

SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL APROVECHAMIENTO DE LAS ALGAS MARINAS EN ESPAÑA

F. X. NIELL *

INTRODUCCION

Los trabajos publicados sobre las aplicaciones de las algas, y en especial los que pretenden atribuirles un papel panaceico, son innumerables. También es cierto que son abundantes las publicaciones recopiladoras con una misión informativa y las que estudian en concreto la biología de las especies aprovechables, el contenido de productos interesantes, o la extracción, manufacturación y aplicaciones de los mismos.

Las comunidades de algas bentónicas son fuente inagotable de recursos. En algunos países, como en Japón y en el sureste asiático, las algas juegan un papel importante en la alimentación de las poblaciones costeras desde tiempos muy primitivos; allí las algas tienen nombre propio, siendo la capacidad inquisitiva del pueblo la que va conduciendo los trabajos de los científicos por caminos de investigación adecuados para solucionar problemas y para aumentar la rentabilidad en la producción y explotación de los productos derivados de las mismas. A costa de todo esto, la exploración de nuevos campos en la industria, ha traído la consolidación de un mundo laboral directamente vinculado a los macrofitos.

En Europa y América el uso de las algas marinas nace posteriormente.

* Instituto de Investigaciones Pesqueras. Orillamar, 47. Vigo.

En Roma la utilización se concretaba a aplicaciones cosméticas de geles coloreados y pigmentos extraídos de las algas.

En el siglo XVII se reanudan en Francia y en las Islas Británicas las tentativas de explotación de las algas, y en este tiempo se dicta la primera legislación para el aprovechamiento de las algas marinas. En España la utilización de estos recursos es tradicional en el NW de la Península, no así la explotación industrial, que empezó en la posguerra.

Los trabajos científicos se realizan paralelamente al auge de la industria en España. CABRERO GÓMEZ (1951) publicó una completa memoria sobre las posibilidades, más que sobre las realidades, de la explotación de algas marinas en España. Posteriormente, algunos trabajos de florística, realmente insuficientes, y líneas claras de investigación como la de SEOANE-CAMBA (1965, 1966, 1967, 1968) han contribuido a conocer la biología y ecología de las especies explotables. Cabe citar al lado de estas obras fundamentales en biología, obras sobre producción, calidad y tecnología de productos químicos de macrofitos que han solucionado aspectos muy reducidos del problema.

Hoy en día, la prosperidad de esta industria, que produce cinco millones de dólares anuales a nuestra economía, es patente. El agar español es de los más cotizados en el mundo y los carragenatos y alginatos se empiezan a extraer. Por otra parte, el ancestral uso de las feofíceas como piensos y abonos, se ha industrializado y la extracción de productos farmacéuticos, muy específicos, se ha empezado a desarrollar tímidamente.

La explotación no se realiza aún adecuadamente. La recogida de las algas, sin tener en cuenta las posibilidades de repoblación de los campos naturales de *Gelidium* y la invasión por otras especies no aprovechadas, aunque sí aprovechables, empieza a ser un hecho. El desprecio de enormes cantidades de algas, que son arrojadas por el mar en los temporales, válidas para la extracción de compuestos, dado que los recolectores no quieren recogerlas a causa de lo mal retribuidos que están por los industriales, hace que gran cantidad de materia prima, que podría provenir de estos arribazones, se haya de recoger en los campos de fondo que ya están sobreexplotados.

Por otra parte, la falta de trabajos formales sobre la biología de la especie en cada concesión, la falta de estudios estacionales para saber la producción de productos de interés, la utilización de métodos inadecuados para la recolección, el escaso desarrollo de una investigación tecnológica para mejorarlos y la poca diversidad de calidades de nuestros productos, ponen a nuestra industria algológica en un trance comprometido de cara al futuro.

Absurdo sería lanzar esta crítica sin esbozar paralelamente un plan para solucionar los problemas planteados. El profesor SEOANE-CAMBA (1967) marca claramente las acciones que hay que llevar a cabo para asegurar la continuidad de recursos a utilizar. A los seis puntos, que vienen a ser los expuestos en párrafos anteriores, añadiríamos que los estudios han de diri-

girse también: 1) a la utilización de especies no empleadas hasta ahora; 2) al aprovechamiento de zonas marinas para la producción de algas en cultivo; 3) a la repoblación de superficies adyacentes a los campos que hoy en día existen, y 4) a una transformación fundamental del «modus operandi» de nuestra industria, en sí, y en la proyección que puede tener en la vida de los recolectores. Este estudio no nos compete a nosotros, pero son necesarios los economistas capaces de estudiar la estructura de la sociedad que depende de esta agricultura y la comercialización de nuevos productos, pensando en una mayor gama de utilidades y en una mayor capacidad de producción, que no afecte, como ahora, ni a la industria, ni a la mano de obra, recolectora y transformadora.

LAS ALGAS MARINAS UTILIZABLES

El explotar «in extenso» la riqueza algológica de un país, comporta, además de utilizar los medios adecuados de extracción y elaboración de productos, tener un campo comercial donde dar salida a estos productos y un consumo también extensivo que permita explorar la variedad de posibilidades de utilización de los mismos. Es corriente en algunas zonas de nuestras costas la utilización de algas con fines de baja rentabilidad (abonado o pienso), pero, en general, la utilización de algas en España es bajísima; para la alimentación no fueron, ni son utilizadas en general (cierto es, y nos consta, que hay excepciones).

En este capítulo observamos la utilización de las principales algas de otros mares y de los nuestros, algunas de las cuales pueden ser aprovechadas en España.

CLOROFICEAS

ACETABULARIA.—La especie *A. major* se utiliza en el S. E. asiático como medicina para curar cálculos biliares y renales. En el Mediterráneo prolifera con cierta profusión *A. mediterránea*, en bajos fondos y estaciones resguardadas, en el verano, en toda su actividad biológica.

CAULERPA.—Algunas especies de *Caulerpa* se utilizan en el S. E. de Asia como alimento y *C. clavifera* específicamente como sazónador en Filipinas.

Las especies de *Caulerpa* son abundantes en algunos de los fondos del Mediterráneo occidental y en algunas zonas se utilizan como abono.

CHAETOMORPHA.—Muchas especies de este género se comen en Oriente en ensalada o bien como verdura, hervidas tras un lavado con agua fría.

CLADOPHORA.—Las especies del género, abundantes y bien representadas en España, poseen un alto contenido en aminoácidos.

CODIUM.—Se consume como alimentos en Oriente. En España está representado en especies que crecen en el Mediterráneo y en el Atlántico.

ENTEROMORPHA.—Realmente, uno de los géneros más aprovechados para la alimentación, en ensaladas o pasta seca, en los países del Este asiático.

Los estudios llevados a cabo sobre este género son numerosos y está bien conocida la composición en principios inmediatos y en vitaminas, C sobre todo, así como las propiedades antimicrobianas de ciertas especies del género.

Se utiliza para la alimentación del ganado y como abono. En Japón se cultiva en grandes plantaciones en lugares estuáricos. En España se utiliza inconscientemente *Enteromorpha*, que llega en los arribazones para abonado de cultivos de temporada y prados.

Algunas especies de *Enteromorpha* causan, en zonas poco profundas y en épocas calurosas, problemas de sobresaturación de oxígeno del agua que se desprende en forma gaseosa y que posiblemente no se recupera durante la noche, produciendo una anaerobización de los fondos que perjudica a los moluscos lamelibranquios que allí crecen.

MONOSTROMA.—Las especies de este género, de forma laminar, se distribuyen con profusión por los mares del mundo, se utilizan en la alimentación y se cultivan en el Japón sobre redes sitas en ensenadas alternando con *Porphyra*; o porque ésta no crece bien o simplemente para alternar el cultivo.

En 1958 se produjeron en Japón 1.400 toneladas de *Monostroma* seco, últimamente la producción ha aumentado mucho. La composición del «anori», así le llaman en Japón, es: un 16 por 100 de proteínas, un 0,2 por 100 de grasas, un 66,6 por 100 de azúcares y un 12,1 por 100 de cenizas (tantos por ciento sobre materia seca). En el Atlántico se encuentra *Monostroma*, aunque, naturalmente, el intentar montar una explotación de algas para la alimentación requiere una mentalización del consumidor.

ULVA.—Género cosmopolita ampliamente representado en todos nuestros mares, crece en aguas ricas en elementos nutritivos, e incluso con cierta concentración de materia orgánica, alcanzando gran tamaño. No sólo se consume en países orientales; en Escocia y en los Estados Unidos, así como en Perú, donde recibe el nombre de «lechuga de samba», y en Chile se toma en ensalada. Se aplica frecuentemente como abono. Su uso como antihelmíntico es ancestral. También se emplea en medicina popular para bajar la temperatura. La especie principal, *U. lactuca*, crece bajo diferentes formas, todas ellas presentes en nuestras costas, algunas de las cuales han resultado ser especies distintas de *U. lactuca*. FØYN (1955).

FEOFICEAS

ASCOPHYLLUN.—*Ascophyllun nodosum* es una especie de distribución Noratlántica, cuya frontera meridional está en Viana do Castelo (Portugal), CRISP y FISCHER PIETE (1959). Según los mismos autores, y FELDMANN y LAMI (1941), esta especie no se encuentra en zonas batidas de nuestra costa, ni en lugares muy polucionados de la misma.

Sobre esta especie se han estudiado gran cantidad de aspectos de su biología y composición química (BAARDSETH, 1970).

La composición química de esta especie es la indicada en la tabla I según JENSEN, NEBB y SAETER (1968).

TABLA I
COMPOSICION DE HARINA DE ASCOPHYLLUM EN NORUEGA, SEGUN JENSEN Y OTROS (1968)

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Humedad	12-15 %	Fibra cruda	8 %
Cenizas.. ..	17-20 %	Proteína cruda	5-10 %
Acido algínico	20-26 %	Extracto de éter	2-4 %
Manitol	5-8 %	Fucoxidana	10 %
Laminarina	2-5 %	Extr. libres de N	45-60 %
S	2,5-3,5 %	Acido ascórbico... ..	500-2.000 mg/kg.
K	2-3 %	Caroteno	30-60 mg/kg.
Cl	3,1-4,4 %	Biotina	0,1-0,4 mg/kg.
Na	3-4 %	Acido fólico	0,1-0,5 mg/kg.
Mg	0,5-0,9 %	Acido folínico	0,1-0,5 mg/kg.
Ca	1-3 %	Niacina	10-30 mg/kg.
P	0,1-0,15 %	Riboflavina	5-10 mg/kg.
B	40-100 mg/kg.	Tocoferoles	150-300 mg/kg.
Co	1-10 mg/kg.	Vitamina B ₁₂	0,004 mg/kg.
Fe	150-1.000 mg/kg.	Vitamina K	10 mg/kg.
Mn	10-50 mg/kg.	V	1,5-3 mg/kg.
I	700-1.200 mg/kg.	Ni	2-5 mg/kg.
Zn	50-200 mg/kg.	Ba	15-50 mg/kg.
Mo	0,3-1 mg/kg.		

Su utilización es diversa: como pienso para el ganado ha sido utilizada en las poblaciones del Norte de Europa e incluso en Islandia como alimento para el hombre mezclado con el pan por su alto contenido vitamínico y riqueza en elementos minerales, hemos de insistir en la posibilidad de utilizarlo como complemento en la alimentación. Presenta además una aplicación buena como abono, una vez corregida su deficiencia en Ca, P, Mg y Cu.

Como fuente de alginatos se utiliza mezclado en la fabricación de los extraídos de *Laminaria*, normalmente de mejor calidad. Es una indudable fuente de recursos, no explotada en España más que como abono en bruto por algunas poblaciones costeras.

En España, estudios sobre recuperación de campos explotados los ha

realizado SEOANE-CAMBA (1966 y 1968), sin embargo, estos trabajos han de complementarse con estudios sobre la reproducción, crecimiento, edad y producción.

BIFURCARIA.—Es posible el aprovechamiento de *B. tuberculata* como fuente de ácido alginico; estudios sobre cualidades del alginato de esta especie los llevó a cabo en España SÁIZ (1966).

COLPOMENIA.—Tanto *Colpomenia sinuosa* como *C. peregrina* están presentes en las costas españolas. *C. sinuosa* contiene un 16 a 17 por 100 de alginico, las masas flotantes de verano en el Atlántico y Mediterráneo podrían, sin duda, ser aprovechadas como materia prima, no así el material fijado que normalmente está muy disperso.

C. peregrina es una especie digna de mención por sus características biogeográficas espectaculares, en poco tiempo ha llegado hasta el Mediterráneo español, donde la hemos observado y se ha extendido notablemente en el Atlántico (MÉNDEZ, 1957). Dudamos sobre su calidad como materia prima para la extracción de alginatos, sin embargo, presenta una vertiente interesante el estudio de esta especie como contaminante en los bancos de ostra en el Atlántico, sugerida por este mismo autor.

CYSTOSEIRA.—Numerosas son las especies de *Cystoseira* en nuestras costas y diverso el papel ecológico que realizan. Actualmente, en los campos de *Gelidium* del Cantábrico, parece ser que le sustituye en superficies libres después de la recogida de aquel para la industrialización del agar.

El «rabo de raposo», nombre con el que se conoce a estas *Cystoseiras*, que no forman una entidad específica única, puede representar una fuente de alginatos de más o menos calidad, pero su explotación, o como mínimo su arranque, pueden ser necesarias tras los estudios oportunos en los campos de agarófitos.

Algunas especies del género, como *C. abrotanifolia* del Mediterráneo y *C. barbata* del Atlántico y Mar Negro, se utilizan como materia prima para la extracción de alginatos, SMITH y MONTGOMERY (1959). La diversificación específica, que puede ser reciente, hace pensar que un estudio específico del contenido y calidad de sus alginatos, podría dar realmente resultados alentadores.

DESMARESTIA.—*D. aculeata* es la especie que se encuentra en el Atlántico; su abundancia y frecuencia están por determinar en nuestras costas. El pH intracelular de esta especie es muy bajo, posiblemente debido a la gran cantidad de ácidos libres que contiene: sulfúrico, cítrico, málicos y otros. Contiene laminarina y manitol.

DICTYOPTERIS.—La especie *D. membranacea* se utiliza en medicina popular y como alimento en algunos países del Mediterráneo. Contiene ácido alginico, manurónico y gularónico. Se encuentra en el Mediterráneo y en el Atlántico.

FUCUS.—Las especies de *Fucus* que se encuentran en nuestras costas (*F. vesiculosus*, *F. spiralis*, *F. serratus* y *F. ceranoides*) se emplean como abono y pienso en fresco, sin faltar localidades en las que se utilizan para la alimentación; la industrialización se ha llevado a cabo para la corrección de piensos y para la extracción de productos farmacéuticos.

Fucus vesiculosus contiene 18 a 20 por 100 (HOFFMAN, 1938) de ácido algínico y cantidades menores y variables de fucoidana y fucosterol; 9 por 100 de manitol y 2,6 por 100 de laminarina.

Se ha utilizado, por su elevado contenido en iodo, en la terapéutica del síndrome de Basedow, posee también propiedades antimicrobianas. Otras especies como *F. serratus* y *F. ceranoides* tienen contenidos parecidos de ácido algínico y laminarina.

HALIDRYS.—La especie de *H. siliquosa* es abundante en los arribazones de algas en las costas del Atlántico. Contiene alginico y posee propiedades antibióticas, no se ha utilizado industrialmente. Realmente falta por conocer la existencia de campos explotables que se refugian, posiblemente, en aguas frías a cierta profundidad, mayor que en la que en los mares fríos están las poblaciones de la especie.

HIMANTHALIA.—*H. elongata* se utilizó para la extracción del iodo en la popular «Kelp industry».

El contenido de ácido alginico es de 35 a 38 por 100, sin embargo, según CABRERO-GÓMEZ (1951), el contenido de los ejemplares españoles es algo más alto de lo normal, este mismo autor afirma que *Himanthalia* es escasa en nuestras costas, no deja de plantearse la relatividad de esta afirmación, actualmente se utiliza en nuestras costas como abono en fresco. Posiblemente podría facilitarse una utilización más extensa.

LAMINARIA.—Las especies de *Laminaria* en España son tres: *L. hyperborea*, *L. ochroleuca* y *L. saccharina*, no existiendo *L. digitata*, según SEOANE-CAMBA (1966), aunque algunos autores (PRIMIO, 1955) la den como recolectada en Vigo; indudablemente se ha de tratar de una confusión con *L. hyperborea*; nosotros, en tres años, no le hemos recogido en las costas gallegas, ni fija, ni proveniente de arribazón.

Las laminarias son fuente principal de extracción de ácido alginico y de alginatos. La industrialización de laminarias en España es escasa y la gran cantidad de ellas que existe en nuestras costas, sobre todo en el NW de nuestra península, hace pensar en una capacidad mayor de transformación que la actual.

Los estudios sobre *Laminaria* llevados a cabo han sido muy numerosos y, sobre todo, se ha desarrollado una literatura tecnológica completísima, que atiende a todos los problemas de producción y calidad del ácido alginico. Creemos, no obstante, que hace falta centrar el problema en las *Laminarias* de nuestras costas que, de un modo específico, han sido ya estudia-

das desde el punto de vista biológico por SEOANE-CAMBA (1966) y por PRIMIO (1955), VILLEGAS, J. (1963 y 1966), GARCÍA PINEDA, M. D. (1951), DEL VAL y MONTEQUI (1951) y LÓPEZ GÓMEZ, M. (1933), en lo que a aspectos químicos del ácido algínico concierne.

La oscilación en el contenido de los productos viene determinada por la época del año y por la profundidad a que crecen las laminarias. Factores como la luz que determinan la capacidad asimiladora en la planta influyen en la producción de estos productos.

El contenido en productos aprovechables de nuestras Laminarias, comparado al de *L. digitata* (tabla II) no es muy diferente, en *Laminaria hyperborea*, además, se ha aislado fucoidana, laminitol y se han analizado contenidos

TABLA II
COMPARACION ENTRE LA COMPOSICION DE LAS ESPECIES DE LAMINARIA (%)

	L. hiperborea	L. saccharina	L. digitata
Laminarina	0-18	2,1-24	2-21
Proteína	12-19	5-14	5-12
Manitol	5-18	9-23	5-21
Algínico	14-24	13-21	19-25

de diversos elementos. Otros productos hallados en *L. digitata* es probable se encuentren en otras especies, éstas se han utilizado como alimento de ganado en el norte de Europa. Sus estipes han sido utilizados en ginecología y cirugía, pues al recuperar agua aumentan hasta seis veces su diámetro, para agrandar orificios y dilatar esfínteres.

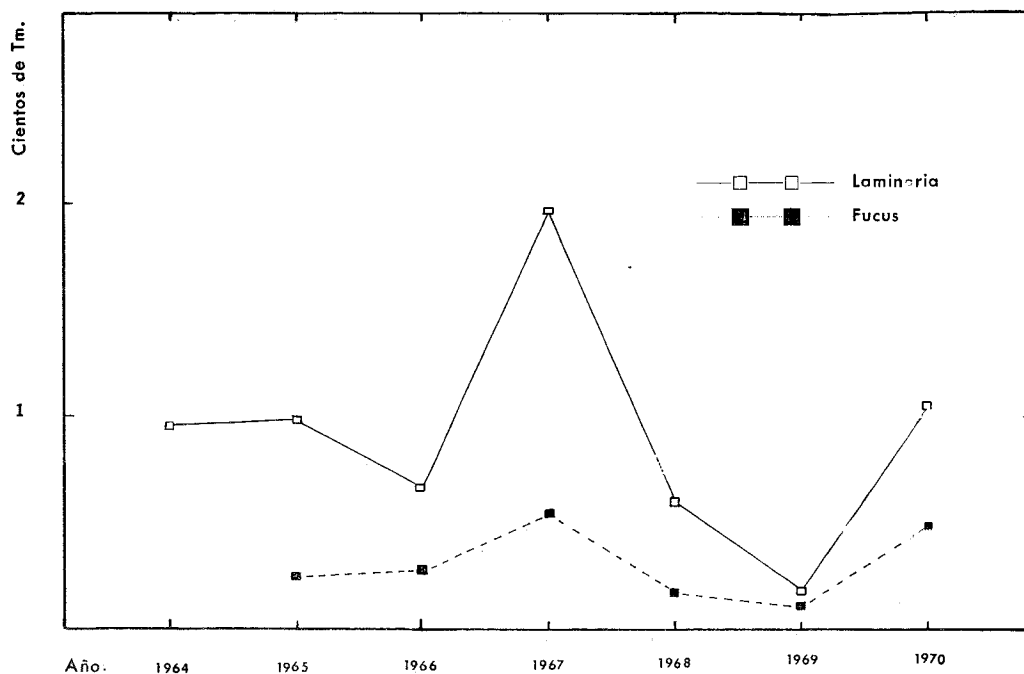
Las cantidades de Laminaria extraídas en los últimos años en España han sido 197.500 kilogramos en 1967, 60.265 kilogramos en 1968, 19.000 kilogramos en 1969 y 105.800 kilogramos en 1971. Estas cifras expresan por sí mismas el estado de la explotación de Laminaria en España (gráfica I).

PELVETIA.—*P. canaliculata* crece en el horizonte superior del sistema intermareal. El contenido en fucoidana del alga es de un 20 por 100 y el de fucosa de un 13 por 100. Contiene también ácido algínico y laminarina.

SACCORHIZA.—Este género está representado en nuestras costas por una sola especie, *S. polyschides*, que se ha encontrado en el Cantábrico, Costas Gallegas y Gibraltar.

Es importante para la industria del iodo y potasio y para la del ácido algínico, que es de inferior calidad en esta especie que el de Laminaria. En España ARÉVALO (1955) realizó estudios sobre el empleo de Saccorhiza como abono. SEOANE-CAMBA (1966) estudió su distribución y aspectos generales de su biología en España, y NORTON, T. A. (1970), ha recopilado los estudios que se han hecho sobre esta especie.

MACHADO y otros (1966) estudiaron la composición de *S. polyschides* de Portugal, contiene de un 19 a un 24 por 100 de ácido algínico, un 2 por 100 de laminarina y cantidades de manitol que oscilan entre el 7 y el 12 por 100.



GRÁFICA I.—Cantidades de *Laminaria* (línea continua) y *Fucus* (línea de puntos) recogidas en las costas españolas (Estadística general de pesca, 1971).

RODOFICEAS

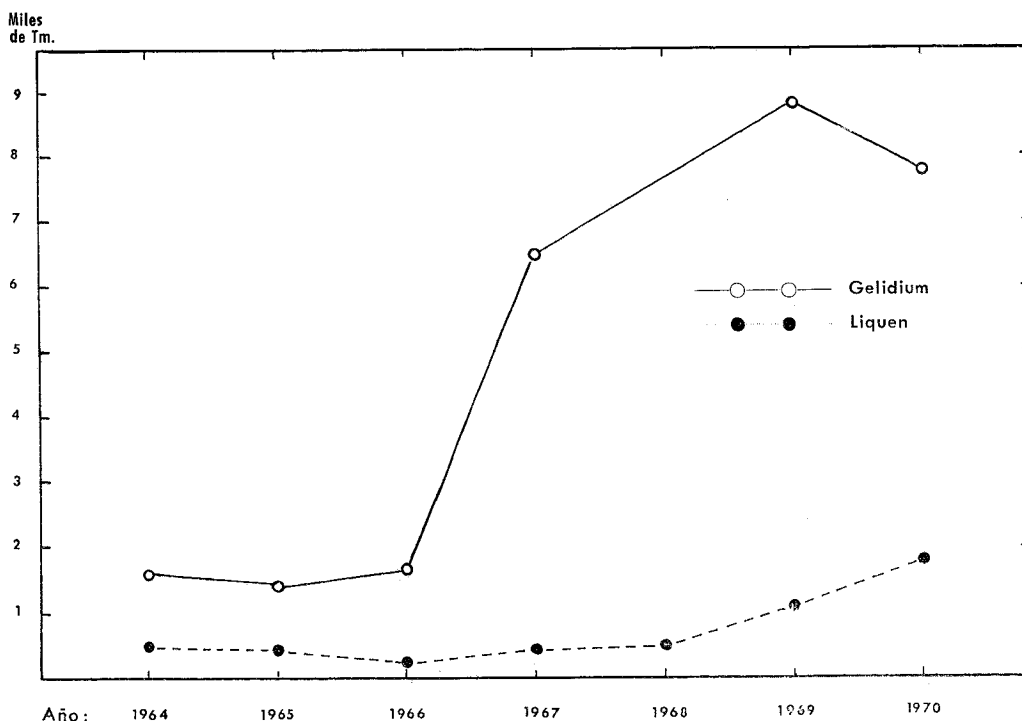
CERAMIUM.—Varias especies de *Ceramium* abundan en nuestras costas. En Japón se utiliza mezclado con otras plantas para la extracción de agaroides; sus pigmentos, de color rojo-pardo, se emplean en industrias textiles y en cosmética.

CHONDRIA.—Algunas especies, *Ch. armata* tienen propiedades vermifugas a causa del ácido domoico; contienen citrulina y ácido aspártico en cantidad, así como chondrina un aminoácido específico hallado en *Ch. crassicaulis* (KURIYAMA y LEVRING, 1969).

CHONDRUS.—El «musgo de Irlanda», «carragen», «carrapicho», «alga perlada» o «liquen» está formado por *Gigartina stellata* y por *Chondrus crispus*. Ambas algas se encuentran en el NW de la península y la explotación industrial que de ellas se realiza está todavía en sus inicios. Se recogen, a mano,

normalmente, en temporadas estivales y por personal femenino, que no desarrolla tareas de pesca ni de marisqueo en aquella época.

El suministro a las industrias es inferior al que posibilita la existencia normal de *Chondrus* en la costa, dado que la mano de obra está mal pagada y pierde interés por realizar un trabajo poco o nada rentable. El ficocoloide que se extrae de estas especies recibe el nombre de carragen. En las áreas de distribución normal, en el Norte de Europa, se utiliza para la alimentación de ganado y en medicina, para prevenir diarreas y para otros usos. En cosmética se utiliza también desde tiempo inmemorial. Además, tam-



GRÁFICA II.—Cantidades de Gelidium (línea continua) y Liquen (línea de trazos) recolectadas en las costas españolas (Estadística general de pesca, 1971).

bién se utiliza como clarificante y gelificante en industria alimenticia y en la de curtidos.

El volumen de recolección, en conjunto, de liquen en España se indica en la gráfica II.

CORALLINA.—Varias especies abundantes se utilizaban, como vermifugo, por la medicina popular.

DILSEA.—*Dilsea edulis* es un plato típico de algunas regiones costeras de

Irlanda y Norteamérica, donde se consume en ensaladas y se utiliza en la fabricación de jaleas.

GELIDIUM.—En nuestras costas se encuentran varias especies en la zona intermareal y sublitoral de porte herbáceo o cespitoso.

El *Gelidium* utilizado fundamentalmente para la elaboración del agar es *Gelidium sesquipedale* y ha sido estudiado por SEOANE-CAMBA en diversos aspectos biológicos (1964, 1965a y b, 1966, 1968 y 1969), RAMOS y CENDRERO (1965) y CENDRERO y RAMOS (1967), así como las propiedades y características químicas del agar extraído de él por ARAVIO-TORRE y VILLEGAS (1959) y ESTABLIER (1964).

El máximo contenido de agar encontrado en *G. sesquipedale* ha sido del 70 por 100 según ARAKI (1959), pero las oscilaciones estacionales son grandes y puede descender hasta el 12 por 100.

Otras especies de *Gelidium* de tipo cespitoso como *G. spinulosum*, *G. pusillum* y *G. attenuatum* pueden ser aprovechados para la extracción de agar por poseer un tanto por ciento de agar semejante a *G. sesquipedale* y tener aquellas propiedades parecidas (tabla III), según ESTABLIER (1964).

Los datos de esta tabla demuestran que el agar de todas las especies sobrepasa la dureza límite de 300 gramos/centímetro cuadrado para considerarlo de primera clase, según TRESSLER y LEMON (1951). Sin embargo, sea por la menor abundancia de las otras especies o porque son menos patentes que *G. sesquipedale* y se encuentran en el sistema litoral y no en los campos de profundidad explotados por buceadores, únicamente se utiliza *Gelidium sesquipedale* en la elaboración de agar especial.

La extracción de *Gelidium* en 1970 fue de 8.848.420 kilogramos; los distritos marítimos de San Vicente de la Barquera (2.003.340 kilogramos), Llanes (1.084.950 kilogramos) y Santoña (1.256.888 kilogramos) fueron los más productivos.

El tonelaje recogido en Galicia es muy inferior, en parte por las dificultades que dan los temporales en el trabajo de recogida y, en parte, sin duda alguna, por problemas de remuneración análoga a las que se planteaban en la recogida de líquen. Debe añadirse que las costas del Sahara merecen una investigación a fondo sobre las posibilidades de aprovechamiento del *Gelidium* de aquel litoral.

La explotación es en estos momentos masiva, y existe el peligro de una esquilma de *G. sesquipedale*, en los grandes campos sumergidos *G. sesquipedale* desprende parte de su biomasa anualmente, SEOANE-CAMBA (1969), ésta se pierde o va a parar a la costa en forma de arribazones; por lo demás no se conoce excesivamente la biología de *Gelidium*. Creemos que para evitar la esquilma se puede apuntar una solución que se apoya en dos pilares: 1) Continuar el estudio biológico local de los *Gelidium* en las regiones gallega y cántabra, centrándose en los aspectos apuntados, y 2) Aprovechando

más el *Gelidium* de arribazón y el de los estratos bajos del espacio intermareal, sugiriendo un aumento en el precio de compra a los recolectores.

GIGARTINA.—*G. pistillata* posee un carragenato de calidad inferior; el alga se utiliza como alimento y como materia prima para la extracción de falso agar en algunos países.

G. stellata: No se distingue normalmente, por los recolectores, de *Ch. crispus* con la que se utiliza para obtener carragenina.

G. acicularis: Contiene un carragenato de peor calidad y distinto del usual, en algunas áreas, sin embargo, se industrializa. Es muy abundante en nuestras costas en las rocas del litoral, podría realizarse una investigación previa para ver su verdadero valor como materia prima en la obtención de carragenatos. Parecida a ella es *G. falcata*.

G. teedii: Se usa como alimento en Japón y se encuentra en nuestras costas.

GRACILARIA.—Aunque *Gracilaria* es un género con gran cantidad de especies, diversas incluso en su morfología, cabe aclarar que no creemos que las especies que hay en nuestras costas sean suficientes para mantener una industria en condiciones. La especie más importante, *G. confervoides*, abunda especialmente en fondos poco profundos, arenosos, junto con *Zostera* en el Atlántico. Puede sustituir al agar o a un agaroides, depende de la época en que se recoja. En Asia se utiliza para la alimentación y como fertilizante. De *Gracilaria* se extrae una goma, a cuya industrialización se dedican algunos países.

GRATELOUPIA.—*G. filicina* se usa para la alimentación en el S. E. Asiático. Puede pensarse en su utilización como fuente de carragenatos, está, sin embargo, muy dispersa.

GYMNOGONGRUS.—Las especies de este género, parecidas a las del género Gigartina, pueden usarse como materia prima para la extracción de carragenatos.

HYPNEA.—Presente en nuestras costas, aunque en poca cantidad, es fuente de ficocoloides parecidos al agar. Da lugar a un agaroides, la hypneana.

LAURENCIA.—*L. pinnatifida*, especie realmente muy abundante, sobre todo en el Atlántico durante los meses invernales, y a principio de la primavera, se utiliza como comestible en algunas latitudes. En Escocia e Irlanda se obtiene de ella una especia, «pepper dulce», de sabor picante. En Islandia se utiliza para estimular la producción de saliva por su sabor acre y picante, parecido al tabaco.

LITHOTHAMION.—Las especies *L. coralloides* y *L. calcareum* componen el «maërl» o «tangué», se encuentran formando fondos en el Atlántico y el

Mediterráneo. LÓPEZ-BENITO (1963) realizó un estudio químico sobre este género en la Ría de Vigo, apuntándolo como un excelente corrector de la deficiencia de calcio en los suelos ácidos, como los de Galicia, añadiendo a esta propiedad un considerable contenido en nitrógeno, potasio y fósforo, que lo caracterizan como un buen abono, sobre todo en agosto y septiembre, meses en que se halla enriquecido en nitrógeno. No obstante, nuestra opinión es que la recogida de esta alga es siempre un trabajo engorroso y que exige dedicación, por lo que no creemos que pueda ser industrializable, ni sustituir con ventajas a los abonos artificiales preparados al efecto. SEOANE-CAMBA, J. y CAMP, J. (1968), realizaron una explotación en la Ría de Vigo altamente indicadora de las necesidades ecológicas de esta alga.

PORPHYRA.—Es el género de algas más utilizada como alimento en el Japón. En nuestras costas aparecen en invierno y se puede encontrar en rocas batidas y resguardadas hasta finales de verano. El ciclo biológico de esta alga, bien conocido, ha facilitado enormemente el cultivo artificial de la misma, que antiguamente se realizaba sobre caña de bambú y sobre redes. Los trabajos que se han hecho sobre esta especie son muchos y cubren innumerables aspectos de su biología: Contenido en nitrógeno, aminoácidos, vitaminas, capacidad de intercambio iónico y aspectos variados de la fisiología en los distintos estados de su ciclo. Las especies más conocidas son *P. tenera*, que no existe en nuestras costas, y *P. umbilicalis*, que comen las poblaciones costeras de las Islas Británicas.

Las posibilidades de cultivo de esta alga, sola o alternando con *Monostroma*, *Ulva* o *Enteromorpha*, son muy grandes en fondos someros y ensenadas.

PTEROCLADIA.—Morfológicamente es parecida a algunos *Gelidium*. Se encuentra en nuestras costas en la zona intermareal y se ha extraído de ella un gel parecido al agar; en Egipto y, sobre todo, en Nueva Zelanda se la utiliza normalmente como materia prima para la extracción de un agar y en Japón se la mezcla con otros geles para obtener mayor gama de calidades.

RISSELLA.—*R. verruculosa* es una especie endémica de la región mediterránea occidental, que se aprovecha en Francia para la extracción de carragenatos, ocupa un nivel característico algo por encima del constante de las aguas, forma horizontes continuos, pasa el invierno en fase incrustante en las rocas no calcáreas en que vive.

PLANTAS SUPERIORES

Algunas monocotiledóneas se han adaptado a la vida acuática y forman fondos de extensión considerable. En los países atlánticos del Norte se utilizan, hoy con menos profusión, como fibras para relleno de colchones y

sillones. *Zostera* se utiliza en Gran Bretaña, Francia y Holanda. Las fibras de *Posidonia australis*, que se utilizan en Oceanía, son más largas que las de *P. oceánica*, que es muy abundante en el Mediterráneo.

Otras especies de algas que se utilizan como materia prima para la industria; pero por no encontrarse en España, o por no conocerse su presencia en nuestras costas, no las hemos considerado. Todas las especies que hemos analizado, brevemente, podrían convertirse en tema de investigación profunda, dirigida a evaluar su capacidad para mantener de un modo rentable un tipo de aplicación concreto.

LOS PRODUCTOS EXTRAIDOS DE LAS ALGAS MARINAS. CARACTERISTICAS Y APLICACIONES

AGAR

Este producto se industrializa en muchos países, extrayéndose de géneros distintos de algas: *Acanthopeltis* (S. E. Asiático), *Ahnfeltia* (Rusia, Corea, Japón), *Ceramium* (Japón), *Gelidium* (casi todos los países), *Gracilaria* (Sudáfrica, Indico, S. E. Asiático, América), *Pterocladia* (Oceanía y Egipto) y otros de menor importancia.

Solamente pueden recibir el nombre de *agar* los *ficocoloides* insolubles en agua fría y solubles en agua caliente, cuya solución al 1,5 por 100 se solidifica de 32 a 39 grados centígrados, y forma un gel elástico que no se funde hasta 85 grados centígrados. Los ficocoloides parecidos, pero no idénticos al agar, reciben el nombre de *agaroides* y las plantas que los producen *agaroidofitos*.

La industria del agar ha tomado un gran auge en los últimos tiempos. España es el primer país productor de agar en Europa.

El agar de algunas especies de *Eucheuma* y *Hypnea* debe considerarse como distinto del de *Gelidium* o del de *Gracilaria*. La estructura molecular del agar (fig. 1a) es la de un polímero de 9-β-D galactopyranosa enlazada a un anillo de L-galactosa sulfatada. Según ARAKI (1959), el polímero está compuesto por unidades de un dímero que denomina *agarobiosa*, cuya estructura y enlaces con los otros anillos que componen el polímero se señala en la figura 1b, este mismo autor distingue dos fracciones en la molécula, extrayendo con cloroformo; la fracción soluble recibe el nombre de acetato de agarosa y la insoluble acetato de agarpectina, esta última fracción está más enriquecida en sulfatos, 3,2 por 100, que el acetato de agarosa, 0,8 por 100.

Las investigaciones estructurales sobre el agar fueron realizadas fundamentalmente sobre *G. amansii*, que se explota en el Japón.

El contenido en azufre de agares de distinta procedencia es, según SEL-

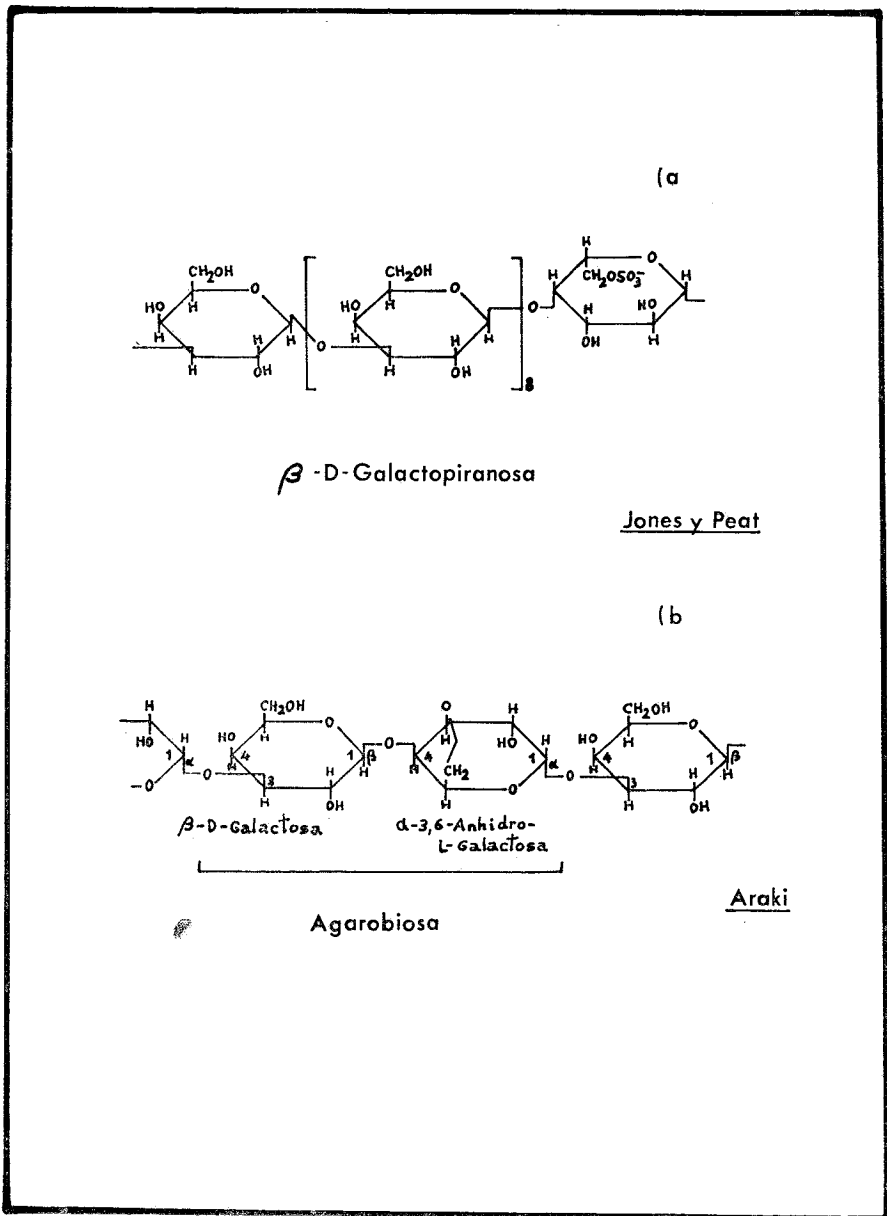


FIG. 1.—Fórmula de las unidades que forman el polímero en el agar.

BY (1954), el siguiente: España, 0,78 por 100; Marruecos, 1,0 por 100; Japón, 0,57 por 100, y Corea, 1,14 por 100.

La rigidez del agar es la característica que experimenta un mayor aumento con menos tanto por ciento de sulfato.

El agar está libre de productos nitrogenados; en algunos casos, sin embargo, un 7 a 10 por 100 se han dado por algunos autores CABRERO GÓMEZ (1951). Este nitrógeno podría salir de la realización de los análisis de un modo inadecuado.

ELABORACIÓN

Diversos son los métodos que se utilizan para la extracción del agar: el método clásico japonés consiste en extraer el agar por ebullición y en medio ácido. Este método fue, con modificaciones, aplicado por ESTABLIER (1964). En los procesos de obtención modernos se fuerzan reacciones de decoloración y desodorización posteriores a la extracción.

Los agares sufren un control de calidad basado en pruebas analíticas de dureza, gelificación y fusión.

UTILIZACIÓN

Del agar fundamentalmente se usa el gel que produce, de dureza tal que puede cortarse con un cuchillo.

En la industria de la alimentación

Como gelificante y espesante.

En alimentación para obtener cremas, gelatinas, pasteles, helados, para preparar quesos y como estabilizante de mayonesas y salsas emulsionadas por el estilo. Como protector en la industria de carne y pescado, para embalar los productos en el transporte asegurando su conservación. En licorería como clarificante; igualmente se usa en la fabricación de vinos y cervezas.

En farmacia

Como vehículo de medicinas en general. Contra los constipados crónicos y para cultivo de microorganismos.

En cosmética

Como estabilizante de emulsiones y como constituyente de cremas de piel, unturas y lociones.

En fotografía

Como gelatina.

En industria textil

Para aprestos.

En odontología, criminología, en preparaciones de museo y como moldeador en general por su plasticidad en semilíquido y su solidez a temperatura ambiente.

En usos diversos de laboratorio.

Industria española del agar

En la actualidad las industrias que se dedican a la extracción de agar utilizan únicamente *Gelidium sesquipedale* como materia prima, realizan la recogida primordialmente en Santander y Asturias, la producción actual de agar (1970)* es de más de 1.500 toneladas, de las que se exportaron 1.384 toneladas y, además, se importaron 124 toneladas de agar.

ACIDO ALGINICO Y ALGINATOS

El ácido alginico es un constituyente típico de las membranas de los feófitos. Es preciso advertir que no sólo la existencia de ácido alginico en cantidad en una especie es necesaria para llevar a cabo una explotación, sobre todo hace falta esperar de las propiedades del mismo una adecuación a las exigencias estandarizadas por el mercado.

El ácido alginico se obtiene fundamentalmente de *Macrocystis pyrifera*, un alga de distribución austral que penetra en el hemisferio norte por el Pacífico (costas de California). En Europa se usan *L. hyperborea*, *L. digitata* y *L. saccharina*, y en América además de *M. pyrifera*, *Ecklonia maxima* y *Neoreocystis lutkeana*. Es digna de tener en cuenta *Ascophyllum nodosum* entre otros géneros de interés que existen en nuestras costas, *Fucus* y *Cystoseira* podrían también utilizarse.

La máxima producción de ácido alginico corresponde a los Estados Unidos, con un 50 por 100 de la producción mundial. En Europa, Francia y Gran Bretaña son grandes productores; asimismo, Noruega y Holanda sostienen una producción aceptable. En Irlanda, España y Rusia la cantidad de materia prima es grande, pero no se realiza un aprovechamiento industrial competitivo. En España se manufacturaron sólo 80 toneladas de alginatos, el número de fábricas es realmente reducido.

El ácido *alginico* es un mucílago que constituye la membrana de las algas pardas; el término *alginato* se usa para designar a las sales del ácido alginico. Y el término *algina* (del inglés algin) se usa tanto para designar el ácido como a sus sales, este último término ha de desecharse para evitar confusionismos, aunque en el caso de ser usado sólo debe utilizarse para la sal sódica del ácido alginico.

* Datos de la Comisión Asesora y de Estudios Técnicos de la Industria Química Española. Madrid, 1970.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS (fig. 2)

Los errores que al principio se cometieron al atribuirle al algínico la característica de producto nitrogenado, como un polímero de ácido glucurónico, fueron enmendados posteriormente al identificar al ácido D-manurónico como componente principal a partir de alginatos obtenidos de *Macrocystis pyrifera*, según HIRST y JONES (1939). El ácido β -D manurónico forma el polímero en enlaces 1-4.

El ácido L-gulurónico está presente en cantidades variables junto con el manurónico según el tipo de algas del que provenga el alginato (FISCHER y DORFEL, 1955). JEVTUSCHENKO (1956) supone que las estructuras *a* y *b* de la figura 2 son incorrectas, pues únicamente se analizó la fracción soluble del ácido algínico; en la fórmula *c* (fig. 2) se representa la estructura de la unidad fundamental del ácido algínico, según este autor. Se ha hablado de ascofilana como una sustancia que acompaña al algínico en *Ascophyllum nodosum* en la que hay fucosa, xilosa, ácido urónico y polipéptidos.

PROPIEDADES

Forma sales solubles en agua con los metales alcalinos y con el magnesio, e insolubles con el Cu, Ni, Ag y Zn (estas sales son solubles en presencia de NH_4^+). Forma sales insolubles en agua con la mayor parte de los alcalinoterros y con los trivalentes.

Las propiedades de un algínico, o de un alginato determinado, están estandarizadas de acuerdo con la aplicación que se le pretenda dar. La viscosidad, muy importante, debe estar entre 5 a 15.000 cps.

APLICACIONES

En la industria farmacéutica

Como excipiente, emulsivo, formador de jaleas y cápsulas

El alginato sódico se usa como sustituyente del coloide plasmático en el Japón.

El alginato de calcio para la producción de cápsulas y el de amonio para el filtrado de microorganismos; es hemostático y laxante.

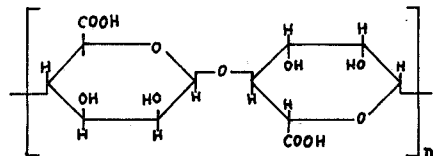
En la industria de jabones, cosméticos y detergentes

Como dispersante en la fabricación de jabones, cremas, polvos de baño, fijadores y lacas, champús, etc. Es notable la capacidad de mezcla con otros productos usados en cosmética, así como la propiedad de formar extensiones finísimas y continuas. Para el mezclado con productos alcohólicos se utilizan aminoalginatos que son solubles en alcohol.

En odontología

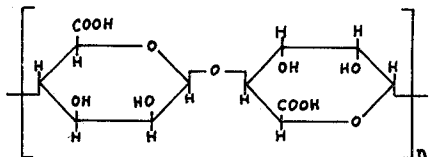
Como fijadores y moldeadores.

Formula a



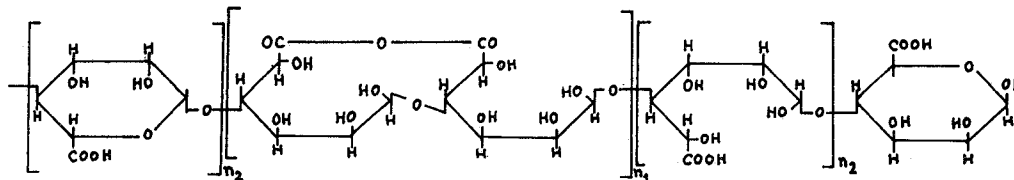
Hirst Jones 1939

Formula b



Fischer y Dorfel 1955

Formula c



Jevtuchenko 1956

FIG. 2.—Estructura del ácido alginico, según diversos autores.

En alimentación

Normalmente existe una legislación sobre la utilización de los alginatos que controla las condiciones de viscosidad, floculación y color.

En panadería y pastelería, en la elaboración de cremas, pastas, gelatinas y merengues.

En las industrias lácticas, bebidas preparadas a base de leche y cacao, o leche y chocolate, como dispersante, aclarante y consistente. En la elaboración de queso, yogourth, requesón. En esta industria se utilizan a veces mezclados con carragenatos.

La industria azucarera usa a los alginatos como estabilizantes.

En la elaboración de helados, para prevenir la formación de cristallitos de hielo en los procesos de congelación. Además confiere cremosidad, viscosidad y esponjosidad.

Para sopas, cremas de mostaza y salsas mayonesas a las que confiere viscosidad. En la elaboración de mantequillas y margarinas, actuando como emulsivo y protector de la vitamina A.

En la elaboración de productos dietéticos, con bajo contenido en azúcar. Clarificante y estabilizante, lo mismo que conservador en la elaboración de gelatinas, preservación de alimentos y para conferir propiedades organolépticas de suavidad. Se usa también por su gran capacidad de mezcla y unificación en la elaboración de compuestos cárnicos y en la manufacturación de productos alimenticios congelados (carne, pescado, verduras y frutas).

Los alginatos en la industria tecnológica

Por la inmensa gama de productos a que el ácido algínico da lugar, en forma de sales diversas y por las distintas propiedades físicas de las mismas se utiliza en:

La industria de tintes y pinturas, como protector, emulsionante, dispersante y estabilizante. Es compatible con otros dispersantes y fijadores que se utilizan normalmente.

Los alginatos de propilenglicol se utilizan en emulsiones de acetato de polivinilo y en la elaboración de otros productos interesantes de aplicación varia.

En la construcción, en la elaboración de emulsiones de asfalto, de compuestos de yeso y cemento. En la fabricación de paneles aislantes, compuestos refractarios, cristales de seguridad, etc.

En la industria de cerámica y vidrio. En la fabricación de mina para lápices.

En la fabricación de piedras de mechero, electrodos, aislantes del fuego, filtros y sustancias absorbentes mezclado con carbón activo. Para confeccionar redes de pesca, sacos, lonas, papel resistente, en la fabricación de fibras de que están constituidas.

En la fabricación de gomas y de adhesivos. En la industria del curtido

para el terminado, da finura a las piezas y las preserva de agentes físicos y biológicos deteriorantes, mordiente de colores en la industria textil.

Como emulsivo en la industria de aceites de pescados.

En la industria fotográfica.

En la fabricación de pesticidas y herbicidas, y de lubricantes.

En la industria textil la utilización de ácido alginico es amplísima. Se usa para los aprestos y acabados, para contribuir a la impermeabilidad de tejidos, como fijador de colores para evitar que tomen tintes mortecinos y que las fibras se destiñan.

CARRAGENINA

La carragenina, agar inglés o extracto de musgo de Irlanda, se extrae de *Chondrus crispus* y de varias especies de gigartina, especialmente de *G. stellata* (carragenofitos).

Los carragenatos son sales con distintos metales que no se manufacturan por separado.

Los Estados Unidos son los máximos productores del mundo, les siguen Francia e Inglaterra, pero la producción española de más de 700 toneladas anuales va en aumento; la industria de aprovechamiento de *Chondrus* y *Gigartina* es, en realidad, muy joven y no se encuentra todavía con los problemas de la superutilización que tiene planteados la industria del agar, de materia prima.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

El monosacárido más importante es la D-galactosa, pero en la hidrólisis aparecen también L-galactosa, D-glucosa y ácido 2-eto-D-glucónico, rafinosa y fructuosa; sin embargo, el hecho de que la presencia de todos estos últimos compuestos sea o no estructural está en discusión.

Está aceptado, SMITH & MONTGOMERY (1959), que la carragenina está compuesta por dos fracciones κ y λ , la primera se extrae con ClK y forma el 40 por 100 de la carragenina, el resto es la fracción λ , que responden a las fórmulas a y b de la figura 2, según O'NEILL (1955) y MORGAN y O'NEILL (1959).

EXTRACCIÓN

Se lavan las algas y se hierven dos a cuatro partes de alga en 100 de agua, se separa el resto pesado por centrifugación y luego se filtra y se seca, el producto final con un 5 por 100 como máximo de humedad que se mezcla con material que proviene de otros lotes hasta ajustar y obtener un producto de las condiciones deseadas. La carragenina se licúa a temperatura relati-

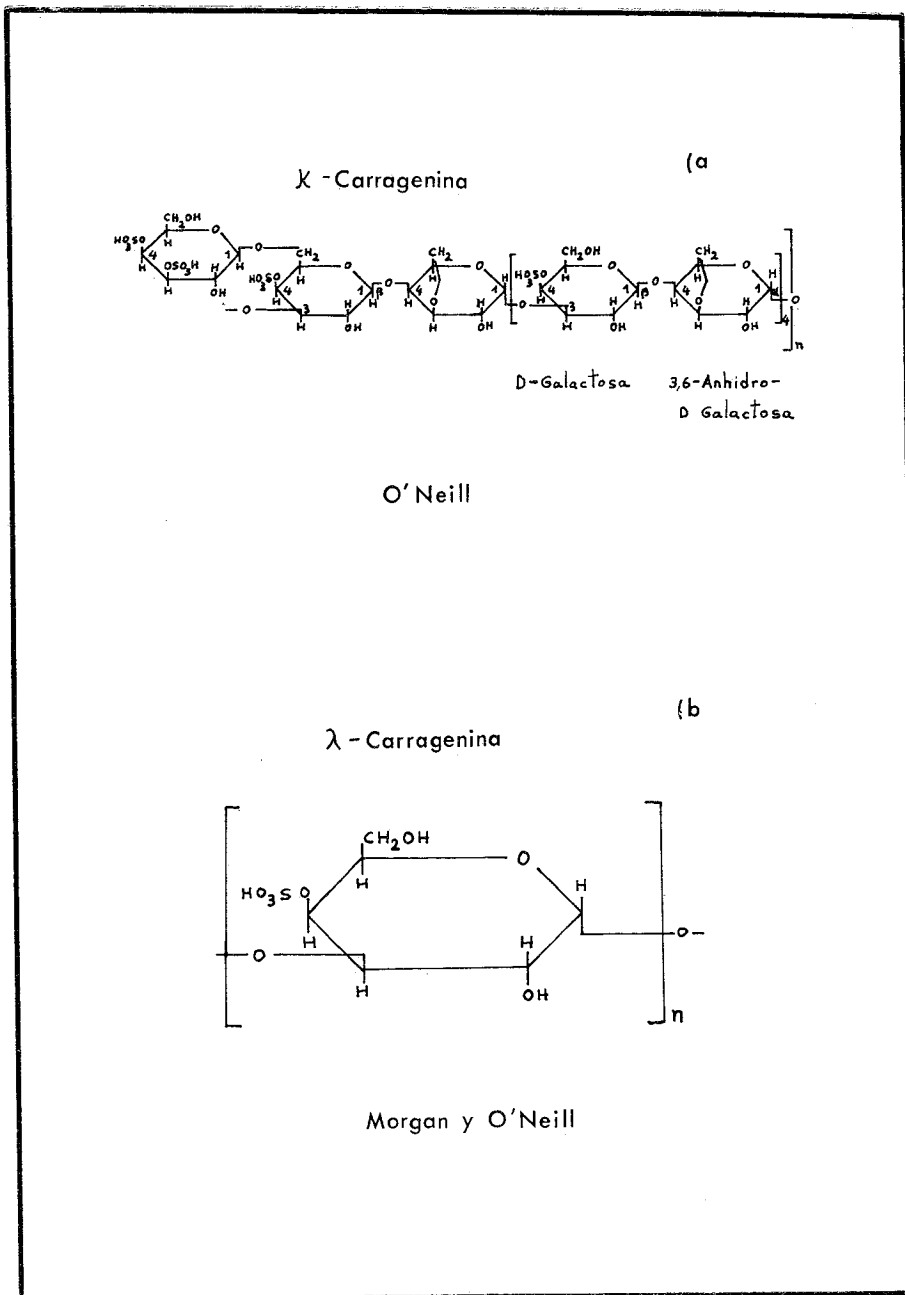


FIG. 3.—Fórmula de las unidades sencillas que componen las dos fracciones del extracto de la carragenina.

vamente baja, 27 a 41 °C, según procedencia.

La gelación ocurre en presencia de determinados iones: Cesio, rubidio, calcio, potasio y amonio. La relación de dureza de la gelatina rica en carragenina es de 300 g/cm³, en el agar lo aceptado está por encima de esta cifra, y que el agar japonés (kobe-agar) tiene 350 g/cm².

Los carragenatos forman coacervatos con moléculas proteínicas. El efecto anticoagulante de la carragenina no tiene el efecto que tiene la aplicación de extractos de *Gigartina acicularis*, incluso más potentes que la heparina, pero estos últimos tienen efectos secundarios sobre determinados órganos. La cantidad de carragenina para superar el umbral de sustancia activa es en el perro de un miligramo de sustancia por kilogramo de peso.

El carragenato tiene varias calidades según su viscosidad, en el mercado no se utiliza en estado puro.

UTILIZACIÓN

En pastelería, panadería e industrias lácticas, en conservería.

Se usa en la fabricación de queso y en las industrias cárnicas. También se utiliza como el algínico y el agar como clarificante de bebidas y como componente de alimentos dietéticos.

En la industria farmacéutica como emulsivo y para obtener texturas especiales en algunos medicamentos, como espesante y granulante, etc.

Se han hecho numerosos ensayos sobre la acción de la carragenina sobre las úlceras, los resultados son aún inciertos.

En cosmética se usa con tanta profusión como el alginato para los mismos fines: pastas de dientes, cremas de afeitar, cremas de cutis, etc.

En general, se usa en tintorería, curtidos, terminado de productos textiles, papelería, en la fabricación de detergentes, no como sustituto, sino del mismo modo que los alginatos, además se usa en los casos particulares en que los alginatos no tiene las propiedades de los carragenatos.

FUCOIDINA

Se encuentra en muchos géneros de algas pardas; normalmente abunda más en las algas de la zona litoral, como *Ascophyllum*, y en las que viven flotando, como *Macrocystis*, que en las sublitorales. Posiblemente la gran capacidad higroscópica de la fucoidina sea una explicación de esto.

Fucus spiralis contiene un 9-11 por 100, *Ascophyllum nodosum* un 6-8 por 100 y *Pelvetia* un 20 por 100 de peso seco.

Con la profundidad puede variar desde un 5 a un 20 por 100, que se obtiene en individuos de *Laminaria* que viven en los estratos más altos.

En un éster sulfúrico de un polisacárido; su composición es: 38,3 por 100 de sulfato, 56,7 por 100 de L-fucosa galactosa, xilosa y ácido urónico en

menos cantidad. La estructura, según O'NEILL (1955), es la de un polímero de anhidro-L-fucopiranososa con un residuo sulfato en el carbono 4 y enlaces polimerizantes entre 1-2. Los contenidos y la estructura pueden variar notablemente. Es un buen antilipémico y anticoagulante, su macroestructura es filamentososa, de consistencia mucosa altamente susceptible a la transformación por acción de ácidos y bases.

UTILIZACIÓN

Los procesos de extracción para lograr un compuesto estable no son aún muy adecuados; sin embargo, se puede predecir un amplio campo para la *fucoidina* por su alta viscosidad a bajas concentraciones.

Es un anticoagulante más enérgico que la heparina.

FUCOSANA

Se obtiene de los fisodios de *Ascophyllum nodosum* (9 por 100 contenido sobre el peso seco) en una sustancia tánica de carácter fenólico.

Sargassum ringgoldianum se utiliza por sus efectos tánicos. Es posible abrir la investigación para encontrar otras algas, que se utilizan para extraer fucosana en cantidad suficiente.

FUCOSTEROL

Es un esteroide de fórmula $C_{29}H_{48}O$. Puede utilizarse en la manufacturación de hormonas sexuales por la industria farmacéutica.

AGAR DE GRACILARIA (Goma de Gracilaria)

En nuestras costas hay *G. confervoides*; en otros países su extracto se aplica en alimentación, supliendo el papel del agar de *Gelidium*.

«KELP» (La industria del «Kelp»)

La no traducción de este término responde a que ha variado a lo largo de la historia en su significado; fue utilizado para descubrir el compuesto obtenido por incineración de algas pardas. El primer «kelp» obtenido era una mezcla de sosa y potasa; decayó como producto comercial cuando Leblanc, en 1800, descubrió un proceso de obtención de sosa más barato, pero rápi-

damente adquirió valor como fuente para la obtención de iodo, no perdió por ello su importancia como fuente de sosa y potasa, y en la segunda guerra mundial Japón utilizó estas algas para extraer estos productos.

Las algas pardas en fresco reciben el nombre general de «kelp», que designa a las especies de los géneros *Laminaria*, *Ecklonia* y *Macrocystis*.

Actualmente el término «kelp» designa únicamente a las algas pardas, el término «kelp-ash» (cenizas de alga) es el que corresponde al primitivo significado de «kelp».

PRODUCTOS EXTRAIDOS DEL «KELP-ASH»

Iodo.—En Europa se extrae de *Laminaria*, que puede concentrar 1/30.000 veces el iodo del agua de mar, se le encuentra como KI y como NaI.

La importancia del I extraído de las algas en la producción mundial total es del 25 por 100 (Japón y Rusia). El otro 75 por 100 se obtiene de las guaneras de Chile, exportado por compañías americanas.

Br.—No tan importante como el iodo en las algas marinas queda concentrado 40 veces aproximadamente más que en el agua de mar. El proceso de industrialización no se ha llevado a cabo.

K (sales).—Fundamentalmente se utilizaron algas del género *Laminaria* para esta extracción.

LAMINARINA

Se encuentra en algas pardas de los géneros *Laminaria*, *Fucus*, *Ascophyllum* y *Desmarestia*; sin embargo, sólo *Laminaria* puede considerarse como materia prima aprovechable para la extracción de este producto.

La laminarina, más abundante en otoño y comienzo del verano que en los meses calurosos y extremadamente fríos, compone de un 10 a un 20 por 100 en el peso seco del alga.

El contenido de laminarina en las distintas especies de *Laminaria*, según la época del año, está estudiado por BLACK (1951) y BLACK y otros (1952).

La laminarina es un carbohidrato de reserva, y realiza el papel en las algas pardas que realiza el almidón en las plantas superiores. Existe en dos formas, soluble e insoluble en agua, ambas se componen de glucosa, como monómero, pero hay variaciones en la longitud del polímero y en su contenido en manitol. El peso molecular de la laminarina soluble es de 5.300, el de la insoluble 3.500. Según WOODWARD (1959) el peso molecular oscila entre 1.900 y 6.000, y la longitud de la cadena entre 9 a 24 unidades de D-glucosa, con enlace 1-3 y algunos puentes excepcionales 1-6 y con presencia de manitol.

La laminarina produce numerosos derivados de tipo alcohólico, amínico y metilados «in situ».

Las frondes de *L. ochroleuca* se utilizan como material primario para la extracción.

UTILIZACIÓN

Como anticoagulante y antilipémico. El nivel de colesterol en la sangre se reduce en algunos animales, tras la aplicación de sulfato de laminarina, asimismo se ha comprobado la acción inhibidora de la laminarina sobre el sarcoma.

Se ha utilizado para obtener glucosa por hidrólisis que se utiliza como alimento.

MANITOL

Se encuentra en algas pardas, *Fucus* y *Laminaria*, sometido a extraordinarias oscilaciones. El papel que se le atribuye es la participación en la síntesis de complejos mayores: ácido algínico y laminarina.

Fucus vesiculosus contiene un 90 por 100 de manitol. *L. saccharina* 9 a 23 por 100, *L. hyperborea*, de 7,5 de profundidad, un 36,7 por 100, en superficie el contenido oscila entre 5 al 22 por 100.

Se obtiene manitol de las frondes de laminaria en Inglaterra, Francia y Japón.

UTILIZACIÓN

En farmacia para fabricar tabletas, alimentos dulces dietéticos y goma de mascar.

En la industria de pinturas y barnices, papelería, pirotécnica y explosivos. Se usa también en la síntesis de plásticos.

ANTIBIOTICOS

Entre las algas marinas son numerosas, y era de esperar, las que elaboran metabolitos de acción antimicrobiana. La investigación en este campo es sumamente teórica, por la gran profusión de especies de algas y de cepas de bacterias, y por la capacidad de autonomía y de producción de antibióticos naturales o sintéticos que tiene la industria farmacéutica.

AMINOACIDOS, PEPTIDOS, PROTEINAS

Normalmente, la cantidad de péptidos contenidos en las algas es mayor que la de aminoácidos. El porcentaje de aminoácidos viene expresado en la tabla IV.

TABLA IV
 AMINOACIDOS COMBINADOS EN VARIAS ALGAS
 (Los resultados expresan nitrógeno de los aminoácidos, como tanto por ciento del N total en el hidrolizado)

Aminoácido	F. vesiculosus	A. nodosum	Chondrus crispus	Ulva lactuca
Alanina	5,4	5,3	3,6	8,2
Arginina	8,2	8,0	28,0	10,1
Acido aspártico	9,0	6,9	3,7	7,8
Citrulina	0,0	0,0	3,3	0,0
Cistina (1)	+	+	+	+
Glicina	5,4	5,0	3,1	7,2
Acido glutámico	11,0	10,0	3,4	6,6
Histidina	1,6	1,3	1,1	0,8
Isoleucina	3,0	2,8	1,7	2,8
Leucina	5,0	4,6	2,6	5,0
Lisina	6,0	4,9	3,3	5,8
Metionina	0,4	0,7	0,5	1,0
Ornitina	0,0	0,0	6,3	0,0
Fenilalanina	2,6	2,3	1,3	3,0
Prolina	3,3	2,6	2,1	3,4
Serina	3,5	3,0	2,2	3,9
Treonina (1)	3,3	2,8	2,0	4,2
Triptófano	+	+	+	+
Tirosina	1,2	0,9	1,0	1,6
Valina	3,9	3,7	2,6	4,9
Amonio	16,0	14,6	6,9	7,9
TOTAL	88,8	79,4	78,7	84,2

(1) El signo + indica la presencia en cantidades muy pequeñas de los aminoácidos señalados, en algunos casos aislados.

TABLA V
 TANTOS POR CIENTO DE AMINOACIDOS EN PORPHYRA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL JAPON (N x 6,25 = 100)

Lisina	4,81	Ac. glutám.	9,87	Isoleucina..	3,73
Arginina	4,55	Prolina..	4,45	Leucina... ..	6,47
Amonio..	1,55	Glicina... ..	5,55	Tirosina	1,80
Ac. aspar.	7,25	Alanina	12,04	Fenilalanina... ..	3,37
Treonina	4,20	Cistina	—	Metionina..	1,75
Serina... ..	3,97	Valina	5,24		

Algunos aminoácidos, que son raros en la naturaleza, como el ácido γ -amino butírico y la β -alanina y otros, a los que normalmente no se los había aislado en otros seres, así como el ácido D-cisteinólico constituyen la información más espectacular que se puede dar sobre estos compuestos en las algas.

El estudio de los aminoácidos puede presentar un indicio de la posibilidad de explotación de algunas especies de algas para la alimentación humana.

Porphyra, el «nori» japonés, preparada para el consumo humano, presenta la composición en aminoácidos que se expresa en la tabla V.

OTROS COMPUESTOS

Numerosas son las sustancias glucídicas que se encuentran en las algas marinas: *manitol*, *glucosa*, *fructosa*, *1-manitol-glucósido*, *sorbitol*, *dulcitol*, *laminitol*, *tetrahalosa* y los *floridósidos* en algas rojas. Normalmente cabe considerar a estos y otros productos como participantes en el metabolismo.

Se ha estudiado, con profusión, el contenido en pigmentos asimiladores y el de enzimas y metabolitos, así como el de grasas y lípidos, en diferentes especies de algas.

En la tabla VI se expresan los contenidos en sustancias grasas.

TABLA VI
ANÁLISIS DE ACIDOS GRASOS DE ALGAS, KLENK, 1963 (IN LEVRING, 1969)

	Materia seca	Materia no saponificable	Acidos grasos totales	Acidos grasos saturados	Acidos grasos no saturados
Codium fragile	161	1,1	5,1	1,9	3,2
Enteromorpha compre- sa	653	4,1	22,2	5,1	14,0
Fucus serratus	1.900	5	31	13,2	25,9
Fucus spiralis..	2.000	5	32	13,1	26,1
Fucus vesiculosus	1.750	5	32,5	12,9	25,1
Ceramium rubrum... ..	780	2,4	0,9	4,0	4,7
Plocamium coccineum...	150	1,3	1,9	0,6	1,3

Finalmente se conoce la riqueza de compuestos inorgánicos y de vitaminas. Las sustancias inorgánicas se acumulan en las algas en porcentajes elevados comparados con la concentración de los mismos en el agua de mar, esta acumulación, que puede ser selectiva en algunos casos, ha sido estudiada para el I, Br y llama la atención la elevada concentración de Arsénico y de Cesio que algunas algas presentan.

La presencia de vitaminas puede ser interesante buscando una aplicación a la utilización de algas como alimento en crudo.

CONCLUSIONES

En la figura 4 se sugiere un programa fundamental de acción, en el que están implicados diversos campos de investigación dentro del marco en el que está situado el problema. La ficología ha venido ocupando un papel muy secundario no sólo en la botánica española, sino también en la mundial. Se considera necesario insistir en la conveniencia de situar el estudio de las algas, al nivel adecuado a su importancia.

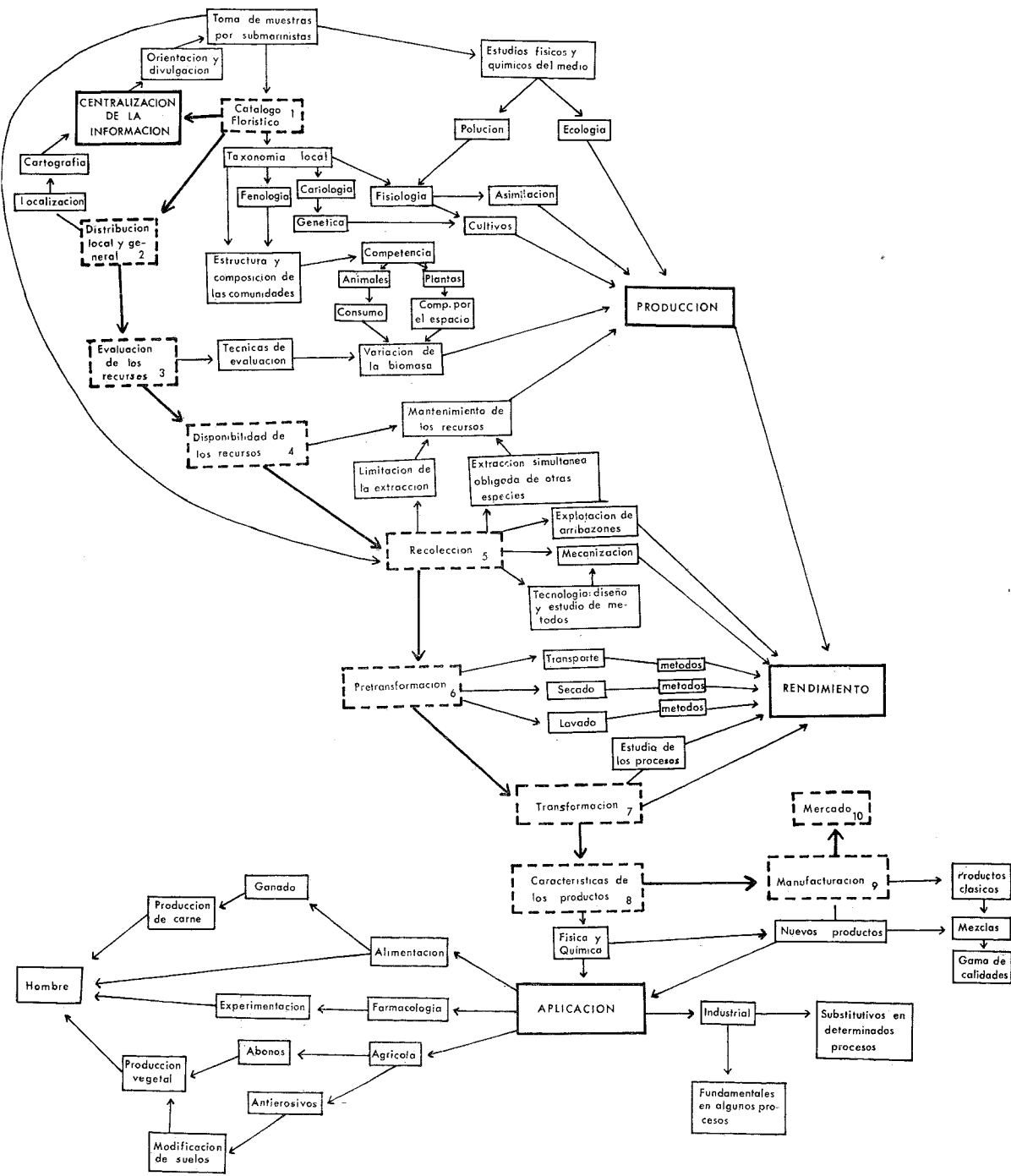


FIG. 4.—Organigrama de un programa para el estudio de las algas.

La tarea ha de comenzarse desde abajo, ya que es la única forma de alcanzar la base necesaria para solucionar con éxito los problemas de explotación: catalogación de floras y estudio detenido de las especies más importantes.

En este trabajo hemos pretendido poner al día los conocimientos sobre nuestras algas, sus aplicaciones y las fórmulas químicas, actualmente aceptadas, de los principales compuestos químicos de aplicación industrial.

SUMMARY

An analysis is carried out on the state of the studies made in Spain up to now about seaweeds in relation with their exploitation.

On the other hand, the possibilities of a best utility of our coast by a rational exploitation, and the utilization of new species, and a technical study of the products of industrial importance, and a concrete work plan is outlined in which divers, biologists and other scientists will participate.

BIBLIOGRAFIA

- ANÓNIMO, 1970: «La industria química en España». Comisión Asesora de Estudios Técnicos de la Industria Química Española. Madrid.
- ARAKI, CH., 1959: «Carbohydrate Chemistry of Substances of Biological Interest, in Wolf from ML. Seaweed Polysaccharides». Pergamon Press. London.
- ARAVIO-TORRE, J., Y J. VILLEGAS, 1959: «Estudios sobre algas industriales españolas. I. Influencia del tratamiento previo sobre el rendimiento y calidad del agar obtenido de *Gelidium*». *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 97. Madrid.
- ARÉVALO, A., 1965: «Contenido y variaciones del potasio y del nitrógeno en la *Saccorhiza bulbosa* (Huds) de la Pyl. Empleo de dicha especie como abono potásico». *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 22.
- BAARDSETH, E., 1970: «Synopsis of biological data on knobbed wrack *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis». *FAO Fisheries Synopsis*, 38: 1.
- BLACK, W. A. P., 1951: «The seasonal variation in weight and chemical composition of the common british laminariaes». *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, XXIX: 45-72.
- BLACK, W. A. P.; CORNHILL, J., AND J. DEWARET, 1952: «I the evaluation of the common british brown marine algae as a source of alginate». *J. Sci. Food and Agric.*, 11: 542-550.
- CABRERO-GÓMEZ, F., 1951: «Estudio de las algas marinas españolas». C. S. I. C. Madrid.
- CENDRERO, O., Y F. RAMOS, 1967: «Trabajo sobre las algas del género *Gelidium* en la provincia de Santander». *Publ. Téc. Jun. Est. Pesca*, 6: 283-291. Madrid.
- CHAPMAN, V. J., 1950: «Seaweeds and their uses». Methuen y Co. Ltd. London.
- CRISP, J., AND E. FISCHER-PIETTE, 1959: «Répartition des principales especes intercotidales de la côte Atlantique française». *Anal. Inst. Ocean. Mónaco*, 36 (2): 275-388.
- ESTABLIER, R., 1964: «Variación estacional de la composición química, extracción y características del agar-agar de algunas algas (género *Gelidium*) de la costa sudatlántica española». *Inv. Pesq.*, 26: 165-194.
- FELDMANN, J., Y R. LAMI, 1941: «Flore et végétation marines de la côte basque française». *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 88: 123-142.
- FISCHER, F. G. AND H. DÖRFEL, 1965: «Die Polyurosäuren der Braunalgen». *Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem.*, 302: 186-203.
- FOYN, B., 1955: «Specific differences between Northern and Southern European Populations of the Green Alga *Ulva lactuca* L.». *Publ. Staz. Zool. Napoli*, 27: 261-270.
- GARCÍA PINEDA, M. D., 1951: «Efectos del lavado previo en la extracción de los componentes útiles de las algas pardas». *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 39. Madrid.

- GARCÍA PINEDA, M. D., y D. MONTEQUI, 1955: «Acerca de la sustancia anticoagulante de las algas rojas». *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 72. Madrid.
- HOFFMAN, C., 1938: «Die praktische Bedeutung der Meeresalgen». *Kieler Meeresforschungen*. Band III: 1.
- JENSEN, A.; H. NEBB y SAETER, F. A., 1968: «The value of Norwegian seaweed meal as a mineral supplement for dairy cows». *Rep. Norw. Inst. Seaweed Pes.*, 32: 35 pp.
- JEWUSCHENKO, W. A., 1956: *Kolloid J.*, 16: 255-340 in Levring and alls *Marine algae*. Cram de Gruyter y Co. Hamburg, 1969.
- JONES, W. G., AND M. S. PEAT, 1942: *J. Chem. Soc.*, 225 and Levring, T. and alls *Marine Algae*. Cram de Gruyter. Hamburg, 1969.
- LEVRING, T.; H. A. HOPPE AND O. J. SCHIMID, 1969: «Marine Algae a survey of research and utilitation». Cram de Gruyter y Co. Hamburg.
- LÓPEZ-BENTITO, M., 1963: «Estudio de la composición química del *Lithothamion calcarum* Arech y su aplicación como corrector de terrenos de cultivo». *Inv. Pesq.*, 23: 53-70.
- LÓPEZ GÓMEZ, M., 1933. «Contribución al estudio químico de la algina o ácido algínico». *Notas y resúmenes del Inst. Esp. Ocean.*, II: 74 pp. Madrid.
- MACHADO, B. R., ET AL., 1966: «Composição global, mineral e glicídica». *Est. Biol. Inst. Nacio. Invest.*, 3: 1-179
- MÉNDEZ, C., 1957: «Sur l'existence du *Colpomenia peregrina* (Sauv) Hamel dans la méditerranée». *Vie et Milieu*, 8 (1): 92-98.
- MONTEQUI, R., 1945: «Composición y aplicaciones de las algas marinas». *Ion*, 44 y 45: 189 pp.
- MORGAN, K., AND A. N. O'NEILL, 1959: «Total Degradative Studies on λ -carragenina Can». *Journ. of Chem.*, 37: 120 pp.
- O'NEILL, A. N., 1955: «Derivatives of 4-0- β -D-Galacto pyranosyl 1-3-6-anhydro-D-galactosa from κ -carrageenin». *J. Amer. Chem. Soc.* 77: 6324-6.
- NORTON, T. A., 1970: «Synopsis of biological data on *Saccochiza polyschides*». *FAO Fisheries Synopsis*, núm. 83.
- PARGA PONDAL, I., 1927: «El contenido en yodo de las principales algas marinas de las costas de Galicia». Univ. Santiago de Compostela.
- PERCIVAL, E., AND R. H. McDOWELL, 1967: «Chemistry and Enzimology of Marine Algae Polysaccharides». Academic Press. London and N. York.
- PRIMIO, C., 1955: «Variations in the chemical composition of Spanish brew seaweeds». *Ins. Seaweed Symp.*, 2º Trondheim: 44 pp.
- RAMOS, F., y O. CENDRERO, 1965: «Estudio sobre las algas de aprovechamiento industrial de la provincia de Santander». *Publ. Téc. J. Est. Pesca*, 4: 302-309. Madrid.
- SÁIZ, F., 1966: «Un método acidimétrico para el ácido algínico». *Inv. Pesq.*, 30: 541-560.
- SCHACAT, R. E., AND M. GLICKSMAN, 1959: «Some Lesser Known Seaweed, in WHISTLER, R. L., and Be. MILEER, J. N., «Industrial gums». Academic Press Inc. N. York.
- SELBY, H. H., 1954: «Natural Plant Hydrocolloids». *Advances in Chemistri*, series II.
- SEOANE-CAMBA, J., 1966: «Las algas de interés industrial de la costa de Cádiz». *Puntal*, 153: 2-11.
- 1966: «Algunos datos de interés en la recolección de *Gelidium sesquipedale*». *Publ. Téc. Jun. Est. Pesca*, 5: 437-459. Madrid.
- 1966: «Las laminarias de España y su distribución». *Publ. Téc. Jun. Est. Pesca*, 5: 425-437. Madrid.
- 1967: «Las especies españolas de Gigartina y Chondrus: el carragen». *Publ. Téc. Jun. Est. Pesca*, 6: 291-305.
- 1967: «Las praderas de algas y fanerógama marinas. Evaluación de la biomasa, producción y explotación». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Biol.)*, 65: 309-315.
- 1968: «La explotación de las algas marinas». *Publ. Téc. Jun. Est. Pesca*, 7: 322-332.
- 1969: «Crecimiento, producción y desprendimiento de biomasa en *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Thuret». *Proc. Int. Seaweed Symposium*, 6, pp. 365-374.
- SEOANE-CAMBA, J., y J. CAMP, 1968: «Resultados de una primera explotación algológica con escafandra autónoma en la ría de Vigo». *Publ. Téc. Jun. Est. Pesca*, 7; 333-347. Madrid.
- SMITH, F., AND R. MONTGOMERY, 1959: «Chemistry of Plant Gums and Mucilages». Reinhold. Publishing Corp. N. York.
- TRESSLER, D. K., AND J. W. LEMON, 1951: «Marine Products of Commerce». Reinhold. Pub. Corp. N. York.
- VAL DEL, M. J., y D. GARCÍA PINEDA, 1949: «Ensayos de algas marinas industrializadas». *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 13. Madrid.
- VAL DEL, M. J., y D. MONTEQUI, 1951: «Sobre el aislamiento de los componentes glucídicos de las algas pardas». *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 40. Madrid.

- VILLEGAS, J., 1963: «Variación estacional del contenido en ácido algínico en la *Laminaria ochroleuca*». *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 114. Madrid.
- VILLEGAS, J., 1966: «El alginato de sodio. Su preparación a partir de algas españolas». *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 123. Madrid.
- VOLESKY, B.; J. E. ZAJIC AND E. KNETHING, 1970: «Algae products in J. E. ZAJIC. *Properties and Products of Algae*: 42-89. Plenum Press. N. York.
- WOODWARD, F. N., 1965: «The seaweed industry of the fuluse». *Proc. Fifth. Inter. Seaweed Symposium*. Halifax. Canadá: 55-73.