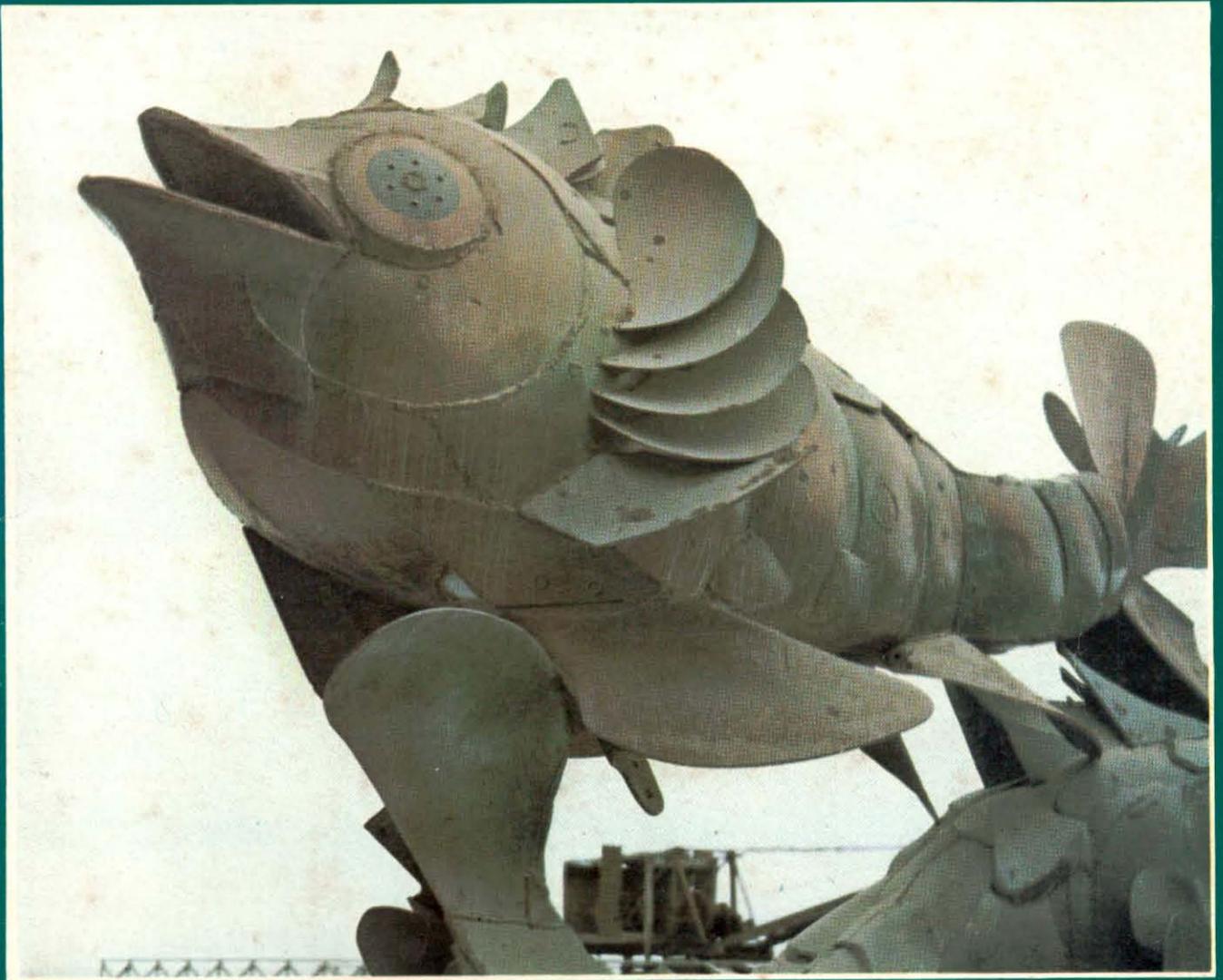


# DOCUMENTA

ORGANO INFORMATIVO TECNICO-CIENTIFICO DEL MINISTERIO DE PESQUERIA

ABRIL DE 1973  
No. 28

EDITADO POR LA OFICINA  
DE TRAMITE DOCUMENTARIO



LIMA



PERU

**Director:**  
Dr. José Linares Málaga.

**Asesor:**  
Dr. Lorenzo Palagi T.

**Jefe de Redacción y Diagrama:**  
Sr. Samuel Bermeo Arce.

**Redacción:**  
Lord Cochrane N° 351  
Miraflores—Telf.: 40-6995.

**Impresores:**  
Imprenta del Ministerio de  
Guerra - Jr. Ancash N° 671  
Lima.

#### SUSCRIPCION ANUAL

En el país ..... S/. 500.00  
En el extranjero ..... US \$ 15.00



**NUESTRA CARATULA**  
Hermosa escultura realizada íntegramente en metal por el conocido artista peruano Víctor Delfín y que adorna la Caleta de Huanchaco en Trujillo. (Foto: César Madrid C.)



# DOCUMENTA

**ORGANO INFORMATIVO TECNICO-CIENTIFICO**

**DEL MINISTERIO DE PESQUERIA**

## CONTENIDO

### 2. Editorial

### NORMAS ADMINISTRATIVAS

### 4 Conclusiones del Seminario Multinacional sobre Archivos.

### INFORMES TECNICOS—CIENTIFICOS

### 8 Tecnología de la preparación de conservas de anchoveta.

### 12 Alemania construye nuevas rutas para barcos

### 15 Progreso científico técnico de la pesca soviética

### 18 Concentrado de Harina de Pescado

### 22 Los Estados Unidos empiezan a cultivar el mar sistemáticamente

### 25 La vida marina en el diario de Charles Darwin

### 29 La pesquería de la "Macha"

### 30 Explorando la última frontera de la Tierra.

### 36 Notas sobre los ciclidos de Venezuela

### 40 Sílice en el ambiente marino

### 45 Estudio de los océanos desde satélites

### 46 Un mundo más limpio en el que vivir

### 48 REVISTA DE REVISTAS

### 49 RESEÑAS BIBLIOGRAFICAS

### MISCELANEA

### 50 Conozcamos nuestra riqueza hidrobiológica

### 52 El futuro se halla en el fondo del mar

### 53 Los responsables de la contaminación del mar al descubierto

### 54 Pescando en el hielo

### 55 NOTICIERO

**AÑO III No. 28 ABRIL DE 1973**

# SILICE EN

# AMBI

JACK MORELOCK

Instituto Oceanográfico,  
Universidad de Oriente,  
Cumaná, Venezuela

El silicio es el segundo elemento más abundante en las rocas de la corteza terrestre, pero es apenas un componente menor en el agua del mar. La concentración de sílice en el mar es aproximadamente cuatro partes por millón, bastante por debajo de los valores posibles de concentración en base a su solubilidad.

Esta concentración anormalmente baja en el mar, origina varios interrogantes en relación a los factores involucrados en la remoción de la sílice en solución.

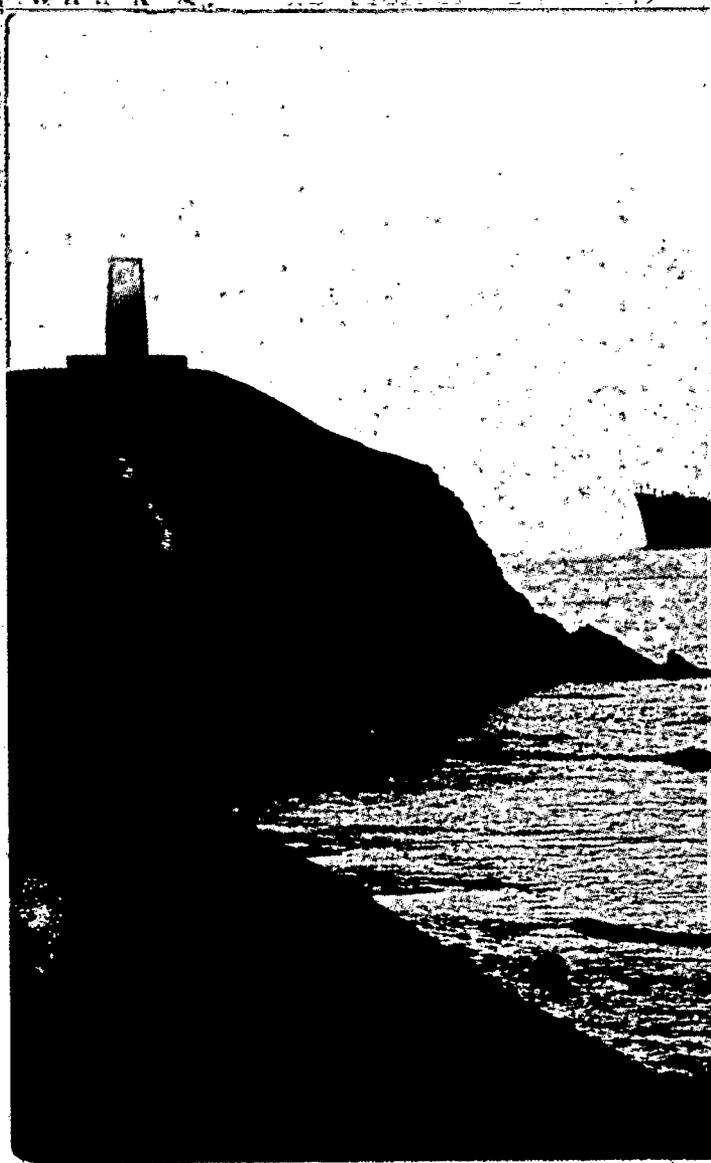
Iler (1955) hizo notar que el carbono y el silicio tienen características muy similares, de allí que no sería aventurado especular sobre el desarrollo de formas de vida basadas en el silicio, en lugar del carbono. Los resultados de las investigaciones químicas no son suficientemente concluyentes al respecto. El factor dominante principal podría ser la cantidad disponible de uno de los dos elementos (carbono o silicio) en combinaciones capaces de sostener alguna forma de vida. La mayor solubilidad del dióxido de carbono en el agua puede ser uno de los factores fundamentales.

Existen tres formas cristalinas corrientes de sílice: cuarzo, tridimita y cristobalita. Tridimita y cristobalita son inestables a temperaturas y presiones normales, y no son comunes en aguas superficiales o en rocas. La sílice existe también en estado amorfo.

La sílice es ligeramente soluble en agua. Las solubilidades del cuarzo y de la sílice amorfa son diferentes; el cuarzo, que es el más estable, es el menos soluble. La solubilidad del gel de sílice a 35°C. es aproximadamente 0,040/o.

A temperaturas ordinarias, la solubilidad tan solo alcanza 0,01-0,150/o. El gel de sílice, al disolverse forma una solución de ácido silícico monomérico ( $H_2SiO_4$ ) cuya concentración está relacionada con la temperatura.

Existe un equilibrio de solubilidad entre la sílice iónica y la coloidal. A 25°C., la solubilidad expresada en términos de partes por millón, sería de 100 a 140 ppm. y, pese a que las formas cristalinas se consideran como relativamente insolubles por debajo de 150°C, se disuelven en una proporción de 7 a 14 ppm. a 25°C. El establecimiento del equilibrio entre sílice iónica y coloidal es un proceso tan largo que las soluciones sobresaturadas pueden mantenerse por semanas o meses antes de lograrse dicho equilibrio (Iler, 1955; Krauskopf, 1959). Lo mismo ocurre en el caso de la



# EL ENTE MARINO



solución del gel de sílice en agua.

Por debajo de un pH de 8,5, la solubilidad es esencialmente independiente del valor del pH, pero para los valores más altos la solubilidad aumenta bruscamente (Krauskopf, 1956). Según Correns (1950), la solubilidad de la sílice está relacionada con los valores del pH del solvente superiores a 3,0 y aumenta cuando se hace mayor. Esa conclusión de Correns, aceptada ampliamente hasta que las investigaciones realizadas por Alexander (1954) y Krauskopf (1956) demostraron que el pH no tiene efecto sobre la solubilidad en los intervalos inferiores de pH, influenció muchas teorías sobre el emplazamiento diagenético y la concentración de sílice. Debido a ello, las teorías publicadas antes de 1956 deben ser reevaluadas, recordando que, de haber incorporado los datos suministrados por Correns, están basadas en términos no valederos.

Otras características físicas diversas de la sílice han sido utilizadas incorrectamente en la formulación hipótesis sobre su concentración en los sedimentos. El agua del mar no tiene efecto sobre la sílice en solución verdadera; la sílice amorfa o cristalina es tan soluble en el agua marina como en el agua dulce (Krauskopf, 1959). La característica más importante de las aguas naturales con respecto a la sílice es una evidente subsaturación. La mayoría de los ríos y de las aguas subterráneas contienen menos de 35 ppm de sílice. En el mar, la concentración es aún más baja, variando entre 0,1 y 4,0 ppm en aguas superficiales, y 5 a 10 ppm en aguas profundas (Harvey, 1957; Siever, 1959). Como los ríos agregan continuamente agua con un contenido de sílice más alto que los encontrados, debe de existir algún proceso efectivo de remoción.

Anteriormente se creía que grandes cantidades de sílice eran llevadas al mar en suspensión coloidal, pero investigaciones posteriores han demostrado que es transportada esencialmente en un estado de verdadera solución, y que aún en el agua dulce hay subsaturación con respecto a ella (Krauskopf, 1959). La partículas en un coloide de sílice están en estado amorfo y los valores de solubilidad para la sílice amorfa son válidos. Parte de la sílice es transportada en forma coloidal, y otra porción es llevada con las coloides de otros materiales, pero este transporte es menor.

A pesar de la gran proporción de sílice soluble traída al

océano, no hay señal de su acumulación en las aguas superficiales. Dos factores han sido sugeridos por Bien et al (1959) para explicar esta ausencia. El factor más importante es probablemente la remoción por acciones biológicas aún cuando una parte de la remoción inicial puede ser causada por precipitación inorgánica.

No obstante, la simple disolución no puede explicar la totalidad del descenso de concentración en sílice cuando las aguas fluviales entran al mar. Hay una acelerada pérdida inicial de sílice que puede ser atribuida a coprecipitación con iones de aluminio cuando aumenta el pH (Bien, et al, 1959). El proceso principal no puede ser la coagulación de la sílice coloidal por electrolitos porque la mayor parte de esta sustancia está en solución verdadera y no puede ser incorporada en precipitación química directa, puesto que en el laboratorio, como ya se ha mencionado, la sílice amorfa muestra la misma solubilidad en el agua marina que en el agua dulce.

La remoción inorgánica de la sílice soluble puede ser efectuada por reacción con electrolitos en el agua marina, resultando en una polimerización, o bien absorción o coprecipitación son sólidos en suspensión o material coloidal en las aguas fluviales, cuando estas entran en contacto con los electrolitos en el agua marina. Los experimentos de Bien et al, (1959) indican que esa absorción ocurre y que tanto los electrolitos como la materia en suspensión son necesarios para la precipitación de la sílice.

Las acciones biológicas pueden explicar una parte de la remoción inicial de sílice que ocurre en períodos de alta descarga fluvial. Después de la mezcla inicial de sílice que ocurre en períodos de alta descarga fluvial. Después de la mezcla inicial del agua fluvial con el agua marina, para las clorinidades de más de ocho partes por mil, la remoción biológica es apreciable, y el mecanismo principal en las aguas someras de los océanos parece ser la utilización biológica de la sílice.

Cuando las diatomeas y otros organismos silíceos se hunden en las profundidades oceánicas, se vuelve a disolver parte de la sílice y eso puede ser un factor determinante en el aumento de concentración a medida que aumenta la profundidad. Harvey (1957) informó que una especie de diatomea con concha delgada, conservada por dos meses en una botella bajo un pH de 8,2, devolvió al agua aproximadamente el 50 por ciento de la sílice de su frústulo.

Además de la sílice llevada por los ríos a los océanos, grandes cantidades de la misma pueden ser aportadas por la acción de los volcanes. Tanto las cenizas volcánicas que caen en las áreas oceánicas como el vulcanismo submarino pueden contribuir con una cantidad apreciable a la concentración de sílice en el océano. Esto enfatiza la importancia de la acción de los organismos marinos pues a pesar de esa contribución, los mares permanecen esencialmente subsaturados con respecto a la sílice. Mucha de la sílice removida por organismos es incorporada a los sedimentos y eliminada del ciclo marino; la proporción de sílice en los sedimentos marinos es parte integral de ese ciclo.

El proceso fundamental mediante el cual la sílice químicamente precipitada es agregada a los sedimentos como mineral primario, por encima de cualquier otro proceso diagénético, es la precipitación bioquímica por diatomeas, radiolarios, esponjas, y silicoflagelados. La precipitación inorgánica primaria de la sílice amorfa no puede efectuarse porque las aguas están subsaturadas.

En los sedimentos marinos el agua atrapada está en equilibrio con el cuarzo y subsaturada con respecto a la sílice

amorfa. Si las conchas de los organismos que segregan sílice están presentes, es concebible que esas aguas confinadas pueden volverse sobresaturadas durante las etapas tempranas del diagénesis (Dapoles, 1959). Después de la muerte de los organismos sus conchas comienzan a disolverse en las aguas subsaturadas, lo cual debería incrementar la sílice en solución hasta el equilibrio de solubilidad, de 120 a 140 ppm. Esas soluciones quedarían aisladas de la circulación normal marina, y los factores de remoción de la sílice no actuarían. Eso parece ser lo que está aconteciendo realmente en sedimentos marinos recientes frentes al sur de California Emery y Rittenberg (1952) analizaron la sílice presente en el agua intersticial exprimida de secciones de muestras de núcleo de sedimentos recientes tomados en el mar. La sílice en el agua intersticial indicó que hubo contacto con material silíceo durante suficiente tiempo como para acercarse al equilibrio. Emery y Rittenberg sugirieron que el paso ascendente del flujo de las aguas intersticiales por capas de alto contenido orgánico durante la compactación ofrece un mecanismo para formar depósitos estratificados de ftanitas. Dichos autores basan muchas de sus conclusiones en la premisa formulada por Correns, y por tanto, algunas de sus conclusiones deben ser consideradas con escepticismo. Es interesante notar que ciertas mediciones han demostrado que las aguas intersticiales se vuelven sobresaturadas con respecto al cuarzo, el cual tiene un punto de saturación muy inferior al de la sílice amorfa, y que el lento equilibrio con el cuarzo puede verificarse por precipitación. Taliferro (1933) sugirió una situación similar, pero propuso condiciones especiales como un intenso vulcanismo durante el cual grandes suministros de sílice son liberados como astillas de vidrio o en forma de vapores.

Aún cuando no existe un acuerdo general al respecto, la opinión que prevalece entre los biólogos marinos parece ser la de que la sílice no es un factor limitante en la proliferación del plancton como lo son los nutrientes esenciales, aún cuando la sílice es utilizada en la formación de las conchas de muchos organismos marinos. Eso constituye, probablemente, el factor principal de la remoción de la sílice del agua del mar. Ese proceso conduce a un agotamiento drástico de la sílice en aguas superficiales.

La teoría formulada acerca de la precipitación inorgánica de la sílice por Tarr (1921) y Twenhofel (1932) fueron aceptadas durante largo tiempo. Ellos propusieron que la sílice era transportada a los mares por los ríos como un coloide hidrófilo y allí flocculada por los electrolitos y precipitada. La pequeña proporción de sílice no depositada cerca del delta del río, lo sería más tarde sobre el fondo del mar, en masas elípticas del gel de sílice. En apoyo a esta teoría, se han citado los datos presentados por Russell (1936) quien, en muestras recogidas en las aguas someras de la bahía de Redfish y parte de la bahía de Barataria, notó la presencia de fangos plásticos negros. Pese a que estos fangos no fueron analizados químicamente o mecánicamente, Russell pensó que eran el resultado de una flocculación, probablemente con un alto contenido en gel de sílice. Bissell (1959) interpretó este informe de la manera siguiente: asumió que unas masas parecidas a gel de sílice se forman en sedimentos de la costa del Golfo de Méjico, como precipitados inorgánicos. Sin embargo, Russell había advertido expresamente que él no había hecho análisis químicos y no dio precisiones en cuanto al contenido de sílice.

Existen varias objeciones a la teoría de la precipitación inorgánica sobre el origen de la sílice en los sedimentos:

1. La sílice es transportada en solución verdadera y, en este estado, no es sensible a la acción de los electrolitos.



# Ya están en marcha los LancerBoss

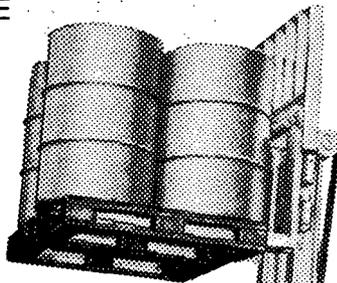
INGLATERRA

*...el paso más ligero,  
en el trabajo  
de carga pesada!!*

Al igual que en los más importantes Centros Industriales de Europa y América, los Montacargas "LancerBoss" ingleses, famosos por su increíble versatilidad de manipuleo y rapidez en el trabajo, ahora por primera vez en el Perú, ya comenzaron también a prestar su aporte y colaboración en la obra de su desarrollo y progreso.

Pero, hay una cosa muy importante al comprar cualquiera de los grandes y chicos montacargas "LancerBoss" y es que nosotros estamos en condiciones de poder ofrecer un **SERVICIO TECNICO PERMANENTE DE CONSULTORIA, DEMOSTRACIONES, MANTENIMIENTO Y REPUESTOS.**

**INDUSTRIA PERUANA**  
A PARTIR DE 1975



**FABRICANTES DE LA LINEA MAS COMPLETA DE MONTACARGAS FRONTALES Y LATERALES, DESDE 2 HASTA 50 TONELADAS EN DIFERENTES EJECUCIONES**

**LancerBoss**   
INGLATERRA

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS EN EL PERU

**UNION**

CONSTRUCCIONES METALICAS UNION S.A.

Rodolfo Beltrán 591 (Cdra. 7 Av. Argentina)  
Teléfonos: 23-8338 - 28-3515



# SILICE EN EL AMBIENTE MARINO

VIENE DE LA PAG. 42

2. La sílice en el agua del mar está en concentraciones de 0,1 a 4 ppm y la precipitación inorgánica de dichas soluciones diluidas es improbable.
3. Muchos depósitos de ftanitas muestran evidencias de un origen por reemplazo.

Pittman (1959) propuso que la sílice de los sedimentos era originada por reemplazo. La sílice difusa del agua marina es concentrada por los organismos marinos y cuando estos mueren es depositada en los sedimentos marinos. Pittman sugirió que, puesto que ese material es amorfo, es más soluble que el cuarzo y que, una vez cubierto por los sedimentos, llega a un equilibrio con el agua atrapada en ellas, lo cual trae como consecuencia la precipitación del cuarzo.

En vista de que el presente trabajo no incluye datos originales, los hechos presentados han sido tomados de artículos publicados.

En esta presentación quedaron evidenciados los problemas que pueden resultar cuando se emplean datos erróneos de las publicaciones. Por esta razón, el breve resumen sobre el conocimiento disponible en relación a la solubilidad de la sílice presentado a continuación, ha estado basado en una cuidadosa selección de los datos. Solamente se han utilizado fundamentadas en los datos originales de, por lo menos, dos investigadores:

1. La sílice es igualmente soluble en agua dulce que en agua marina. Es transportada en solución, y tanto el agua dulce como el agua marina aparecen subsaturadas con sílice.
2. Es muy poca la sílice transportada en forma coloidal.
3. La solubilidad está relacionada con la temperatura y la presión. Con valores de pH menores de 8,5, la solubilidad no está relacionada con el pH, pero por encima de este valor, hay una fuerte relación directa.
4. Varios factores influyen sobre la remoción de la sílice de los océanos.
  - a. co-precipitación con aluminio coloidal.
  - b. precipitación electrolítica inorgánica.
  - c. remoción por organismos (parece ser predominante).
5. Entre los factores que influyen sobre la concentración de la sílice en los sedimentos, se mencionan:
  - a. adición de material volcánico en los océanos.
  - b. deposición de conchas silíceas de organismos.
  - c. aislamiento de las aguas intersticiales en su interacción con el agua marina.
6. La concentración de sílice en el agua marina varía con la profundidad y aumenta debajo de la zona fótica, pero

aún el agua a niveles más profundos permanece subsaturada en sílice.

7. La sílice es utilizada por organismos marinos para formar sus conchas, pero la concentración de sílice en agua marina es suficiente, de modo que no constituye un factor limitante en la proliferación del fitoplancton.
8. El sílice puede haber desempeñado un papel en el origen de la vida, más importante que su función actual; pero ello pertenece mayormente al dominio de la especulación.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece la valiosa ayuda de J.M. Sellier de Civrieux, traductor al español de la versión inglesa, y de Luis Herrera y Oliver Macsotay quienes leyeron la versión definitiva del trabajo.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Alexander, G. B., W. M. Heston, & R. K. Iler. 1954.— The solubility of amorphous silica in water. *Jour. Phys. Chem.*, v. p. 453—455.
- Armstrong, F. A. J. 1965.— Silica. in *Chemical Oceanography*, Volume I, John Wiley Sons, New York, p. 409—432.
- Bezrukov, P. L. 1955.— Distribution and rate of sedimentation of silica silts in the Sea of Okhotsk. *Doklady Akad. Nank. S. S. S. R.*, v. 103, p. 473—476.
- Bien, G. S., D. E. Contours, & N. H. Thomas. 1959.— The removal of soluble silica from fresh water entering the sea. in *Silica in Sediments*, Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. 7, p. Tulea, Okla., p. 20—35.
- Bissell, H. J. 1959.— Silica in sediments of the Upper Paleozoic of the Cordilleran area. in *Silica in Sediments*. Soc. Econ. Paleontologist and Mineralogists. Spec. Publ. 7, Tulsa, Okla., p. 150—185.
- Bramlette, N. M. 1946.— Monterey Formation of California and origin of its siliceous rocks. USGS Prof. Paper 212, U. S. Govt. Printing Office, Washington, D. C., 57 p.
- Cooper, L. H. N. 1952.— Factor affecting the distribution of silicate in the North Atlantic. *Jour. Mar. Biol. Assoc., United Kingdom*, v. 30, p. 511.
- Correns, C. W. 1950.— Zur Geochemie der Diagenese, *Geochem et Cosmochim. Acta*, v. 1, p. 49—54.
- Dapples, E. C. 1959.— Behavior of silica in diagenesis. in *Silica in Sediments*, Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. 7, Tulsa, Okla., p. 36—51.
- Eitel, W. 1954.— *The Physical Chemistry of the Silicates*. University of Chicago Press. Chicago, 1592 p.
- Emery, K. O. & S. C. Rittenberg. 1952.— Early diagenesis of California Basin sediments in relation to the origin of oil. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists*. V. 36, p. 735—806.
- Garrels, R. M. 1960.— *Mineral Equilibrium*, Harper and Bros., New York, 254 p.
- Goto, K. 1955.— States of silica in aqueous solution: II solubility of amorphous silica. *Jour. Chem. Soc. Japan. Pure Chem. Sec.*, v. 76 p. 1364—1366.
- Harvey, H. W. 1957.— *The Chemistry and Fertility of Sea Waters*. Cambridge University Press, London, 234 p.
- Iler, R. K. 1955.— *The Colloid Chemistry of Silica and Silicates*. Cornell University Press. Ithaca, N. Y., 324 p.
- Krauskope, K. B. 1959.— The geochemistry of silica in sedimentary environments. in *Silica in Sediments*, Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists. Spec. Publ. 7. Tulsa, Okla., p. 4—19.