor de energía, sólo puedo decir que las últimas investigaciones parecen demostrar de una manera indudable que el origen del mismo es muy anterior a las erupciones históricas, y algo más: que existen indicios de que también se produce en otros lugares que son los más antiguos terrenos de todo el Archi-

piélago, ya que los geólogos los suponen originados en la Era Terciaria.

El precio de una hectárea de terreno de labor llega a alcanzar en aquellas islas de 50 a 100 pesetas. Sin embargo, actualmente puede considerarse en 3.000 pesetas el terreno de vega cuando está preparado y sin enarenar, precio que sube hasta 50.000 pesetas en algunas comarcas cuando está enarenado. Partiendo de las cifras de los terrenos de regadío de otras islas puede calcularse una rentabilidad moderada de 25.000 pesetas anuales por hectárea.

Así tendremos:

Producción de 100.000 Has. a 70.000 pesetas Ha. (1)	7.000.000.000
20.000.000 Tm. Sal a 450'00 pesetas Tm.	9.000.000.000
500.000 Tm. Sosa cáustica a 2.316'00 pesetas Tm. (2)	1.008.000.000
1.000.000 Tm. Carbonato sosa a 857'00 pesetas Tm.	857.000.000
10.000 Tm. Nitrato amónico a 1.156'00 pesetas Tm.	15.560.000
25.000 Tm. Bicarbonato sosa a 880'00 pesetas Tm.	22.000.000
50.000 Tm. Bromo a 52.150'00 pesetas Tm.	2.607.500.000
200.000 Tm. Magnesio a 32.800'00 pesetas Tm.	6.560.000.000
1.000.000 Tm. Cloruro magnésimo a a 6.000'00 pesetas Tm.	6.000.000.000
Total:	33.070.060.000

No se incluye el cemento, el cloruro de calcio, el cloro, el ácido clorhídrico, el anhídrido carbónico, el calcio, el sodio y el sinfín de productos químicos derivados. Tampoco se tiene para nada en cuenta la revalorización que otros productos tendrán, ni la industrialización de los productos del mar y los vegetales.

(1) Véase la página 66.

(2) Los precios de los productos han sido facilitados por el Sindicato Nacional de Industrias Químicas, en octubre de 1951.

Desde luego, confieso sinceramente que son cifras éstas que producen vértigo; mas para que el lector pueda juzgar de su realidad copio un cuadro aparecido en el número 66 de la revista "Ion", que se refiere a las cifras de producción anual de una fábrica norteamericana que transforma el agua del mar:

Producción anual de magnesio, Tm.	120.000
Carbonato de calcio empleado, Tm.	500.000
Agua de mar, m. ³	540.000.000
Barro de calcio producido, Tm.	370.000
Idem de magnesio idem, Tm.	290.000
Nieve carbónica, idem, Tm.	220.000
Cloruro de magnesio anhídrido idem, Tm.	480.000
Idem de idem cristalizado idem, Tm.	1.200.000
Acido clorhídrico al 10% fabricado, Tm.	2.000.000
Cloro idem, Tm.	210.000
Sosa cáustica electrolítica idem, Tm.	210.000
Energía eléctrica consumida, Kw-h.	2.400.000.000

Tengamos en cuenta que Norteamérica está en nuestro planeta, que el Atlántico también baña las Canarias y que los yanquis no son dioses. Si ellos han conseguido hacerlo, ¿por qué no hemos de poderlo hacer nosotros también?

Para ello no se necesita más que una cosa: Salir de nuestro tradicional ensueño y darnos cuenta de que vivimos en la mitad del siglo XX y que el avión, la radio, el submarino y la desintegración atómica son otras tantas conquistas realizadas ya por el hombre. No resignarse a vivir en plena era romántica. Incorporarnos al progreso y evitar así la depauperación de nuestro pueblo y ese doloroso éxodo que nos desangra lentamente. Yo quisiera que estos artículos fuesen como un toque de clarín que enardeciese a nuestra juventud estudiosa, a nuestros técnicos, a nuestros hombres de negocios y nuestros economistas.

Podrá realizarse en todo o en parte el plan, podrá modificarse o mejorarse, mas la prueba de que por lo menos haya suscitado interés será el que sirviese de umbral a la libre y fecunda discusión.

Si otros no nos siguen o nos acompañan en nuestro camino, mucho me temo que el oculto tesoro de la Reina Teguse estará condenado a esperar a otras generaciones más dignas de recibir sus beneficios.

¿Será esto posible...?

Aspectos económicos del plan

El plan que hemos descrito en los artículos anteriores, dada su amplitud e importancia, merece ser estudiado, desde el punto de vista económico, bajo tres aspectos diferentes: Uno, el de la Economía Privada, o sea, la posibilidad de su financiación por el capital privado y el interés que para el mismo reportaría su rentabilidad; otro, de la Economía Nacional, al resolver problemas regionales, tanto demográficos como económicos, y por último, el de la Economía Política, que no reconoce fronteras, porque, quiérase o no, la economía de las naciones está íntimamente ligada entre sí, pese a las teorías autárquicas y proteccionistas y las barreras que las mismas levantaron estos últimos años al comercio entre los pueblos.

Es indudable que con dificultad se encontrará ninguna empresa privada con fuerzas suficientes para emprender, a fondo perdido, las investigaciones, los estudios y las experiencias conducentes a la confección de un proyecto técnico en el que se hallen englobados todos los aspectos, tan múltiples y diversos, del plan. Esta tarea corresponde indefectiblemente al Estado, el cual, a su vez, sólo puede obrar impulsado por razones que se deducirán de considerar el segundo aspecto de la cuestión.

A la empresa y a la iniciativa privadas, les corresponde, pues, la ejecución de una o varias partes, más o menos relacionadas entre sí, del proyecto general, y esto lo efectuarán siempre que cuenten

con un mínimo de garantías para el capital inmovilizado y una rentabilidad razonable para el mismo. Así, por ejemplo: Una compañía que se ocupe de la producción de energía eléctrica considerará el negocio desde dos puntos de vista. a) ¿Encontrará mercado para el fluido eléctrico producido? b) ¿Será rentable el precio de venta de éste? En realidad, todas y cada una de las empresas que hubiesen de tomar bajo su responsabilidad las partes del conjunto; están tan ligadas entre sí que forman un todo homogéneo económicamente.

Desde luego, aunque la parte pintoresca, y si se quiere espectacular, de la producción de energía, es aquella que resulte de la captación de la «hulla roja», su importancia es completamente secundaria. El manantial más constante, seguro y fácil de transformar es el eoliano. Los costos son tan variables de un día a otro en estos agitados tiempos, que se hace muy difícil confeccionar un presupuesto, el cual carecería de valor unas semanas más tarde. Sólo puede efectuarse el cálculo refiriéndonos, relativamente, al costo de una instalación de otro género, pero que ya se hizo clásica. Es ésta la hidroeléctrica. Una central hidráulica requiere la inmovilización de un capital considerable, representado por la expropiación de los terrenos que han de ser inundados, el costo de las obras de impermeabilización y obturación de grietas y fallas, y la represa, que consumen cantidades ingentes de cemento y piedra,

y demora largos años en su construcción; si la altura de los saltos es grande, también tendremos que tener en cuenta el coste de la canalización y conducción del agua, y, por último, antes de la distribución del «fluido» eléctrico, en su producción, habremos de presuponer el importe de turbinas y generadores eléctricos. Pues bien, una estación eoliana no tiene ninguna de aquellas complicaciones de la *captación* de la energía hidráulica. Un simple poste o pilón de cemento, un tubo de acero, una estructura de carpintería metálica; eso es todo. El propulsor, dados los adelantos actuales en construcciones aeronáuticas y el esfuerzo máximo que ha de exigirse al material, inferior en varias veces al de las especificaciones corrientes (150 kilómetros por hora como máxima velocidad del viento local contra 500 kilómetros por hora de la velocidad de crucero de un avión moderno y un margen de seguridad del 50% para un propulsor eoliano contra el 100 y aun el 200% en la célula de sustentación de un avión), será realmente muy económico en proporción a la energía suministrada.

El sistema de almacenamiento de la energía no debe considerarse incluido dentro de la producción de la misma. Económicamente es un problema aparte. Se trata de recuperar la energía producida con exceso en los períodos de máxima intensidad del viento, una vez saturado el consumo normal, es decir, de energía extra no aplicada y que indefectiblemente habría de perderse y, por lo tanto, no debía contarse con ella. La justificación de los gastos de instalación se encuentra, no solamente en los períodos de calma relativa o absoluta, previsibles estadísticamente en una producción normal, sino en los «picos de carga» del consumo, en que se requiere una cantidad extra de «fluido» dentro del calculado también en marcha normal.

La producción de corriente alterna exige la excitación de los generadores eléctricos por medio de una corriente de

frecuencia regularizada. Esto sólo es posible conseguirlo en nuestro caso haciendo uso de una térmica, que no es necesario que posea una gran potencia. Pero una térmica, aparte de su gasto de instalación, consume un combustible, ya sea gas natural, fuel o carbón, que sobre su precio de adquisición tendría los gastos de transporte y la dependencia y subordinación a un mercado extraño. Aquí es donde entra en funciones la «hulla roja», cuyos gastos de extracción (*captación*) no serán superiores a los de cualquier combustible, que se aprovecha a pie de obra y que con toda probabilidad es inagotable dentro de la limitación de la vida humana. Ignoro en el momento actual cuáles son los límites de las posibilidades de esta *captación*, mas con que logremos hacerlo en una centésima parte del calor que actualmente se pierde, es más que suficiente.

En resumen: La energía eoliana participa de la ventaja de las hidráulicas en cuanto a la baratura del agente propulsor y de las térmicas en cuanto al bajo costo de las instalaciones para la *captación* de energía, y la geotérmica posee los beneficios de las térmicas en cuanto a los gastos de instalación, pero no ha de adquirir el combustible (en cierta forma se asemeja a una térmica alimentada con gas natural en bocamina), resultado de todo ello es el siguiente: Gastos de instalación mucho más reducidos en relación con la cantidad de energía producida que con ningún otro sistema, rapidez de esta instalación (período muerto inicial muy pequeño), agente propulsor transformable totalmente gratuito y, considerando largos períodos, máxima regularidad en la *captación* y provisión de dicho agente.

Se ha hecho un cálculo somero del precio a que saldría el kilowatio-hora producido de esta forma, teniendo en cuenta la amortización en cinco años solamente de los gastos de instalación, transporte y transformación, un interés anual del 8%, más los gastos de entretene-

nimiento, distribución y administración, y éste oscila entre los 3 y los 7 céntimos, según la importancia de la instalación que se efectúe, siendo, como es natural, más pequeño cuanto mayor sea ésta.

En lo que se refiere a la potabilización del agua del mar, sólo será necesario tener presente que el precio de una peseta por metro cúbico de agua dulce para riego o el consumo humano, resulta altamente remunerador para el agricultor de estas latitudes, y que cada metro cúbico de agua potable dejará unos 100 litros de lejías con una riqueza en sales de unos 27 kilogramos. Las potabilizadoras, los depósitos y los canales de distribución serán rápidamente amortizados y habida cuenta de la baratura del fluido eléctrico también puede deducirse una buena rentabilidad. Considerada realizada la totalidad del plan puede preverse un ingreso de mil millones de pesetas anuales por agua potabilizada, cifra que permite tratar con optimismo esta cuestión.

La fabricación del cemento por el sistema estrictamente seco exige (cocción, molturación) con una recuperación bien estudiada del calor el consumo aproximado de 152 kilowatios hora, con un costo, en el caso más desfavorable, de unas 16,64 pesetas, siendo éste el mayor de los gastos que su fabricación ocasiona. El plan consumirá en canalizaciones, fábricas, obras y habitaciones, cantidades enormes de cemento y otros aglomerantes más económicos, pero si este mercado no fuese suficiente, el resto del Archipiélago, donde la construcción sufre una grave crisis por falta de primeras materias, será un buen cliente; mas no se detiene aquí el mercado donde situar el cemento producido si llega el caso. Las Naciones europeas se hallan en los momentos actuales ante gravísimos problemas de restauración y rearme. El carbón extraído es poco para acudir a cubrir todas las

necesidades de la industria y el transporte y, en estas condiciones, unas obras adquieren papel preponderante, mientras que otras hay que posponerlas, aunque ello resulte doloroso. Cada tonelada de cemento consume 300 kgs. de carbón en su cocción sin contar con el que se invierte en su transporte hasta pie de obra. Inglaterra y Francia, al perder unos trozos de sus imperios coloniales respectivos, han tratado de hallar una compensación revalorizando otras regiones, y así en Sierra Leona existe un magno plan de obras hidráulicas y portuarias, y también los franceses tienen en proyecto y ejecución otro en el asa del Níger, entre Tumbuctú y Sansanding. Canarias, mucho más cerca de Freetown y de Kona-kry que las Metrópolis, encontraría sin duda un cliente en estos puntos y sería una buena ayuda para las expresadas na-



Vista aérea de la Bocayna, estrecho que separa las islas de Lanzarote y Fuerteventura.

En primer término y a la izquierda se distingue la punta Papagayo, de Lanzarote. Inmediatamente a la derecha de la misma está la playa de Rubicón en donde Bethencourt desembarcó por primera vez para la conquista de Canarias. A continuación se encuentra el mogote donde se estableció el Castillo del Aguila y más a la derecha se encuentra la playa de las Coloradas. Al fondo se divisan las costas arenosas de Fuerteventura, playas de Corralejo y el Pozo, y entre ellas y el islote de Lobos. En el futuro este estrecho podrá ser recorrido por un ferrocarril submarino que partiendo de la punta Papagayo y haciendo escala en el islote de Lobos llegue a Fuerteventura, uniendo de esta manera las vías férreas de ambas islas. La profundidad máxima del canal en la alineación Papagayo no pasa de las treinta brazas.

(Foto Aviación)

ciones al liberarlas del consumo de combustible que ello representa, y permitiendo realizar las obras coloniales en más breve plazo.

Por lo que se refiere a las industrias químicas derivadas de la explotación integral de las primeras materias sólidas contenidas en el agua del mar, no creo necesario insistir, pues existe suficiente experiencia para servir de base a un estudio económico de la cuestión.

En cuanto al aspecto económico nacional, también ofrece matices diversos. Así, por ejemplo, la economía canaria está, según vimos, desequilibrada. Por una parte posee una agricultura escasa aunque supervalorizada, pero que no puede explotar a fondo, por su pequeño volumen, la magnífica situación y la capacidad de tráfico de sus puertos; por otra parte, no existe una industria que balancee esta agricultura y, habida cuenta de la enorme densidad demográfica existente, el resultado es paro y bajo nivel de vida y una incesante corriente emigratoria hacia los países del Caribe.

La puesta en regadío de 100.000 Hectárea de producción continua requerirá el asentamiento de otras tantas familias, que junto con la mano de obra industrial, la dirección, los técnicos, la administración y los servicios auxiliares de toda especie, representa el trabajo y el pan para más de 850.000 personas, que habría que asentar. Este plan absorbería, sin duda, todo el exceso de la población canaria, exceso que no sería tan grande, pues en las demás islas se establecerían inmediatamente industrias derivadas, no solamente para transformar los productos obtenidos, sino para proveer a las necesidades de esta población con una capacidad adquisitiva acentuada, e incluso atraerá, para completar sus necesidades y mano de obra, a una corriente inmigratoria de la Península que hoy deriva hacia otros puntos extranacionales (Norte de Africa, Américas del Sur y Central).

A este propósito es digno de notarse

que esta colonización exige asimismo el estudio de un plan de inmigración metódico y escalonado, así como la creación de, por lo menos, tres ciudades capaces para albergar 50.000 habitantes cada una dos en Fuerteventura (la Isla agrícola) y una en Lanzarote (la Isla industrial), así como la construcción de una red de comunicaciones, tanto por carretera como ferroviarias, la ampliación de los puertos, etc., etc.

Por otra parte es indudable que, no solamente queda aumentada la Riqueza Nacional en una cantidad equivalente a la suma de los beneficios industriales y comerciales y los salarios de los empleados, más el valor de los productos obtenidos, que en este sentido juegan dos veces el mismo papel, sino que, tratándose de materias industriales del mayor interés, hallarán una buena acogida en el mercado extranjero, contribuyendo así a compensar en una cifra importantísima la balanza del comercio exterior de España.

El plan resuelve, pues, íntegramente y en forma definitiva el problema económico Canario y contribuye de manera sensible a la Economía Nacional.

Pero en economía no es posible el aislamiento. La economía es resultado de un todo armónico en el que están integrados todos los pueblos. Aunque, a veces, quiera ignorarse, cualquier desarreglo en el engranaje económico de un país tiene siempre repercusiones en los lugares más apartados del Planeta. Por ello cualquier proyecto industrial de cierta importancia debe ser considerado desde un plano superior, en cuanto pieza integrante de un conjunto de orden supranacional, cuyos intereses son tan legítimos por lo menos como los nacionales, hasta el punto de que cuando se lesionan dan origen irremediamente a los odiados y temidos conflictos bélicos.

En este sentido creo que el plan encaja de una manera perfecta dentro de los intereses de las Naciones Atlánticas. Y voy a tratar de demostrarlo.

Las llamadas Naciones Occidentales,

democráticas o libres, con las cuales se encuentra vinculada espiritualmente España y con las que tiene intereses comunes de primer orden, se hallan empeñadas actualmente en el desarrollo del más alto esfuerzo industrial para salvaguardar la paz y su independencia ideológica y política.

En la pugna entre dos formas, completamente opuestas, de concebir la vida y la personalidad humana, ante el dilema del ser o no ser, estas organizaciones sociales, constituídas en nacionalidades, no solo se ven forzadas a movilizar todos sus valores espirituales, sino a poner al servicio de éstos todos los medios materiales de que pueden disponer sus organismos industriales. Unión y fortaleza, es la consigna que han lanzado sus dirigentes responsables. Y es dentro de este programa circunstancial donde trataremos de hallar una serie de oportunidades, ya que no se trata de competir, sino de cooperar a los más altos fines de nuestra civilización amenazada.

Es sabido el papel importantísimo que la aviación desempeña en el cómputo de la potencialidad de una nación. Pues bien, como en otro lugar se ha dicho el 65 % del peso de un avión moderno está constituido por el magnesio. El primer país productor del magnesio era Alemania, que utilizaba como materia prima las sales de Strassfurt, hoy día en poder de la U. R. R. S. Francia utiliza las sales de los «chots» tunecinos, pero la producción es pequeña. Inglaterra emplea dolomitas griegas y más principalmente magnesita de la India, que ha de transportar desde mucha distancia. En esta forma, de todas las Naciones Atlánticas, solamente Norteamérica posee una industria importante del magnesio, pues cuenta con las instalaciones de Michigan, Nevada y Texas. Por ello en el programa de construcciones europeas se reserva la fabricación de los aparatos pesados de bombardeo y transporte y deja a las naciones europeas la de los aparatos pequeños que requieren poco material y mucha ma-

no de obra especializada, y, aún esto, a título precario. Imagínese las consecuencias que se deducirían si pudiésemos suministrar a estas naciones cloruro de magnesio bruto en cantidades casi ilimitadas y magnesio metal en proporciones sustanciales. ¿Qué alivio no representaría para la industria norteamericana que ahora ha de proveer en aparatos a sus consocios? ¿Y para las Naciones europeas que librarán así buena parte de sus medios de transporte, darán trabajo a sus obreros y economizarán carbón?

El problema de la economía del carbón es fundamental en una movilización industrial a ultranza. De todas las industrias químicas, la básica y por añadidura la que más combustible requiere, debido a su volumen, es la industria pesada de los alcalinos. Basta echar una ojeada a la serie de industrias que de dichas primeras materias dependen, y las cifras de producción de los grandes países industriales, para comprender que si estas naciones europeas se ven dispensadas de fabricarlos en una parte considerable, podrá aplicar su carbón e intensificar otras actividades industriales, quizá de la mayor importancia, aunque subsiguientes en el orden de obtención a los alcalinos.

También he señalado antes lo que en este sentido podrá significar la fabricación de cemento en cantidades tales, que permitan su exportación a los establecimientos de la costa de Africa.

La situación de nuestro Archipiélago es tan afortunada, por lo que se refiere a comunicaciones, que cualquier actividad industrial, contando con energía y primeras materias, lo sitúa en condiciones excepcionales para suplir necesidades de vital importancia.

En los artículos 8.º y 9.º se hace un pequeño estudio de fabricación de fibras textiles artificiales. Aparentemente ello pudiera significar que solamente tiene importancia desde el punto de vista nacional y aún más concretamente local, mas si se conciben las cosas con más amplitud de miras y considerando que la

energía eoliana también puede captarse en otras islas (zona de Izaña, en Tenerife y de Gando-El Ingenio, en Gran Canaria) esta industria podría alcanzar un interés del mayor relieve desde el punto de vista de la economía internacional.

Como es sabido, dos son las fibras naturales que se emplean en la fabricación de tejidos (aparte de la seda): el algodón y la lana.

En 1.941 la producción de algodón en el Mundo fué en millares de toneladas.

EE. UU. ...	2.800 con el 41% de la total
Brasil... ..	549 con el 8% de la total
Egipto... ..	400 con el 6% de la total
Europa democrática y otros países	550 con el 8% de la total
Total	4.299 con el 63,3%

Los otros países productores son la U. R. S. S., China y la India. Esta última se ha industrializado y provee a las necesidades de sus 200 millones de habitantes con la ayuda del Japón.

Ahora bien, el consumo de algodón de los EE. UU., que en 1922 era de un millón doscientos cincuenta mil toneladas, ascendió en 1942 a 3 millones de toneladas. Queda pues, un resto para las demás naciones afines de aproximadamente 1 millón 300.000 toneladas. Para que se pueda comprender lo poco que esta cifra representa hay que saber que Francia, para sus necesidades textiles solamente, importa anualmente 280.000 toneladas, de las cuales el 80 % procede de los EE. UU., el 15 % de Egipto, el 10 % de la India, el 10 % de otros países y solamente el 5 % del Imperio Francés. Si ahora tomamos en consideración el hecho de que la mayor parte de la nitrocelulosa se fabrica con algodón se comprenderá la rapidez con que las naciones tratan de constituir en la actualidad sus reservas, y la penuria que pronto se dejará sentir en los tejidos de esta fibra en cuanto se implante una economía de guerra.

Europa será la región más afectada

por esta carencia, ya que el algodón europeo es insuficiente, aún en tiempos normales, para cubrir sus necesidades.

De esta producción a Turquía le corresponde el 58 %, a Grecia el 15 %, a Italia el 12 %, a España el 2 % y el resto a los países filo-soviéticos.

El problema de la lana, si bien no tan grave como el anterior no por ello deja de tener una importancia máxima. Las cifras de producción mundial son las siguientes en millares de toneladas.

Australia	488 con el 28 %
EE. UU.	182 con el 10,5%
Argentina	173 con el 10 %
Nueva Zelanda	145 con el 8,5%
Africa del Sur	123 con el 7 %
Europa Occidental ...	200 con el 11,5%
Total	1.311 con el 75,5%

En este sentido los países democráticos están mejor dotados. Sin embargo, en 1942 solamente Norteamérica consumió 900.000 toneladas contra 230.000 en 1922 y además constituyó un stock de cerca de las 500.000 toneladas.

Francia consume normalmente 120 mil toneladas de lana limpia de importación, o sea 280.000 de pieles (*delainage*) o lana bruta en la proporción siguiente:

Australia	45%
Argentina	13%
Africa del Sur	10%
Nueva Zelanda	8%
Diversos	9%
Imperio Francés	15%

No es tarea fácil intensificar la producción de estas fibras en una proporción que se deje sentir de una manera sensible sobre el aumento de las necesidades. El algodouero es planta que requiere agua abundante y mucho sol, además de una mano de obra muy numerosa para su recolección, que no puede efectuarse a máquina. Para su cultivo, en Egipto, tuvieron que construir los ingleses en aquel país, de suelo y clima apropiados, las im-

portantísimas obras hidráulicas de Yebel-Aulia, Makwar y Asuan, con sus extensas y complicadísimas redes de canales. Los franceses han construido en el Níger una presa, cuyo crédito se aprobó en 1941, que en un período de 10 años tenía que poner en irrigación una extensión de 150.000 Hectáreas de tierras de algodón, las cuales deben proporcionar 15.000 toneladas anuales. En total en el conjunto de toda el Africa Occidental Francesa no se presupone que puedan producirse más de 50.000 toneladas, la sexta parte de las necesidades de la Metrópoli.

Algo semejante ocurre con la lana. El plan Voreux imagina la explotación de los pastos de una región de Argelia extensa de 1.500 kilómetros por 350, o sean unos 50 ó 60 millones de Hectáreas, para la cría de 25 a 30 millones de corderos, los cuales proporcionarían unas 20.000 toneladas de lana limpia. La sexta parte de las importaciones.

Se comprende que se haya tratado de hallar la solución por otro camino. Como el algodón no es, en el fondo, más que celulosa en forma de fibras, cuya longitud permite su hilado por torsión, y la celulosa es la substancia fundamental de todo el reino vegetal, se ha conseguido solubilizarla para hacerla plástica y moldearla en forma de hilos finos, que más tarde se trenzan. No otra cosa es el rayón, y si bien las primeras naciones que recurrieron al expediente de transformar e hilar la celulosa de los árboles fueron aquellas superindustrializadas que carecían de algodón como materia prima, también otras naciones mejor dotadas hubieron de acudir a él, dentro de una economía bien entendida. Norteamérica, el mayor productor de algodón del Mundo, incrementó su producción de rayón de 50.000 toneladas en 1922 a 300.000 en 1942.

La fibrana (rayón cortado en trozos para su hilado por torsión), sola o aso-

ciada a otras fibras naturales, ha permitido a la industria europea la fabricación de tejidos que poseen todas las características de los de lana, con excepción de las térmicas. Sin embargo, estas propiedades térmicas también las posee la fibra animalizada por barnizado con una capa de proteína. El lanital italiano se elabora a base de caseína, procedente de la leche descremada o de la soja, pero se comprende que la cantidad disponible de esta substancia es muy limitada, ya que la caseína tiene mucha más importancia, dentro de una economía de alarma, para la alimentación humana.



Panorama del estrecho del Rio entre Lanzarote y la Isla Graciosa.

A la derecha se ve la caleta del Sebo, en donde se encuentra el poblado de pescadores de la Graciosa. A la izquierda se divisa la punta Fariones y el macizo del risco de Famara que oculta la bahía de Penedo. Puede apreciarse bien en esta fotografía la posibilidad de instalar el depósito de agua, para la regulación de la energía, en lo alto del Risco entre dos montañuelas que dejan entre sí una especie de artesa situada a cuatrocientos metros de altura y en el borde mismo del Risco que desciende casi a pico

(Foto Aviación)

Ahora bien, Canarias está directamente enlazada con Noruega y los numerosos bosques de América y Africa Ecuatoriales, inagotables proveedores de celulosa comprimida en forma de troncos de árbol. Contando con sosa, sosa cáustica y energía abundantes, puede convertirse en un productor de pasta de celulosa de primer orden, y parte de esta celulosa puede ser transformada en rayón, ani-

malizada con proteínas de pescado y corrugada, para la fabricación de la lana artificial en cantidades que pueden hacerse sensibles en el esfuerzo de defensa europeo.

El Archipiélago, al industrializarse con la ayuda, colaboración y buena voluntad de los demás, se incorporará a la corriente de mutua cooperación con el

resto de la Nación, así como de los países atlánticos, en cuyo Océano ocupa un lugar tan estratégico, y con los cuales se halla estrechamente ligado, pues es sabido lo que el mar une a los pueblos.

¡ Quiera Dios que esto sea entendido así por todos y cada uno de los que leyeren !

Este interesante trabajo, dividido por su autor en tres partes, es la prueba más evidente del inteligente tesón del Sr. Chamorro, impregnado del patriótico convencimiento de que su visión del futuro de las islas de Lanzarote y Fuerteventura puede ser, si su plan se lleva a efecto, verdaderamente maravilloso.

En la primera parte del estudio hace un resumen de la historia, la geografía, la geología y los recursos con que actualmente cuentan y viven estas dos islas orientales del Archipiélago.

En la segunda analiza separadamente y con gran lujo de detalles, la vida agrícola, industrial y comercial de las dos provincias Canarias, apoyando sus afirmaciones en estadísticas de la exportación de los frutos que constituyen la base principal de nuestra economía comprensiva de los años 1938 a 1949, de producciones, transformaciones y exportación de lubricantes por la Refinería de la C.E.P.S.A. establecida en Santa Cruz de Tenerife, y de movimiento de buques por su puerto y por el de Las Palmas, así como detallados datos demográficos de las siete islas menores.

En la tercera parte, el autor desarrolla estudios ya conocidos a través de la prensa diaria, por los cuales divulgó su proyectado plan. Ahora, en este libro, ya no se limita a simples notas al alcance del público medio, sino que profundiza en la exposición técnica del mismo, haciéndose eco de observaciones que le han sido hechas, refutándolas.

Considerable número de gráficos, fotografías y mapas avaloran la obra, algunos de ellos tan interesantes como las fotografías de las radiaciones de la Montaña del Fuego.

Si el éxito acompaña a sus magníficas intuiciones, no hay duda de que se logrará un aumento de bienestar considerable para aquellas islas, y, con ello, la gratitud a su creador habrá de ser imperecedera.

Y si su labor y desvelos obliga a todo el Archipiélago, más aún, si cabe, ha de merecer la atención de estas islas del grupo occidental, más favorecidas por la Naturaleza, en las que nunca el contraste con la sequedad de las de Lanzarote y Fuerteventura ha dejado de obrar el efecto del más hondo sentimiento fraternal, sugeridor de una ansiedad hasta ahora insatisfecha de ver trocada su secular aridez en prosperidad redentora de una población que merece por todos conceptos el bienestar de una vida económica próspera.

ANTONIO LECUONA HARDISSON

Presidente de la Excmo. Mancomunidad Provincial
Interinsular de Santa Cruz de Tenerife

BIBLIOGRAFIA

LA HISTORIA

- Antonio Porlier.—*Descubrimiento y conquista de Canarias.*
Dacio V. Darias.—*Breves nociones sobre la Historia general de Canarias.*
Fr. Juan de Abreu y Galindo.—*Historia de la Conquista de las siete Islas de Gran Canaria.*
Fr. Pedro Bontier y Juan Le Verrier.—*Historia del Descubrimiento y Conquista de Canarias.*
Rosendo García Ramos.—*Revista de las primeras noticias escritas sobre las Islas Canarias.*
Rumeu de Armas.—*Piraterías y ataques navales contra las Islas Canarias.*
Viera y Clavijo.—*Historia de Canarias.*

LA GEOGRAFIA

EL CLIMA

- H. J. Flechtner.—*Tú y el tiempo.*

LA GEOLOGIA

- Benítez S.—*Ensayo de síntesis geológica del Archipiélago Canario.* El Museo Canario. Año VI. Núm. 14 Las Palmas 1945.
Berlioux E. F.—*Les Atlantes. Histoire de l'Atlantis et de l'Atlas primitif.* París 1883.
Boucart J.—*Rapport general sur l'aménagement hydrologique de L'île de Gran Canaria.* París 1935.
Boller.—*Flora von Lanzarote und Fuerteventura.* Engler's Jahrbücher. 1891-92.
Bory de S. Vicent.—*Essais sur les Iles Fortunées et l'antique Atlantide.* París Germinal. Año IX.
Borsau F.—*L'Atlantide. Saggio di Geografia preistorica.* Nápoles 1889.
Botella F.—*Apuntes Paleogeográficos.* Bol. de la R. Soc. de Geogr. de Madrid T. XV. 1884.
Born A.—*Isostasia y gravimetría.* Berlín 1923.
Boschin.—*Influencia de la rotación terrestre en los movimientos tectónicos de la corteza.* Die Naturwissenschaften 1933.
Brun A.—*Quelques recherches sur le vulcanisme au Pico de Teide et au Timanfaya.* Arch. des Scien. Phys. et Nat. Feb. 1908.
Buch L. Von.—*Description Phisique des Iles Canaries.* París, 1836.
Calderón S.—*Reseña de las rocas de la Isla volcánica Gran Canaria.* An. Soc. Esp. Hist. Nat. T. IV. 1875.
Calderón.—*Nuevas observaciones sobre la litología de Tenerife y Gran Canaria.* An. Soc. Esp. Hist. Nat. T. X. 1880.
Calderón S.—*La evolución de las rocas volcánicas en general y en las de Canarias en particular.* An. Soc. Esp. Hist. T. VIII. 1879.

- Haalck.—*Los procedimientos magnéticos en Geofísica*. 1929.
Haalck.—*Los procedimientos gravimétricos en Geofísica*. 1929.
Haalck.—*Tratado de Geofísica aplicada*.
H. Haalk.—*Theorie und Anwendung der magnetischen Aufschlussmethode*. *Zeitschrift für Geophysik*. Heft 1-2-1926.
Heine.—*Prospección eléctrica del suelo*. 1928.
Hubbard, D. W., and W. J. Rees.—*The Dissociation of Carbon Monoxide in Contact with Refractory Material*. *Trans. Ceram. Soc. (England)*. Vol. 28, p. 277, 1928-1929.
Mainka.—*Física de las ondas sísmicas*. 1923.
Oddone.—*Determinations dynamiques des modules d'élasticité de Young des roches*. *Comt. rend. des Seances de l'Asoc. Inter. de Sismologie*. 1011-12.
Perucca.—*Física general y Experimental*. Labor. Barcelona. 1944.
Prey, Mainka y Toms.—*Introducción a la Geofísica*. Berlín 1922.
Stansfield, A.—*Equilibrium for the Reaction $2CO = CO_2 + C$* , *Trans. Am. Electrochem. Soc.* Vol. 51, pp. 217-222.

LA «HULLA ROJA»

- Barratt, T., and R. M. Winter.—*Some New Methods for the Measurement of Thermal Conductivity*. *Phil. Mag.* Vol. 49, pp. 313-322, 1925.
Boericke, W. F.—*Methods of Research Newly Applied to Refractories*. *Mining Met.* Vol. 10, 265, pp. 16-18, 1929.
Boltzmann.—*Lecciones sobre la teoría de los gases*. Gauthier-Villars. París. 1937.
Bonasol.—*Curso de física*. Delagrave. París. 1908-39.
Boussinesco.—*Teoría analítica del calor*. París 1901.
Bradshaw, L., and W. Emery.—*The Specific Heats of Refractory Materials at High Temperatures*. Part I, Silica, Fireclay, and Zirconia, *Trans. Ceram. Soc. (England)*, Vol. 19 pp. 84-92, 1919-1920.
Brasseur.—*Las aplicaciones de los rayos X*. Dunod. París. 1938.
Bridgman, P. W.—*The Thermal Conductivity and Compressibility of Several Rocks under High Pressures*. *Am. J. Sci.* 5th Series. Vol. 7, 38, pp. 81-102, 1924.
Brillouin.—*La estructura de los sólidos en la física moderna*. Hermann. París. 1937.
Broglie.—*La nueva física y los cuanta*. Flammarion. París 1937.
Brown, G. G., and C. C. Furnas.—*Heat Conduction of Solids*. *Trans. Am. Inst. Chem. Eng.* Vol. 18, pp. 295-307, 1926.
Brown, J.—*Refractory Properties of Commonly Used Oxides*. *Feuerfest*. Vol. 2, 11, p. 105, 1926.
Bruhart.—*Curso de física*. Masson París. 1939.
Brun.—*Los calores específicos*. Colin. París 1944.
Carnot.—*Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*. Hermann. París. 1904.
Carstaw.—*El uso de las funciones de Green en la teoría matemática de la conducción del calor*. Edimburg. Proc. 1903.
Chywskaa, N. P.—*Determination of the Refractory Powers of Clays from Their Water of Constitution*. *Rev. soc. russe métal.*, 1, June, 1925. *Rev. métal.* Vol. 23 (Extraits), pp. 302-306, 1926.
Clement, J. K., and W. L. Egly.—*The Thermal Conductivity of Fire-clay at High Temperatures*. *Univ. of Illinois. Bull.* 36, Vol. 6, 42, 1909.

- Cohn, Wm., and A. E. MacGee.—*On the Specific Heats and Heat Tones of Clays, etc.* Ber. deut. keram. Ges., Vol. 7, pp. 149-155, 1926.
- DouGall.—*Nota sobre la aplicación de la integración compleja en la conducción del calor.* Edimburg. Proc. Mat. Soc. 1901.
- Deribéré.—*La fotografía al infrarrojo.*
- Duddley, B., Jr.—*The Thermal Conductivity of Refractories.* Am Electrochem. Soc. Vol. 27, pp. 285-328, 1915.
- Eggert y Hock *Químico -física.* Dunod. París. 1944.
- Evesett.—*Investigación de una expresión de la caída de temperatura en un estrato del suelo en el tiempo de un año.* Edimburgs Transact. 1864.
- Fourier.—*Teoría analítica del calor.* París. 1822.
- Green, A. T.—*The Thermal Conductivity of Refractory Materials at High Temperatures.* Trans. Ceram. Soc. (England). Vol. 21, p. 394, 1921-1922.
- Green, A. T.—*The Thermal Conductivity and Some Other Properties of Two Commercial, Heat-insulating Bricks Used in Kiln Construction.* Trans. Ceram. Soc. (England). Vol. 23, pp. 271-276, 1923-1924.
- Green, A. T.—*The Influence of Texture on the Transmission of Heat through Firebricks.* Trans. Ceram. Soc. (England). Vol. 23, pp. 253-270, 1923-1924.
- Green, A. T.—*The Specific Heat of Magnesite Brick at High Temperatures.* Trans. Ceram. Soc. (England), Vol. 22 pp. 393-397, 1922-1923.
- Green, A. T.—*The Thermal Properties of Refractory Materials and a Consideration of the Factors Influencing Them.* Trans. Ceram. Soc. (England), Vol. 25 pp. 361-385, 1925-1926.
- Grosse, W., and W. Dinkler.—*An Improved Metal Calorimeter for the Determination of the Specific Heat of Metals, Oxides, and Slangs.* Stahl u. Eisen., Vol. 47, 11, pp. 448-453, 1927.
- Grober, H.—*Introduction of the Study of Heat Transfer.* J. Springer. Berlín, 1926.
- Hartmann, M. L., and O. B. Westmont and S. F. Morgan.—*The Determination of the Bulk and Pore Volume of Refractory Materials.* J. Am. Ceram. Soc., Vol. 9, 5, pp. 298-310, 1926.
- Hersey, M. D., and E. W. Butzler.—*Determination of Thermal Conductivity of Refractories.* J. Wash. Acad. Sci. Vol. 14, 7, pp. 147-151- 1924.
- Heilman, R. H.—*Apparatus for the Determination of Thermal Conductivities of High-temperature Insulation.* Trans. Am. Inst. Chem. Eng. Vol. 18, pp. 283-293, 1926.
- Hyslop, F. J.—*Temperature-property Characteristics of Refractories.* Blast Furnace Steel Plant. Vol. 16, 18, pp. 1357-1360, 1928.
- Jakob, M.—*Messung des Wärmeleitvermögens von Flüssigkeiten, Isolierstoffen, und Metallen.* Z. Ver. deut. Ing. Vol. 66, 2, pp. 688-693, 1922.
- Jakob, M.—*Gefüge und Wärmeleitvermögen feuerfester Steine.* Z. Ver. d. Ing. Vol. 67, 1, pp. 126-127, 1923.
- Jakob, M.—*Heat Conduction.* Handb. Phy. Geiger-Scheel. Vol. 11, pp. 42-155, 1926.
- Jänecke, E.—*Bemerkungen zu den Studien über das System Kalk-Kieselsäure-Tonerde.* Tonind.-Ztg. Vol. 51, pp. 1456-1457, 1927.
- Jaeger, F. M., and E. Rosenbohm.—*Accurate Determinations of Specific Heats of Solids between 0° and 1625°, I. Apparatus and Methods.* Verhandl. Akad. Wetenschappen Amsterdam. Vol. 36, pp. 763-778, 1927.

- Knoblauch, O., E. Raish, and H. Reiher.—*Die Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Isolierstoffen und die Wärmedurchlässigkeitszahl neuer Bauweisen*. Gesundheits-Ing. Vol. 43, 52, pp. 607-623, 1920.
- Kanz, A.—*Investigations on the Conducting Power of Refractory Materials*. Ber. Werkstoffausschuss., p. 78, 1925.
- Le Roy.—*Acerca del problema de Fourier*. Comt. Rend 1895.
- Lord Kelvin.—*La edad de la Tierra*. Phyl-Mag. 1899.
- MacGee, A. E.—*Some Thermal Characteristics of Clays*. J. Am. Ceram. Soc. Vol. 10, 8, pp. 561-568, 1927.
- MacGee, A. E.—*Several Gas Expansion Porosimeters*. J. Am. Ceram. Soc., Vol. 9, 12, pp. 814-822, 1926.
- McVay, T. N.—*The Effect of Temperature on the Optical Properties of Kaolinite*. J. Am. Ceram. Soc. Vol. 11, 4, pp. 224-226, 1928.
- Miehr, W., H. Immke, and J. Kratzert.—*Die Spezifischen Wärmen unserer feuerfesten Steine in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur*. Tonind.-Ztg., Vol. 50, 95, pp. 1671-1674, 1691-1693, 1926.
- Murani.—*Fisica*. G. Gili. Barcelona 1924
- Navias, L.—*Measurement of the Heat Absorbed and Evolved by Clays during Firing and Cooling*. J. Am. Ceram. Soc., Vol. 6, pp. 1268-1298, 1923
- Northrup, E. F.—*Uniform High Temperature throughout a Large Volume*. Jour. Ind. Eng. Chem. Volum. 13, 7, p. 639, 1921.
- Nussult, W.—*Die Wärmeleitfähigkeit von Wärmesolierstoffen*. Z. Ver. deut. Ing. Vol. 52, p. 906, 1908.
- Okaya, Tokiharu.—*Les chaleurs spécifiques des roche*. Japan J. Astron. Geophys. Vol. 3, pp. 45-80, 1925.
- Parks, G. S., and K. K. Kelley.—*The Heat Capacity of Calcium Silicate*. J. Phys. Chem., Vol. 30, 9, pp. 1175-1178, 1926.
- Perry.—*Sobre la edad de la Tierra*. Nature 1895.
- Poensgen, R.—*Ein technisches Verfahren zur Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit plattenförmiger Stoffe*. Z. Ver. deut. Ing. Vol. 56, 2, p. 1653, 1912.
- Poincaré.—*Teoría analítica de la propagación del calor*. París 1895.
- Pressler, E.—*Porosity and Specific Gravity of Refractory Materials*. Corr. J. Ceram., Vol. 7, pp. 3-5, 1926.
- Raisch, E.—*On the Calculation of the Thermal Conductivity Values of Porous Bodies*. Mitt. Forschungsh. Wärmeschutz, 7, 1926.
- Robitschek, J.—*Eine einfache Vorrichtung zur Bestimmung der Porosität feuerfester Erzeugnisse*. Tonind.-Ztg. Vol. 51, 51, pp. 907-908, 1927.
- Schmidt, E.—*A New Device for Measuring Heat Flow and Its Practical Significance in Insulation Technology*. Mitt. Forschungsh. Wärmeschutz, 3, 1923.
- Schmidt, E.—*The Thermal Conductivity Values of Substances on the Basis of Measured Results*. Mitt. Forschungsh. Wärmeschutz, 5, 1924.
- Schulze, K.—*Die Wärmeleitung in Mineralien, Gesteinen, und den künstlich hergestellten Stoffen von entsprechender Zusammensetzung*. Fortschritte Mineral. Krist. Petro. Vol. 9, pp. 221-411, 1924.
- Schluter, A.—*Heat Flow in Walls for Periodically Variable Temperature of One Surface*. Mitt. Wärmestell Fach4, 1927.
- Tadokoro, Y.—*On the Determination of the Thermal Conductivity, Specific Heat, Density, and Thermal Expansion of Different Rocks and Refractory Materials*. Tôhoku Imp. Univ., Sci. Rept. 1st series, Vol. 10, p. 339, 1921.

- Tadokoro, Y.—*On the Thermal Changes of Magnesite*, Research Lab. Iron Works, Yawata, Japan, Rept. 4, 2, p. 58, 1924.
- Theobald, L. S., and A. T. Green.—*The Temperature Gradients Obtained by Different Rates of Heating in Unfired Fireclay Bricks between 15° and 250° C.* Trans. Ceram. Soc. (England), Vol. 24, pp. 105-123, 1924-1925.
- Tilden, W. A.—*Presidential Address, The Relation of Specific Heat to Atomic Weight in Elements and Compounds.* J. Chem. Soc. (London), Vol. 87, (I) p. 551, 1905.
- Van Rinsum, W.—*Die Wärmeleitfähigkeit von feuerfesten Steinen bei hohen Temperaturen sowie von Dampfrohrschutzmassen und Mauerwerk unter Verwendung eines neuen Verfahrens der Oberflächentemperaturmessung.* Z. Ver. deut. Ing. Vol. 62, 2, pp. 601-605, 639-641, 1918.
- Westman, A. E. R.—*The Mercury Balance. An Apparatus for Measuring the Bulk Volume of Brick.* J. Am. Ceram. Soc., Vol. 9, 5, pp. 311-318, 1926.
- White, W. P.—*Specific Heat Determination at Higher Temperatures.* Am. J. Sci. 4th Series, Vol. 47, p. 44, 1919.
- Wheeler, E. S., and A. H. Kuechler.—*Mercury Volumeter.* J. Am. Ceram. Soc. 1927.
- Wilson, S. T., A. D. Holdcroft and J. W. Mellor.—*The Specific Heats of Firebricks at High Temperatures.* Trans. Ceram. Soc. (England), Vol. 12, pp. 279-284, 1912-1913.
- Willmer, H.—*Heat Flow in the Walls of Ceramic Kilns.* Ber. deut. keram. Ges. Vol. 6, 2, p. 49, 1925.
- Wologdine, S.—*Recherches sur la conductibilité, la porosité et la perméabilité de matières réfractaires.* Rev. métal. (Memoires). Vol. 100, p. 767, 1909.

AEROGENERADORES

Felipe García López.—*¿Cuál es la dirección del alisio en las Islas Canarias?* 1946.

POTABILIZACION DEL AGUA DEL MAR

- Arrhenius.—*Z. f. phys. Chem.* 1-631 (1887).
- Arrhenius.—*Z. Phys. Chem.* 9-485 (1892).
- Abegg y Gauss.—*Z. Phys. Chem.* 40-737 (1902).
- Bredig.—*Z. Phys. Chem.* 18-289 (1894).
- Calvet.—*Iniciación a la química-física.* Apolo. Barcelona. (1942).
- Classius.—*Pogg. Ann.* 101-347 (1857).
- Dennison.—*Z. Phys. Chem.* 44-575 (1903).
- Denham.—*Transac. Chem. Soc.* 93-42 (1908).
- Drucker.—*Z. Phys. Chem.* 49-563 (1904).
- Eggert y Hoch.—*Traité de chimie physique.* Dunod. Paris. (1944).
- Faraday.—*Experimental Researches in Electricity.* Everiman's library. London.
- Fischer.—*Prácticas de Electroquímica.* Gasa. Zaragoza (1915).
- Forster.—*Electrochemie Wasserungen. Losungen.* Leipzig. (1915).
- Hittorf.—*Ueber die Widerstände der Ionen.* Clásicos de Ostwald números 21 y 23.

- Haber.—*Z. f. Elektroch.* 10-433.
Jahn.—*Z. phys. Chem.* 50-129 (1904)
Kendall.—*Transac. Chem. Soc.* 101-1283 (1912).
Kohlrausch.—*Z. Phys. Chem.* 18-662 (1895).
Kohlrausch.—*Wied Ann. der Phys.* 6-1 (1879) y 26-213 (1885).
Kohlrausch.—*Prood. Roy. Soc.* 71-983 (1903).
Lash-Miller.—*Z. Phys. Chem.* 69-436 (1909).
Lewis.—*J. Amer. Chem. Soc.* 32-873 (1910).
Lewis.—*J. Amer. Chem. Soc.* 101-1283 (1912).
Le Blanc.—*Manual de Electro-química.*
Luther.—*Z. Phys. Chem.* 34-488 (1900) y 36-391 (1901).
Mac Lewis C.—*Traité de Chimie Physique.* Masson. París. (1920).
Muller.—*Prácticas de Electroquímica.* Calpe. Madrid. (1921).
Nernst.—*Z. Phys. Chem.* 2-612 y 4-129 (1889).
Nerus y Thomson.—*Z. Phys. Chem.* 13-531 (1894).
Noyes y Falk.—*J. Amer. Chem. Soc.* 34-454 (1912).
Noyes.—*St. Louis Conggres. Rep.* (190) y *Science* 20 -577 (1904).
Oswald.—*Z. Phys. Chem.* 2-360 (1888) y 3-170.241, 369 (1889).
Partigton.—*Transac. Chem. Soc.* 97-1158 (1910)
Peddle y Turner.—*Transac. Chem. Soc.* 99-1011 (1911).
Rhaudolphi.—*Z. Phys. Chem.* 17-385 (1895)
Rius y Miró.—*Introducción a la electroquímica.* Calpe. Madrid. (1922).
Rivett.—*Z. phys. Chem.* (1913).
Siemens.—*Aparato para producir agua destilada por electroosmosis.* Chem. Zg. 53 (52) 1929.
Steele.—*Phyl. Transac.* 198-105 (1902) y *Z. Phys. Chem.* 40-689 (1902).
Strohl.—*Theorie des ions.* Masson. París. (1930).
Taylor.—*Z. Elektrochem.* 20,201 (1914).
Valson.—*Compt. Rend.* 73-441 (1871) y 77-805 (1873).
Van't Hoff.—*Z. phys. Chem.* 18-301 (1895).
Walden.—*Transac. Faraday. Soc.* 6-71 (1910).
Washburg.—*Tech. Kuaterly.* 386 (1908).
Washburg.—*J. Amer. Chem. Soc.* 37-698 (1915).
Washburg.—*J. Amer. Chem. Soc.* 33-1464 (1911).
Washburg.—*J. Amer. Chem. Soc.* 1-(1918).
Wiedmann.—*Electricitatt.* 2.

LAS GRANDES INDUSTRIAS QUIMICAS QUE EMPLEAN COMO MATERIA

PRIMA EL AGUA DEL MAR

- Alico.—*Introduction to Magnesium and its Alloys.* Zeff Davis Publishing Co. New York 1945.
Bagder and Baker.—*Inorganic Chemical Tecnology.* Mc. Graw-Hill Book Co. New York 1941.
Cannon And. Lewis.—*General Inorganic Chemistry.* Van Nostrand Co. New York 1942.
Creighton and Koehler.—*Electrochemistry, Vol. 2.* John Riley Sons Inc. New York 1944.

- *Roger's Industrial Chemistry*. Vol. 2. Van Nostrand Co. New York 1943.
- *Mer and Hidlebrand*.—*Reference Book of Inorganic Chemistry*. The MacMillan Co. New York. 1941.
- Lloyd, S. J.—*Bromine and its Discoveres*. J. Chem. Ed. 3-382 (1926). 26-361 1934. Chem. and Met. 41-042 (1934).
- *Production and trade in Bromine*. Minerals Ind. 47-669 (1938).
- *Jour. Chem. Ed.* 26-273 (1947).
- *Light Metals and they Alloys*. Ind. Eng. Chem. 27-745 (1935).
- *Magnesium Compunds From Ocean Water*. Idem 28-383 (1936).
- *Ocean of Raw Materials for Magnesium Compounds*. Chem. and Met. Eng. 43-116 (1936.)
- *Magnesium; Its Production and use*. 48-75. (1941).
- Meeks.—*Discovery of the Elements*. 5th ed. Mack Printing Co. 1945.
- Morgan and Bustall.—*Inorganic Chemistry*. W. Heffer & Sons Ltd. Cambridge 1938.
- Muspratt.—*Nueva Enciclopedia de Química Industrial*.
- Penell.—*Magnesium : Its Production and use*. Pitman Publishing Cor. New York 1944.
- Sewart.—*Bromine from Sea water*. Ind. and Eng. Chem. 26-374. 1934.
- Thorpé.—*Enciclopedia de Química*.
- Ullman.—*Enciclopedia de Química Industrial*.
- Yost and Rusell.—*Sistematic Inorganic Chemistry*. Prentice-Hall Inc. New York. 1944.

LA INDUSTRIA TEXTIL EN CANARIAS

FABRICACION DEL CEMENTO

- F. W. Taylor y S. E. Thomson.—*Fabricación y ensayo de los cementos y hormigones*.
- Lea Desch.—*Química del cemento y del hormigón*.

FITOHORMONAS, FITOESTIMULINAS Y MENDELISMO

- Aron.—*Vie et reproduction*.
- Addicott(F.T.) et Bonner (J.)—*Nicotinic acid and the growth of isolated pea roots*. Science, revista americana 88, 577-8, 1938.
- Altenburg (E.)—*Interference in «Primula sinensis»*. Amer. Natural., t. LV. 1921.
- Blakeslee (A.F.), 1928.—*Genetics of «Datura»*. Zeits. ind. Abstam. u. Vererbungsl., Suplemento. I.
- Blakeslee (A.F.) y Belling J.), 1924.—*Chromosomal mutations in the jimson weed, «Datura estramonium»*Journ. of Heredity, t. XV.
- Baur (E.)—*Die Wessenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung*. Berlín. 1921.
- Baur (E.)—*Konsequenzen der Vererbungslehre für die Pflanzenzüchtung*, en Handb. der Vererbungswiss., t. II. 1929.
- Bonner (J.)—*Vitamin B1, a growth factor for higher plants*. Science, revista americana, 85, 183-4, 1937.
- Bonner (J.)—*Thiamin (vitamin B1) and the growth of roots: the relation of chemical structure to physiological activity*. Amer. J. Bot., 25, 543-9, 1938.

- Bonner (J.) et Deveirian (P. S.) *Growth factor requirements of four species of related roots*. Amer. J. Bot., 26, 661-5, 1939.
- Belar (K), 1928.—*Die cytologischen Grundlagen der Vererbung*, en el Handb. d. Vererbungswiss., editado por E. Baur y M. Hartmann, t. I, Berlin.
- Bateson (W.) y Punnett (R. C.), 1911.—*On the inter-relations of genetic factors*. Proc. Roy. Soc., B, t. LXXXIV.
- Belling (J.) y Blakeslee (A. F.)—*The distribution of chromosomes in tetraploid «Daturas»*. Amer. Natural., t. LVIII. 1924.
- Carothers (E.E.), 1926.—*The maturation divisions in relation to the segregation of homologous chromosomes*. Quart. Rev. of Biol., t. I.
- Collins (G. N.), 1920.—*Hereditary charactes of maize*. Journ. of Heredity, II
- Caullery.—*Les conceptions modernes de l'Herédité*.
- Cleland (R. E.) y Oehlkers (F.)—*Erblichkeit und Zytologie verschiedener Oenotheren und ihrer Kreuzungen*. Jahrb. wiss. Bot., t. LXXIII. 1930.
- De Vries (H.)—*Species and varieties; their origin by mutation*. Chicago. 1905.
- De Vries (H.) y Boedijn (K.)—*On the distribution of mutant characters among the chromosomes of «Oenothera lamarckiana»*. Genetics, t. VIII. 1923.
- Darlington (C. D.)—*Ring formation in «Oenothera» and other genera*. Journ. of Genetics, t. XX. 1929.
- Darlington (C. D.)—*The cytological theory of inheritance in «Oenothera»*. Journ. of Genetics, t. XXIV. 1931.
- Duhamet (L.)—*Recherches sur l'action de l'hétéro-auxine et de la colchicine sur la croissance de racines isolées de Lupinus albus*. Dipl. d'Et. sup., París 1941.
- Emerson (R. A.) y East (E. M.), 1913.—*The inheritance of quantitative characters in maize*. Res.Bull. 2, Agric. Exp. Stat. Nebraska.
- East (E. M.) y Jones (D. F.)—*Inbreeding and Outbreeding*. Philadelphia. 1919.
- Gregory (R.P.), de Winton (D.) y Bateson (W.), 1923.—*Genetic of Primula Sinensis*. Journ. of Genetics, t. XIII.
- Gotes (R.R.), 1924.—*Poliploidy*. Brit. Journ. Exper. Biology, t. I.
- Gioelli (F.)—*L'azione di filtrati di «Bacterium tumefaciens» su culture in vitro di tessuti vegetali*. Riv. Pat. veg., 30, 1-19, 1940.
- Guyénot.—*L'herédité*.
- Gager (C. S.) y Blakeslee (A. F.)—*Chromosome and gene mutations in «Datur» following exposure to radium rays*. Proc. Nat. Acad. Sciences, t. XIII. 1927.
- Gager (C. S.) y Blakeslee (A. F.), 1927.—*Chromosome and gene mutations in «Datura» following exposure to radium rays*. Proc. Nat. Acad. Sciences, t. XIII.
- Gautheret (R. J.)—*Action de l'acide indol-acétique sur les tissus du tubercule de carotte*. C. R. Soc. Biol. París, 130, 7, 1939.
- Gautheret (R. J.)—*Remarques relatives a l'action de l'acide indol acétique sur les cultures de tissus de carotte*. C.R. Soc. Biol., 131, 78, 1939.
- Gautheret (R. J.)—*Action de l'acide indol-beta-acétique sur le développement de plantules et de fragments de plantules de Phaseolus vulgaris*. C. R. Soc. Biol. París. 126, 312-14. 1937.
- Geiger-Huber (M.) und Burlet (E.)—*Ueber den hormonalen Einfluss der beta-indolylessigsäure auf das Wachstum isolierter Wurzeln in keimfreier Organkultur*. Jb. wiss. Bot., 84, 233-53, 1936.

- Ushino (Y), 1915.—*On the inheritance of the flowering time in peas and rice.*
Journ. Col. Agric., Tohoku Imp. Univ., 6.
- Hayes (H. K.) y Garber (R. J.)—*Breeding Crop Plants.* New York. 1921.
- Jones (D. F.)—*Genetics in plant and animal improvement.* New York. 1925.
- Lindstrom (E. W.), 1923.—*Genetical research with maize.* Genetica, t. V.
— 1925.—*Inheritance in tomatoes.* Genetica t. X.
- Loo (T. L.)—*Studies on the cultura of isolated root tips under sterile conditions.*
II. *Further experiments on the effects of leaf extract on the growth of root tips.* Chin. J. exp. Biol., 1, 189-206, 1936.
- Lehnartz.—*Fisiología Química.*
- Morgan.—*L'herédité mendélienne.*
- Morgan (T. H.), 1932.—*The theory of the gene.* 3.^a impresión. New Haven.
- Morgan (T. H.)—*The scientific basis of evolution.* New York. 1932.
- Muller (H. J.)—*The problem of genic modification.* Zeits. ind. Abstam. u. Vererbungs-
ungsl., Suplemento I. 1928.
- Muller (H. J.)—*The production of mutation by X-rays.* Proc. Nat. Acad. Sciences,
t. XIV. 1928.
- Matssuura (H), 1929.—*Bibliographical monograph en plant genetics (genic analysis).*
1900-1925. Tokyo.
- Miller.—*Plant Physiology.*
- Mitchell y Morth. *Growth Regulators for Garden, Field and Orchard.* The Uni-
versity of Chicago. Press. Chicago.
- Molisch.—*Fisiología vegetal.*
- Nagao (M.)—*Studies on the growth hormones of plants. I. The production
of growth substance in root tips.* Sc. Rep. Tôhoku Univ. (Biol.), 10, 721-
31, 1936.
- Nagao (M.)—*Studies on the growth hormones of plants. III. The occurrence of
growth substance in isolated roots grown under sterilized conditions.*
Sc. Rep. Tôhoku Univ. (Biol.), 12, 191-3, 1937.
- Nagao (M.)—*Studies on the growth hormones of plants. IV. Further experi-
ments on the production of growth substance in root tips.* Sci. Rep. Tô-
hoku Univ. (Biol.), 13, 221-8, 1938.
- Polonovski et Lespagnol.—*Elements de Chimie organique biologique.*
- Patterson (J. T.)—*X-rays and somatic mutations.* Journ. of Heredity, t. XX.
1929.
- Roberts (F.)—*Plant hybridization before Mendel.* Princeton. 1929.
- Renner (O.)—*Artbastarden bei Pflanzen,* en Handb. der Vererbungswiss., t. II.
1929.
- Renner (O.)—*Untersuchungen ueber die faktorielle Konstitution einiger Kom-
plex heterozygotischer Oenotheren.* Bibliogr. Genética, t. IX. 1925.
- Robbins (W. J.) et Bartley (M. A.)—*Vitamin B1 and the growth of excised toma-
to roots.* Science, revista americana 85, 246-7, 1937.
- Robbins (W. J.)—*Thiazole and the growth of excised tomato roots.* Proc. Nat.
Acad. Sci. Wash., 23, 385-8, 1937.
- Robbins (W. J.), Bartley (M. A.) et White (V. B.)—*Growth of fragments of ex-
cised root tips.* Bot. Gaz., 97, 554-79, 1936.
- Robbins (W. J.) et Maneval (W. E.)—*Further experiments on growth of excised
root tips under sterile conditions.* Bot. Gaz., 76, 274-87, 1923.
- Robbins (W. J.) et Schmidt (M. B.)—*Growth of excised roots of the tomato.* Bot.
Gaz., 99, 671-728, 1938.

- Robbins (W. J.)—*Vitamin B6 a growth substance for excised tomato roots.* Nat. Acad. Sci. Wash., 25, 1-3, 1938.
- Robbins (W. J.) et White (V. B.)—*Effect of extracts from the corn plant on growth of excised root tips.* Bot. Gaz., 98, 520-34, 1937.
- Robbins (W. J.)—*Limited growth and abnormalities in excised corn root tips.* Bot. Gaz., 98, 209-42, 196.
- Rostand.—*Los cromosomas.*
- Stubbe (H.)—*Mutaciones producidas por los rayos Roentgen en la boca de dragón («Antirrhinum majus»).* Investig. y Progreso, t. VI. 1933.
- Sturtevant (A. H.)—*Renner's studies on the genetics of «Oenothera».* Quart. Review of Biol., t. I. 1926.
- Sturtevant (A. H.) y Dobzhansky (T.)—*Reciprocal translocations in «Drosophila» and their bearing on «Oenothera» cytology and genetics.* Proc. Nat. Acad. Sciences, t. XVI. 1930.
- Salaman (R. N.), 1925.—*Genetic studies in potatoes.* Journ. of Genetics, t. XV.
- Setchell (W. A.), Goodspeed (T. H.), y Clausen (R. E.), 1922.—*Inheritance in Nicotiana tabacum.* Univ. of California Public. in Botany, t. v.
- Stern (C), 1930.—*Multiple allelie,* en el Handb. d. Vererbungswiss., t. I.
- Shull (A. F.)—*Heredity.* New York. 1926.
- Sharp (L. W.), 1921.—*An introduction to Cytology.* New York.
- Uphof (J. C.), 1924.—*Mendelian factors in radishes.* Genetics, t. IX.
- Willensieck (S. J.), 1925.—*Pisum crosses.* Genetica, t. VII.
- Wilson (E.B.), 1925.—*The cell in development and hereaity.* 3.ª edic. New York.
- Winge (O), 1924.—*Chromosome numbers in plants.* La Cellule, t. XXXV.
- White (Ph. R.)—*Multiplication of the viruses of tobacco and aucuba mosaic in growing excised tomato roots.* Phytopathology, 24, 1003-11, 1934.
- White (Ph. R.)—*Growth promoting factors of yeast. The role of amino-acids in the nutrition of excised root-tips of tomato (Abstract.) Paper presented before.* Amer. Soc. Pl. Physiol. A A. A. S., december 1935.
- White (Ph. R.)—*Separation from yeast of materials essential for growth of excised tomato roots.* Plant. Physiol., 12, 777-91, 1937.
- White (Ph. R.)—*Vitamin B1 in the nutrition of excised tomato roots.* Plant. Physiol., 12, 803-11, 1937.
- White (Ph. R.)—*Vitamine B6, Nicotinic acid, Pyridine, Glycine and Thiamine in the nutrition of excised tomato roots.* Am. J. of Bot., 27, 811-21, 1940.
- Zinzadzé (C.)—*Recherches sur la nutrition artificielle des plantes cultivées. Nouveaux mélanges nutritifs á pH stable.* Thèse Sc., Paris, 1932.

ASPECTOS ECONOMICOS DEL PLAN

ERRATUM

S : Columna izquierda ; D : ídem dererecha ; Il : Ilustración ; C : Cuadro.

<i>Pág.</i>	<i>Línea</i>		<i>Dice</i>	<i>Debe decir</i>
16	2	D	acaso a Femés	a saco a Femés
29	18	S	N. E.	NE.
32 b		C	Guatimeza	Guazimeta
46	4	S	abligará	obligará
53	24	D	absorbentes	adsorbentes
64	23	D	viñedo	vidueño
64	40	S	Inida	India
68	3	D	225 Tms.	25 Tms.
95	32	S	portabilización	potabilización
103	40	D	eceleración	aceleración
110	39	D	caor	calor
117	7	D	Yeiza	Yaiza
122	28	S	CO	CO.
122	28	S	CO.	CO
132	6	S	porseg.º	por seg.º
137	8	D	Darains	Derains
145	27	S	259,5 Kgs.	259,5 Kgrms.
214	24	D	Actuadmente	Actualmente
218	35	D	Bosth	Bosch
222	20	S	puzolanas lento	puzolanas es lento,
222	33	S	fijan	fija
222	39	S	emplea	emplean
222	35	D	llama	llaman

INDICE

Prefacio	3
PRIMERA PARTE.— LANZAVENTURA.	
La Historia	7
La Geografía	17
El Clima	29
La Geología	35
Recursos	51
SEGUNCA PARTE.—CANARIAS COMO CONJUNTO GEOECONOMICO.	
La Agricultura	63
La Industria	75
El Comercio	81
TERCERA PARTE.—EL PLAN.	
Presentación	91
Introducción	98
<i>La Esfinge de Timanfaya</i>	97
Prospección Geofísica	99
<i>El Tesoro de la Reina Teguise</i>	129
La Hulla Roja	131
<i>El Compadre Eolo Echa Una Mano</i>	141
Aerogeneradores	145*
« <i>The biggest mine of the World</i> »	171
Potabilización del Agua del Mar	173
<i>Alquimia</i>	185
Las Grandes Industrias Químicas que emplean como Materia Prima el Agua del Mar	191
<i>Textiles</i>	209
La Industria Textil en Canarias	213
<i>Cemento</i>	219
Fabricación del Cemento	221
<i>Flora, Ceres y Pomona</i>	231
Fitohormonas, Fitoestimulinas y Mendelismo	233
<i>Números</i>	245
Aspectos Económicos del Plan	247
Colofón	255
Bibliografía	256

Los títulos en cursiva corresponden a los artículos periodísticos.