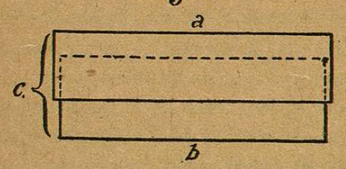
queletos. Algunas especies son tan pequeñas y tan numerosas que un milímetro cúbico de agua puede encerrar millones.

La existencia de estos seres se remonta a tiempos bastante remotos de la vida de la tierra, señalándose ya en el Jurásico, Cretásico y aun en el Cámbrico.

En cuanto a su carácter general, una diatomea es una célula formada de dos partes semejantes penetradas una dentro de otra a manera de una caja y su tapa, fig. 3.

Esta estructura se relaciona con una de sus formas de reproducción. Cada una de las par-

Fig. 3.



tes *a* y *b*, se llaman valvas y en las caras valvares es donde se encuentran principalmente las ornamentaciones. Estas valvas van gradualmente deslizándose una contra otra hasta que terminan por separarse desarrollando interiormente cada una de ellas una nueva valva y dando origen de este modo a dos nuevos individuos. Repetida sucesivamente esta forma de reproducción resultan una serie de individuos cada vez más pequeños que terminarían por desaparecer si no fuera porque estos microrganismos disponen de otros medios de reproducción que favorecen su conservación y cuyo asunto no es del resorte de este estudio para el objeto que nos proponemos.

El costado o parte comprendida entre el borde de las *valvas a* y *b* se llama *lado conectivo c*.

Las decoraciones de las valvas de las diatomeas encierran problemas muy interesantes para el micrógrafo, pues se ha comprobado en una gran parte de las diatomeas, que las paredes que forman sus valvas no son macizas, sino que están formadas de dos placas separadas por tabiques silizosos que dejan entre sí cavidades de contorno circular o exagonal.

Es oportuno hacer notar aquí que a estos microrganismos se ha debido exclusivamente el progreso de los objetivos de los microscopios en vista de la necesidad siempre creciente de poder observarlos con más detalle. En la actualidad las diatomeas son las piedras de toque para apreciar la calidad de estos importantísimos instrumentos científicos.

La inmensa variedad de formas de estas algas, puede quedar comprendida en dos grupos según su simetría o asimetría. Por ejemplo la de la fig. 1 es simétrica con relación a sus dos ejes; no pasa lo mismo con las representadas en las figs. 4 y 5 que son asi-

Fig. 4

métricas con relación a uno de los ejes. En la fig. 1 sobre su eje mayor, se ven tres levantamientos de forma circular que se llaman nódulos, uno en la parte media y otro próximo a cada una de las extremidades de la cara valvar. El nódulo central y cada uno de los terminales, están reunidos por un reborde grueso formado en los bordes de una abertura más o menos angosta y que pone en contacto a la parte interna de la célula con el exterior, a esto se le llama *rafa*, y al grupo que la presenta *rafidias*.

En otros tipos la *rafa* se reduce a un espacio liso muy angosto en el que se detienen los detalles de la ornamentación y entonces se denomina *pseudorafa*, fig. 5, *pseudorafidias*.

Fig 5.

La *rafa* no existe en algunos tipos de diatomeas. El grupo de diatomeas en los que la *rafa* no se percibe, se le llama *criptorafidias*, figura 2.

De los bordes de las valvas hacia adentro, se ve distribuirse el ornato en la superficie valvar, fig. 1. En la figura se ve que el ornato está representado por costillas gruesas que se detienen antes de llegar a la *rafa* dejando un espacio liso alrededor de ésta y cuyo espacio se llama *zona hialina*.

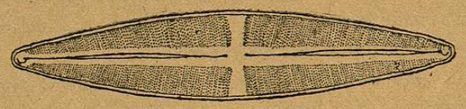
El nódulo intermedio, puede alargarse longitudinal o transversalmente, y en este caso se llama *Estauro*, fig. 6.

primera en diferentes grados, modificando su color quedando la familia de las diatomáceas comprendida por esto, entre las *Feoficeas*.

La disposición de la endócroma es constante para todos los individuos de la misma especie.

Las relaciones de los esqueletos, frústulas o carapachos y la endócroma, son fijas y comunes en todas las especies del mismo género. Los géneros tienen entre sí grandes analogías en la constitución y desarrollo de sus envolturas silizosas.[1]

Fig. 6.



Como ya se dijo antes, las valvas de las diatomeas pueden ser simétricas o asimétricas con relación a sus ejes.

En las figs. 4 y 5, se observa que sólo hay simetría con relación a su eje menor y que la cara valvar se encorva. En este caso el borde convexo se llama *lado dorsal* y el borde cóncavo, lado *ventral*.

Las dos valvas de una misma diatomea pueden ser diferentes entre sí, por su simetría y ornamentación; sucede esto en las tribus llamadas *Achnantheas* y *Gomponemeas*, lám. 1, figs. 2 y 3.

Por su contorno general, las caras valvares de las diatomeas pueden ser elípticas, lanceoladas, cuneiformes, discoidales, etc., etc.

En cuanto a la constitución interna de las diatomeas ya dijimos que estos organismos presentan los caracteres generales de una célula vegetal.

Entre las partes principales del contenido celular de las diatomeas se encuentra la *Endócroma*, substancia formada por una mezcla de *clorofila* y *ficoxanteina* en proporciones variables sobre todo la última, que enmascara a la

Partiendo de estos principios resulta posible la clasificación de las diatomeas fósiles, relacionándolas con las diatomeas vivas.

La *Endócroma* está dispuesta en el interior de las diatomeas según Pfitzer ya sea en la forma de láminas o placas o ya sea en la forma de gránulos; por cuya razón la familia de las Diatomáceas ha sido dividida en dos subfamilias: *Placochromaticeas* y *Cocochromaticeas*.

Es posible que estas subdivisiones tengan que modificarse o cambiar, si con el tiempo se confirman las últimas investigaciones de Mereschkowsky.[2]

Al aplicar la clasificación de las diatomeas, iremos intercalando los tipos fósiles mexicanos, para aplicar los caracteres de las tribus, géneros, especies, variedades, etc., etc., puesto que es el asunto principal de estos estudios.

1 Lés Diatomées.—J. Pelletan. Primera parte. Paris, 1888, cap. VIII, pág. 191.

2 Progressus Rei Botanicae Jena, 1910. Tomo III, pág 540, nota Nº 3. Mereschkowsky. Die Gesetzedes Edochroms Kasan, 1906.

IMPORTANCIA GEOLOGICA

Cualquiera que sea el modo de vivir de estos seres, cuando cesan de tener vida, se conservan sus esqueletos silizosos cayendo al fondo de los lugares ocupados por las aguas en donde van acumulándose y formando a veces depósitos de muy considerable espesor. En los restos orgánicos contenidos en los lodos de las grandes profundidades marinas se encuentran también en gran cantidad carapachos de estas algas. [1]

Considerando la abundancia de las capas lacustres conteniendo diatomeas en México y la gran variedad de estos organismos fósiles, nos parece posible llegar con el tiempo a ciertas conclusiones con respecto a la edad relativa de estas capas. Todo es cuestión de hacer el estudio sistemático de las diatomeas fósiles y de interpretar convenientemente sus asociaciones en un mismo yacimiento. Logrando establecer el género de vida que tuvieron estas algas diminutas, podremos también quizá establecer las condiciones que predominaron en el medio en que se formaron dichos sedimentos lacustres.

En la Cuenca de México hay capas casi exclusivamente formadas de carapachos de diatomeas; sin embargo es más común encontrar estos carapachos silizosos en mayor o menor abundancia mezclados con los sedimentos terrosos lacustres en todos los niveles que las aguas han ocupado. Hemos encontrado diatomeas fósiles desde las costras de sedimentos adheridas a los flancos del cerro de Guerrero, a unos 50 metros del nivel actual del lago de Texcoco, en la Sierra de Guadalupe del Distrito Federal, hasta depósitos lacustres que se han alcanzado en las más profundas perforaciones que se han hecho en la Ciudad de México [1] para obtener aguas artesianas, es decir, hasta las profundidades cercanas a 500 metros.

Como hemos dicho antes ya han sido estudiadas algunas diatomeas fósiles por Ehrenberg [2] unas obtenidas de perforaciones artesianas y otras de depósitos lacustres superficiales.

La constitución química del carapacho de diatomeas, consiste principalmente de sílice hidratada (variedad del ópalo). Entran también en su composición: silicato de aluminio, de sodio, de fierro, etc., etc.; así como fosfatos de fierro, cal, magnesia, etc., etc. Naturalmente la cantidad relativa de estas substancias varía con la composición química de las aguas en que habitan.

El aspecto que tienen estos depósitos, varía desde finamente pulverulento a terroso o bien esquistoso, hojoso, etc. El trípoli tiene a veces suficiente dureza para poder ser aprovechado como lo hacen algunas tribus indígenas de la América para confeccionar sus pipas. En cuanto al color, varía desde el blanco gris crema, hasta el pardo y aun el negro influyendo directamente en el color las substancias extrañas con que está mezclado. Los *Tizates* o *Trípoli* más puro son siempre muy blancos.

Ya hemos dicho que aunque en muchos lugares hay capas de *Tizate* muy puras y limpias, lo más frecuente es encontrar los restos de diatomeas asociados con materiales detríticos de los sedimentos tales como partículas de rocas, arcillas, espículas de esponja y algunas veces carapachos de Ostracodos (Cypris mexicana Ehb.), etc., etc. En los de la Mesa Central viven casi siempre asociados con cenizas y lodos volcánicos que forman las capas de tobas tan comunes en el relleno sedimentario lacustre, terciario, cuaternario y reciente de estas grandes cubetas tectónicas, en las que así como en la Cuenca de México los depósitos lacustres conteniendo restos de diatomeas son tan frecuentes y se asemejan entre sí de tal modo, que aunque desconectados puede decirse que tienen la misma historia geológica y que su origen y variaciones del régimen de las aguas en que se formaron era idéntico. Como es sabido la Mesa Central Mexicana, consiste de un conjunto de cuencas lacustres separadas por sierras volcánicas. Estas cuencas lacustres han sido rellenadas principalmente con materiales cineríticos, fruto de las más recientes erupciones volcánicas y con materiales detríticos procedentes de la erosión de las montañas circundantes. En los períodos de mayor tranquilidad volcánica, en los alrededores de estos lagos correspondía un máximum de desarrollo de diatomeas en aquellas aguas.

Un estudio cuidadoso de la flora diatomífera de nuestra gran Cuenca de México, puede llegar a ser un auxiliar importantísimo para su geología, pues por medio de estos interesantes organismos, podrán explicarse los diferentes grados de *salobridad*, *composición química y temperatura* de las aguas; así como su *régimen*, *la profundidad*, *condiciones climatológicas y aun altitud* [1] en las diferentes épocas en que se han ido formando.

Respecto a la importancia de los depósitos diatomíferos en el mundo, puede verse en la "Practical Oil Geology" de Dorsey Heger 1915, pág. 4, en la que se cita para el origen del petróleo la "*teoría de las diatomeas*" que cuenta con decididos partidarios entre los geólogos de California y fundada en que muchas pizarras arcillosas que contienen aceite, están llenas de grandes cantidades de estos pequeños organismos descubiertos al hacer el estudio microscópico de ellas.

Puede agregarse, que por medio del estudio de esta microscópica flora, en nuestro valle sería de trascendental interés investigar con todas las etapas sucesivas de la evolución lacustre, las diversas adaptaciones de estos bellísimos organismos, hasta llegar a los tipos actuales.

El nombre de *Trípoli* es el que más se usa para designar las rocas formadas por las aglomeraciones de restos de diatomeas. Naumann las ha llamado *pelita de diatomeas;* [2] hay sin embargo otras muchas denominaciones antiguas y recientes, tales como las de *harina fósil*, *harina de las montañas*, *tierra de tripolitania*, *ópalo terroso*, *tierras infusoriales*, *tierras de diatomáceas*, *rabdanita*, etc., etc. En México ya dijimos que el nombre vulgar es *Tizar* o *Tizate*.

1 Haug, Traité de Géologie. Vol, I Paris, 1907, Cap. VIII, formation des sediments.

1 Cortes geológicos de pozos artesianos abiertos en la gran Cuenca de México, formados por el ingeniero A. del Castillo, Director de la Comisión Geológica de México, 1893. El pozo más profundo que se ha abierto en la Ciudad de México parece haber sido el que se perforó hace años en la Alameda de la Capital; en que los productos obtenidos a esta profundidad, fueron observados por el Sr. Ing. Ezequiel Ordóñez.

2 Uber machtige Gebirgs-Schichten verherrschend aus mikroskopischen Bacillaries unter und bei der Stadt Mexiko von Dr. C. G. Ehrenberg, Berlin, 1869.

1 Les Diatomées Fossiles d'Auvergne por el F. J. Héribaud, París, 1902, págs. 55 a 58.

2 Rosenbuch. Elements der Gesteinlehre Stuttgart, 1910, pág. 516, párrafo 350.

APLICACIONES

Son muchas las aplicaciones que en la industria tienen los trípolis y estas aplicaciones aumentan cada día.

Entre los países que más se explotan estos yacimientos se pueden mencionar: Alemania, Francia, Inglaterra, Italia, Japón y Estados Unidos. Francia, por ejemplo, ha llegado a consumir al año, hasta 20,000 toneladas de estas tierras de diatomáceas con un valor de 7 a 50 francos los 100 kilos, según su calidad.

En los Estados Unidos, el año de 1913, produjeron 6,586 toneladas de estas tierras con un valor de $ 69,340.00. En el año de 1914, produjeron 11,012 toneladas con un valor de $ 109,889.00. [1]

En México, esta industria permanece rudimentaria; no obstante que en el país abundan estos depósitos diseminados en muchas localidades. Algunos de estos yacimientos son muy dignos de atención por la calidad del producto que se puede obtener especialmente para la exportación, pues entendemos que hay actualmente gran demanda. [2]

La mayor parte del *Tizate* que se consume en México, procede principalmente de Ixtlahuaca y en menores cantidades de Tlalnepantla y Texcoco. Los *Tizates* de Tlaxcala, Jalisco y Michoacán son excelentes y sólo requieren la elección de los mejores depósitos, pues como es natural, la calidad está únicamente en relación con su pureza.

La calidad de un *Tizate* se mejora por medio de lavados y calcinación.

Como ya hemos dicho antes, el trípoli o *Tizate* tiene muchas aplicaciones por sus propiedades físicas, químicas y específicas. Por su dureza (raya el vidrio) que es un poco menor que la del cuarzo, se aprovecha para dar pulimento a los metales preciosos, pues no deja huella visible debido a la fineza de las partículas que lo constituyen; se pulen también las maderas, el marfil, los mármoles, etc. Se usa mucho en la confección de jabones y no menos en la preparación de polvos dentífricos, así como en la fabricación de discos para fonógrafos.

Por su poder absorbente unido a su poco peso específico (que varía entre 1 y 2,6), el *Tizate* es objeto de grande aplicación, por ejemplo, en la fabricación de la dinamita, y para este objeto los trípolis mexicanos pueden ser excelentes. Se les emplea también por esta propiedad, en los abonos líquidos, ácido sulfúrico, bromo y se usa como substancia absorbente también en la preparación de polvos desinfectantes, etc. El poder absorbente del *Tizate* es a veces hasta de 80 por ciento de su peso. La calcinación puede hacer disminuir considerablemente su peso específico.

El *Tizate* es mal conductor del calor y del sonido y los que son de calidad inferior tienen gran aprovechamiento como material refractario empleándose en la confección de

1 Véanse los datos correspondientes en la U. S. Geological Survey of Mineral Resource de todos los años.

2 A este respecto puede mencionarse el último discurso del Director del Comité Geológico de Rusia, M. C. Bogdanowich a su paso por París en la Sociedad Geológica de Francia en la sesión del 22 de mayo de 1916, haciendo notar la necesidad que en los actuales momentos tiene este país de obtener sales de sosa, potasa, *tierras infusoriales*, fluorita, baritina, minerales de arsénico, antimonio, etc., que antes se importaban de Alemania principalmente.

ladrillos, en chimeneas, estufas, hornos, altos hornos, etc., y con esta substancia se rellenan los espacios huecos entre las paredes de las cajas fuertes contra incendio, así como para revestir las paredes de los depósitos de pólvora en los buques de guerra.

Por su mismo poder aislador del calor que tienen los *Tizates*, hacen que se les pueda aprovechar en la confección de refrigeradores.

Como aislador del sonido se le emplea para revestir los muros y plafones de las habitaciones.

La porosidad del *Tizate* es muy grande, se usa para la filtración y purificación de muchas substancias corrosivas, pues sólo es atacada por el ácido fluorhídrico y las lejías alcalinas (sosa y potasa), empleándose también en la refinación del petróleo.

La sílice de los carapachos de las diatomeas disuelta en la sosa o potasa da el vidrio soluble que se utiliza en los barnices que se emplean en la fabricación de la porcelana.

La presencia de los esqueletos de las diatomeas en los guanos se utiliza para averiguar su procedencia y por lo tanto su calidad.

Se han dado casos de que los depósitos diatomíferos conteniendo bastante materia orgánica hayan sido empleados como alimento.

No queremos hacer más larga esta lista de aplicaciones del trípoli, aunque podrían citarse mucho más usos industriales, tales como en el papel (fabricación del papier Maché), cementos, cauchú, colores, en pirotécnica, empleándose también como material de construcción en algunos países.

Las bellas formas y delicadas ornamentaciones de las valvas de las diatomeas, podrían servir como motivos o modelos en las artes decorativas.

Como ya se expuso con anterioridad, la familia de las diatomáceas se ha dividido en dos subfamilias: las *Placochromaticeas* y las *Coccochromaticeas*, constando hasta el presente esta familia de unas 6,000 especies agrupadas en unos 170 géneros y distribuídas en varias tribus.

Las tribus que hasta el presente pueden señalarse en México, en los diversos sedimentos lacustres que son en los que más abundan y pertenecientes a estas dos subfamilias, podemos citar para la primera las siguientes: *Achnantheas*, *Cymbelleas*, *Naviculeas*, *Nitzschieas*, *Surirelleas*, *Sinedreas* y *Eunotieas*.

De la segunda subfamilia pueden citarse las *Fragilareas*, *Tabellarieas*, *Coscinodiceas* y *Gaillonelleas* o *Melosireas*.

Al hacer la descripción de las especies mexicanas, se irá haciendo metódicamente la descripción de las tribus, géneros, etc., tales como están distribuídas en la clasificación de Pfizer que es la que por ahora hemos adoptado en nuestros estudios.