

PRESENCIA DE ESTEROLES EN SEDIMENTOS DEL RIO COATZACOALCOS Y DE LA LAGUNA DEL OSTION, VERACRUZ, MEXICO

JUAN M. CORTES-VAZQUEZ y ALFONSO V. BOTELLO

Laboratorio de Contaminación Marina, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología,
UNAM. Coyoacán, México D. F., Apdo. Postal 70-305, México.
(Recibido enero 1986, aceptado octubre 1987)

RESUMEN

Se realizó la cuantificación e identificación de algunos esteroides presentes en los sedimentos recientes del estuario del Bajo Río Coatzacoalcos, así como en la Laguna del Ostión, Veracruz, México. Para el análisis de los esteroides se empleó la técnica de cromatografía de gases, pudiéndose identificar los siguientes esteroides: colesterol, ergosterol, stigmasterol, lanosterol y β -sitosterol, además de coprostanol y colestanol, siendo éstos últimos indicadores químicos de la contaminación fecal por desechos humanos. Los resultados obtenidos muestran una concentración de esteroides más alta en el Río Coatzacoalcos que los datos descritos previamente por otros autores para los puertos de Veracruz y de Mazatlán, México; pero más baja que los niveles mencionados para el estuario del Río Clyde en Inglaterra y la Bahía de Nueva York, EUA. Asimismo, la Laguna del Ostión presenta niveles de concentraciones de esteroides más altos que el Río Coatzacoalcos, lo cual se debe a la pobre circulación de las masas de agua y a la descarga directa de los desechos fecales por parte de las comunidades de pescadores que habitan en sus cercanías.

ABSTRACT

Gas chromatography analysis for the identification and quantification of sterols were conducted in sediment samples from the estuary of the Coatzacoalcos River and Ostion Lagoon, Veracruz, México. Cholesterol, ergosterol, stigmasterol, lanosterol, β -sitosterol were identified in addition to coprostanol and colestanol which are chemical markers of faecal human pollution. The results show a higher concentration of sterols in the Coatzacoalcos River compared with data reported previously, by other authors, in the Port of Veracruz and Mazatlan Harbour; but lower than the concentration in the Clyde Estuary, England and New York Bay, USA. Likewise, Ostion Lagoon presents higher levels of sterols than the Coatzacoalcos River being an indication of the poor circulation inside the lagoon associated with the human discharges from fishermen living in nearby settlements.

INTRODUCCION

Durante los últimos años ha aumentado el interés en evaluar las distintas fuentes de contaminación del agua, siendo la industrial una de las principales. Las descargas naturales y domésticas, así como materiales derivados del ciclo de vida de plantas y animales acuáticos, contribuyen en gran medida con aportes sustanciales de materia orgánica de origen biológico. Sin embargo, los métodos actuales de evaluación necesitan descubrir la presencia de clases específicas de compuestos orgánicos que puedan ser relacionados cuantitativamente con las fuentes que los producen.

Ciertas pruebas químicas comunes proporcionan evidencia de materia fecal, pero no son indicadores específicos. Estos ensayos incluyen, por ejemplo: amonio, cloruros, carbonatos, nitritos, nitratos, demanda química de oxígeno y oxígeno disuelto (Kirchmer 1971, Albaigés 1980). Aunque alguna de estas sustancias puede ser empleada para señalar procesos de contaminación, mejores determinaciones se obtienen examinando en el agua más de una de ellas, por ejemplo, la presencia de nitritos implica una posible descarga por el drenaje, pero si están presentes junto con amonio y gran concentración de cloruros, la conclusión es más certera (Kirchmer 1971).

Como se mencionó anteriormente, se requieren clases específicas de compuestos para relacionarlos con la fuente de contaminación y los esteroides ofrecen esta ventaja, ya que algunos de ellos son característicos de ciertas formas de vida, en tanto, son constituyentes menores de plantas y animales y resisten la degradación microbiana por lapsos más prolongados que otros compuestos orgánicos, lo que permite su empleo como marcadores biológicos para períodos largos de tiempo.

Con el empleo de las técnicas químicas actuales como el uso de isótopos o trazadores radioactivos, es posible diferenciar si son de origen marino, terrestre o debido a descargas antropogénicas, esta propiedad es usada especialmente en zonas costeras donde la materia orgánica en sedimentos puede ser aportada por muy diversas fuentes (Berman 1959, Idler *et al.* 1968, Duursma y Dawson 1981).

En adición a la existencia de restos de plantas y animales, las descargas municipales y/o industriales contienen derivados de materia fecal de mamíferos, cuyos compuestos surgen de la reducción de esteroides a estanoles por la acción de la flora intestinal de mamíferos.

Los esteroides que el humano excreta son, predominantemente colesterol, coprostanol, β -sitosterol, metil colesterol y etil colesterol. Estos han sido encontrados en el ambiente marino, a excepción del coprostanol que no ha sido identificado en sedimentos no contaminados (Kirchmer 1971).

MATERIALES Y METODOS

Los sedimentos se colectaron a lo largo del estero del Bajo Río Coatzacoalcos empleando una draga Van Veen de 1.5 l de capacidad, estableciéndose 10 estaciones fijas de muestreo. Una vez colectados se traspasan a bolsas de plástico y se congelan a 4°C hasta su análisis en el laboratorio.

Además se colectaron muestras de 10 estaciones ubicadas en la Laguna del Ostión con el fin de hacer una comparación de una zona contaminada (Coatzacoalcos) con otra no contaminada (Laguna del Ostión) (Figs. 1 y 2).

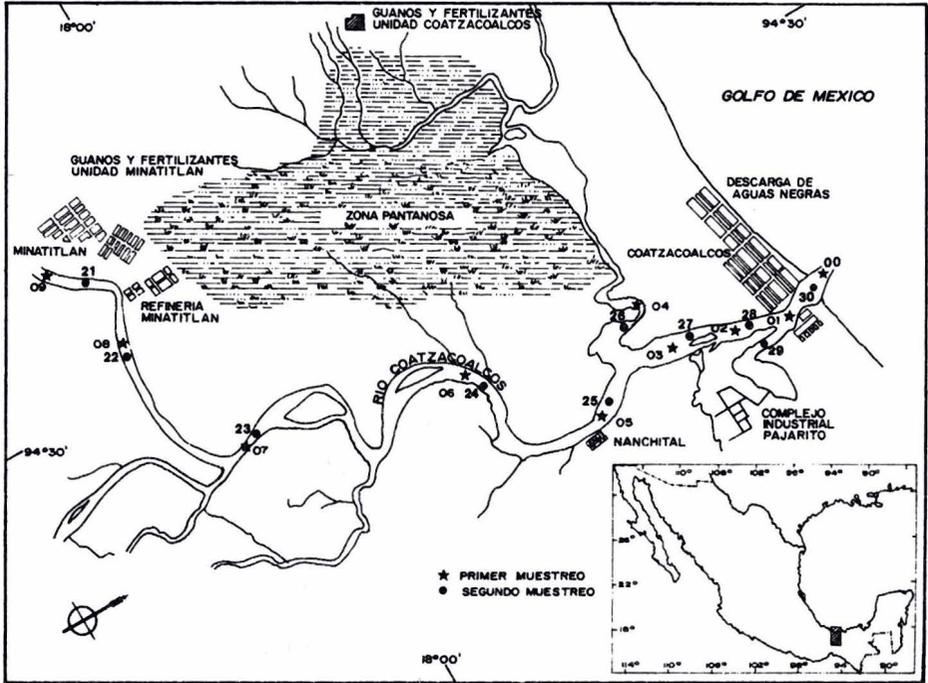


FIG. 1. Localización de los sitios de muestreo en el Río Coatzacoalcos

Las muestras fueron secadas a 60°C durante 24 horas. Se pasaron a un mortero, se molieron y se tamizaron a través de una malla 60 (0.25 mm).

Se colocaron 50 g de sedimento seco y molido, en un aparato de extracción soxhlet y se colocaron a reflujo 4 horas con una mezcla de benceno y metanol (1:1). Posteriormente se filtraron las muestras, se evaporaron a sequedad y se eluyeron, a través de una columna de alúmina con éter, poniéndose en la base de la columna sulfato de sodio anhidro.

Los eluatos se evaporaron a sequedad, se reconstituyeron con bisulfuro de carbono al momento de ser analizados por cromatografía de gases, empleándose un cromatógrafo Hewlett Packard mod. 5840. Las condiciones de operación fueron: temperatura inicial: 150°C , temperatura final: 280°C , incremento: $5^{\circ}\text{C}/\text{min.}$, detector: FID, columna capilar de sílica fundida de 10 m con OV-101.

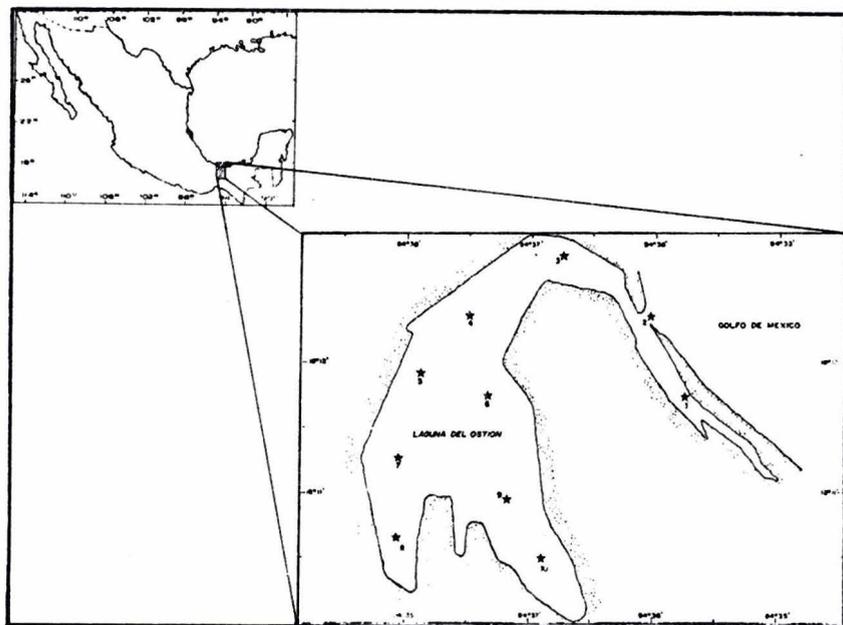


FIG. 2. Localización de los sitios de muestreo en la Laguna del Ostión

RESULTADOS Y DISCUSION

En las tablas I y II se anotan los resultados obtenidos del análisis de esteroides en el estero del Bajo Río Coatzacoalcos. Se puede notar que la concentración de los metabolitos del colesterol encontrada en los sedimentos del río está en un intervalo de 0.013-4.84 ppm. Estos valores son relativamente bajos si se comparan a los descritos por Goodfe-

TABLA I. CONCENTRACION DE ESTEROLES EN SEDIMENTOS DEL BAJO RIO COATZACOALCOS MARZO 1982 (ppm peso seco)

ESTACION	01	02	03	04	05	06	07	08	09	00
Coprosterol	ND	ND	ND	ND	0.070	ND	0.587	ND	ND	ND
Colesterol	3.070	ND	7.330	ND	0.291	ND	2.260	1.643	0.647	3.950
Colestano	2.890	1.146	1.500	ND	0.151	ND	1.108	0.961	0.854	ND
Ergosterol	1.230	ND	8.430	ND	0.026	ND	1.263	ND	ND	ND
Stigmasterol	0.132	ND	ND	ND	0.031	ND	0.610	ND	ND	ND
Lanosterol	0.770	ND	0.912	ND	0.069	ND	0.669	0.960	ND	0.152
β -Sitosterol	0.354	ND	0.208	ND	0.132	ND	0.075	ND	ND	ND

ND, no detectable

TABLA II. CONCENTRACION DE ESTEROLES EN SEDIMENTOS DEL BAJO RIO COATZACOALCOS JUNIO 1982 (ppm peso seco)

ESTACION	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
COMPUESTO										
Coprosterol	0.634	0.071	ND	0.013	ND	0.276	0.434	ND	ND	ND
Colesterol	2.967	0.082	1.011	0.232	0.054	0.620	0.494	5.620	0.676	ND
Colestano	4.840	0.147	0.266	0.154	0.463	0.474	0.249	2.780	0.380	ND
Ergosterol	2.393	1.670	ND	0.014	ND	0.102	0.145	4.480	0.084	ND
Stigmasterol	ND	0.329	ND	0.012	ND	0.253	ND	0.009	ND	ND
Lanosterol	4.259	2.023	0.232	0.023	ND	0.208	0.032	ND	0.208	ND
β -Sitosterol	ND	0.080	ND	ND	ND	0.039	ND	ND	0.011	ND

ND, no detectable.

llow *et al.* (1977) en el estuario de Clyde, cerca de la ciudad de Glasgow (0.019-14 ppm) y por Hatcher y McGuillivary (1978) en la Bahía de Nueva York (0.056-5.2 ppm), pero mucho más elevado a los determinados por Escalona *et al.* (1980), en la Bahía de Veracruz (0.006-0.44 ppm) y en el Puerto de Mazatlán (0.03-0.2 ppm).

A pesar de que el área de estudio es una zona contaminada por hidrocarburos fósiles, metales pesados, materia orgánica y otros compuestos, la concentración de metabolitos del colesterol no es muy elevada, pues según Murtaugh (1967), se excreta un promedio de 2.2 g de coprostanol por día per capita. Estos bajos niveles encontrados en el Río Coatzacoalcos pueden ser explicados ya que los esteroleos desaparecen en el ambiente acuático debido a la biodegradación por microorganismos, cuyo proceso decrece cuando se clorinan las aguas residuales, pero en la zona de estudio no existe esa clorinación, por lo cual la biodegradación ocurre rápidamente, aunque ésta tenga altibajos debido a la variación de la concentración de los microorganismos presentes.

En este trabajo, además de los metabolitos del colesterol, también se encontraron otros esteroleos cuyo origen puede provenir a través de detritos de la biota, principalmente algas y moluscos; estos esteroleos fueron encontrados en casi todos los sitios de muestreo, probablemente llevados y dispersados por la corriente del Río Coatzacoalcos y sus afluentes desde las zonas donde existen estos organismos a otras áreas y pueden servir de ayuda para caracterizar si la contaminación se produce por mecanismos biogénicos, por descargas antropogénicas o bien por una mezcla de ambos procesos.

La contaminación fecal del Río Coatzacoalcos no es muy elevada, como lo señalan los resultados obtenidos, que revelan una variación estacional de los niveles de metabolitos del colesterol, lo cual puede deberse al aumento del caudal del río, aunado a la corriente normal donde probablemente hay una absorción de los esteroleos en los sedimentos finos que son removidos del fondo y llevados a la boca del río y posteriormente al mar.

Como se mencionó anteriormente, se llevó a cabo un muestreo en la Laguna del Ostión, ya que debido a su poca superficie (que no presenta la dinámica del Río Coatzacoalcos) se consideró que podría servir como referencia.

TABLA III. CONCENTRACION DE ESTEROLES EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE OSTION SEPTIEMBRE 1982 (ppm peso seco)

ESTACION										
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
COMPUESTO										
Coprosterol	1.158	0.013	ND	ND	0.013	2.284	1.378	0.343	0.253	ND
Colesterol	ND	0.215	ND	ND	0.362	7.594	2.185	ND	ND	ND
Colestano	7.114	0.162	0.787	ND	0.288	ND	5.925	5.421	1.023	5.980
Ergosterol	1.411	0.023	ND	ND	0.049	0.420	2.146	4.267	ND	ND
Stigmasterol	1.169	0.014	ND	ND	0.020	ND	0.074	ND	ND	ND
Lanosterol	1.516	0.027	ND	ND	ND	ND	ND	0.298	0.252	ND
β -Sitosterol	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	0.159	ND	ND	ND

ND, no detectable.

Los datos obtenidos de la concentración de metabolitos del colesterol en la Laguna se muestran en la tabla III y son elevados (0.013-7.114 ppm) en comparación con los del Río Coatzacoalcos, lo que indica que la contaminación fecal es mayor que en el río, esto a pesar de que el asentamiento humano en la laguna es pequeño. La elevada concentración de esteroides puede deberse quizá, a que los núcleos de pescadores y sus familias descargan directamente los desechos domésticos a la laguna, que como no tiene buena circulación como el caso del Río Coatzacoalcos, los metabolitos quedan atrapados en los sedimentos y por lo tanto el tiempo de residencia de los esteroides es mayor debido a que se presenta un proceso de remoción muy bajo por efecto de la pobre circulación, lo que hace que la contaminación fecal de origen humano sea más notable que en el estero del Río Coatzacoalcos. Las figuras 3 a 6 muestran los cromatogramas de los estándares y de los esteroides encontrados en los sedimentos del Río Coatzacoalcos y de la Laguna del Ostión. Estos corresponden a los siguientes esteroides: a. coprosterol, b. colesterol, c. colestanol, d. ergosterol, e. stigmasterol, f. lanosterol y g. β -sitosterol.

De estos, el coprosterol y colestanol pertenecen al grupo de esteroides que son producidos por el hombre en sus procesos metabólicos y desechados vía heces fecales, indicando con su presencia que los niveles de contaminación fecal de las áreas estudiadas es de origen humano.

Los metabolitos del colesterol pueden ser empleados como indicadores de contaminación fecal, ya que la naturaleza específica de éstos y su presencia en los sedimentos y en las aguas contaminadas por descargas domésticas no dejan lugar a duda de que la presencia de los esteroides denota contaminación fecal.

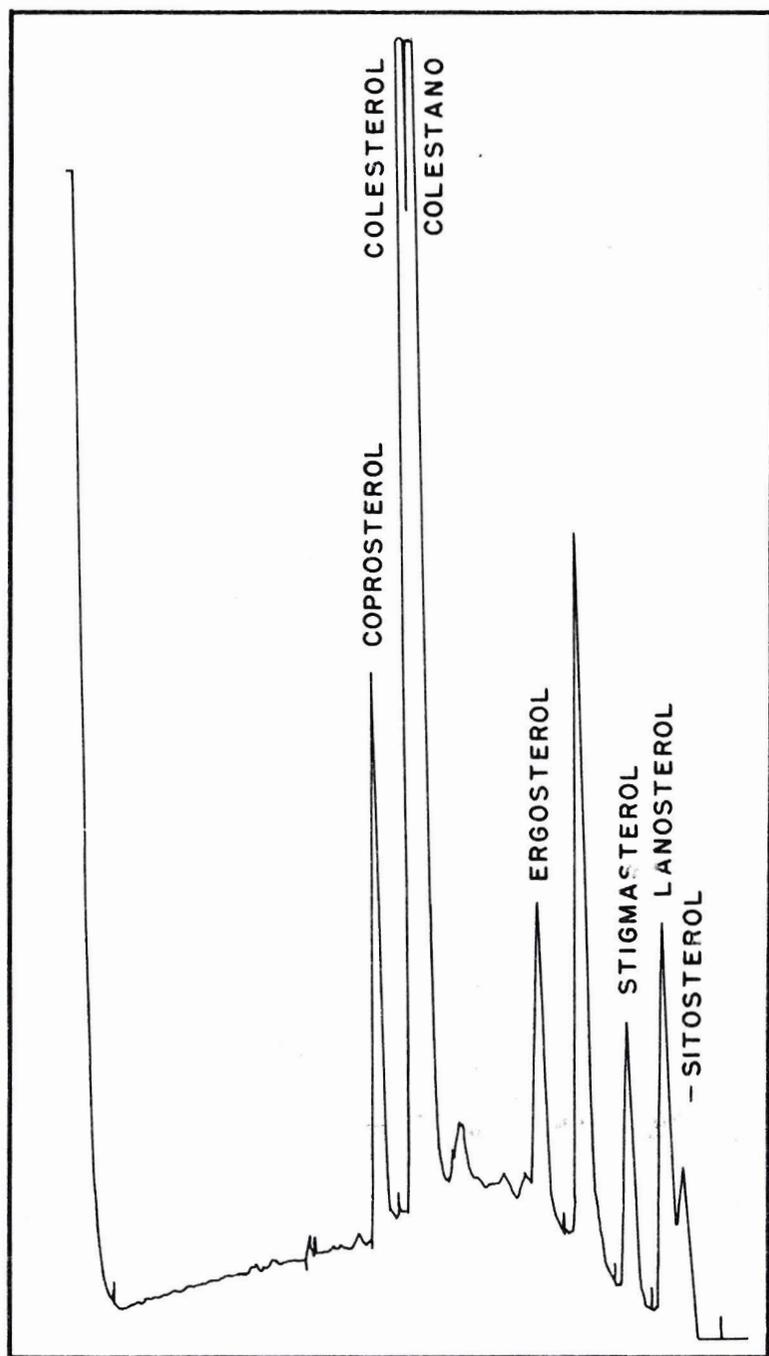


FIG. 3. Estándares de esteroides

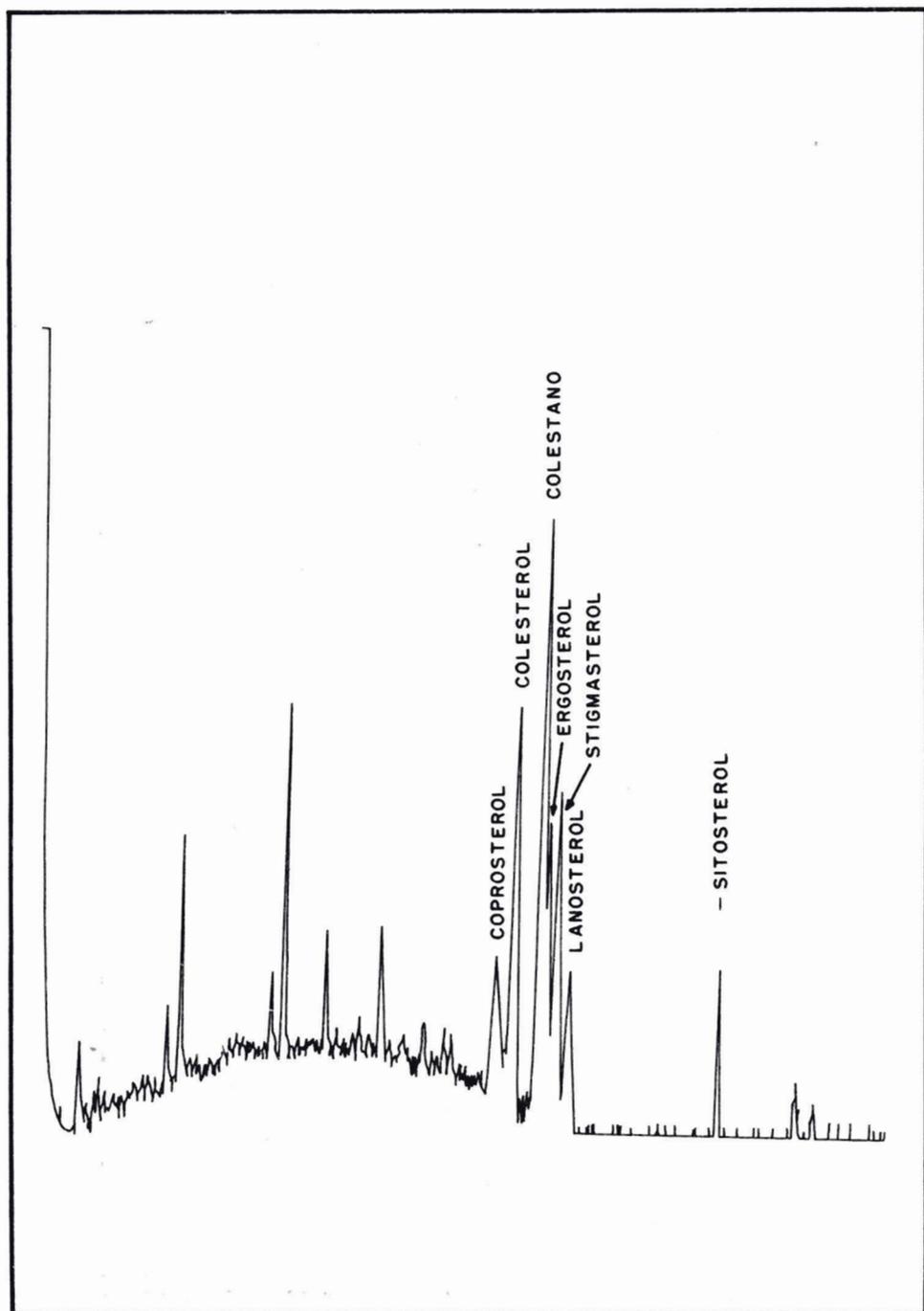


FIG. 4. Esteros encontrados en el Río Coatzacoalcos en marzo de 1982 (Estación 5)

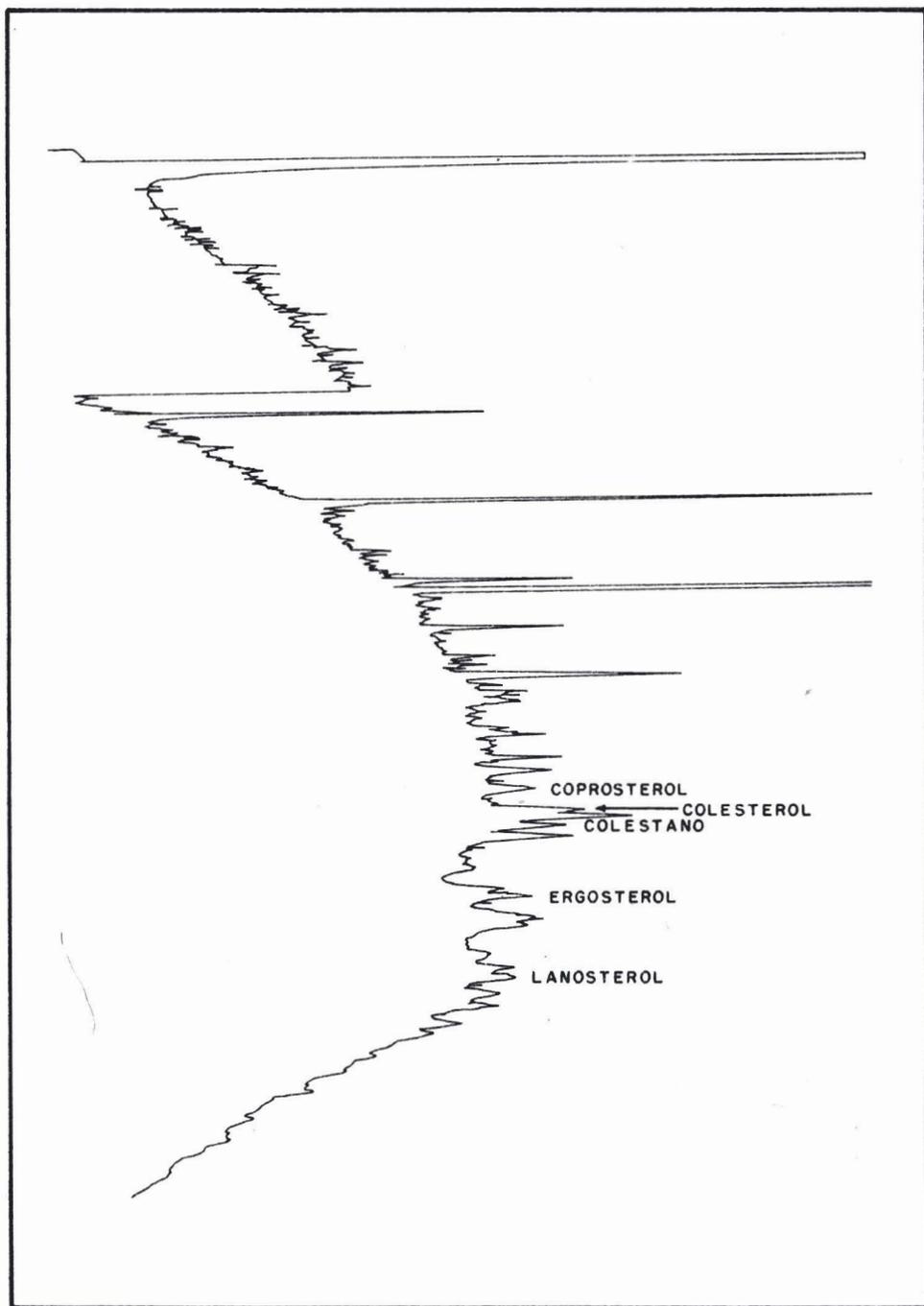


FIG. 5. Esteroles encontrados en el Río Coatzacoalcos en junio de 1982 (Estación 21)

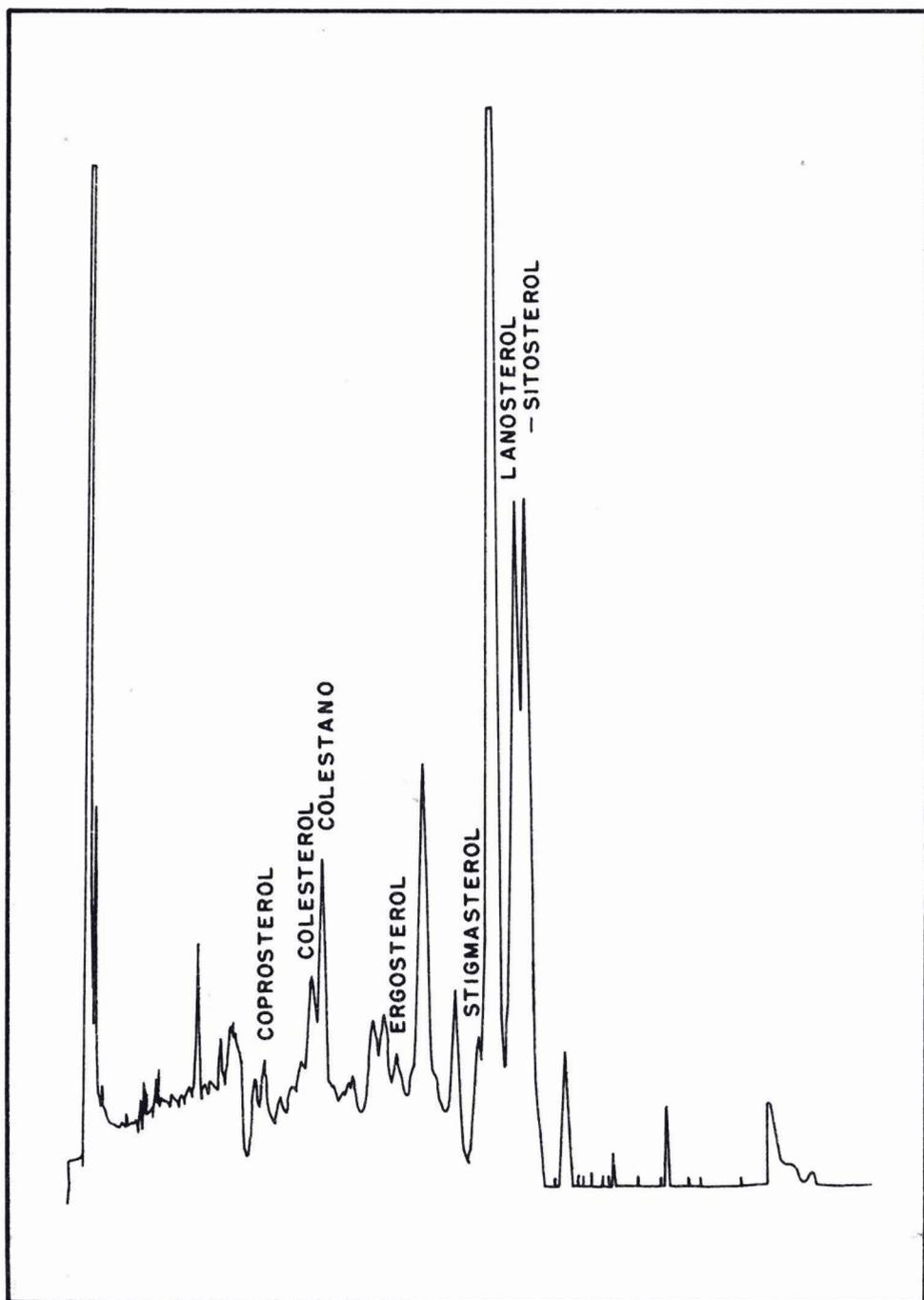


FIG. 6. Esteroles encontrados en la Laguna del Ostión en septiembre de 1982 (Estación 02)

Finalmente y de acuerdo con Kirchmer (1971) para que un indicador de la contaminación fecal sea ideal debe reunir algunas de las características siguientes:

1. Proporcionar resultados uniformes en todo tipo de aguas.
2. No debe estar presente en aguas bacteriológicamente puras.
3. La concentración del indicador debe incrementarse en proporción directa a la cantidad de descargas de drenaje.
4. El indicador debe estar mayor tiempo en el agua que los organismos patógenos.
5. Debe tener una ocurrencia en heces humanas.
6. Debe ser detectado por un análisis simple y rápido.

Así, los datos obtenidos de los metabolitos del colesterol pueden ser usados en adición al método de coliformes fecales, que indudablemente es una medida de la calidad del agua, pero que ofrece problemas asociados con la muerte bacteriana.

Los análisis de esteroleos aportan ventajas, ya que pueden ser preservados en el sitio de muestreo y dan una acumulación de la contaminación fecal y además pueden ser particularmente usados en la detección de descargas domésticas ó industriales, cuando existe una baja presencia de sustancias tóxicas.

REFERENCIAS

- Albaigés J. (1980). *Analytical techniques in environmental chemistry*. Pergamon Press, Londres.
- Berman W. (1949). Comparative biochemical studies on the lipids on marine invertebrates, with special reference to the sterols. *J. Marine Res.* 8, 137-176.
- Duursma K. y Dawson R. (1980). *Marine organic chemistry*. Elsevier Oceanographic Series, Holanda.
- Dutka B. J., Chan A. A. y Cuburn J. (1974). Relationship between bacterial indicator of water pollution and faecal sterols. *Water Res.* 8, 1045-1047.
- Escalona R., Rosales M. T. L. y Mandelli E. F. (1980). On the presence of faecal steroids in sediments from two Mexican Harbours. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.* 24, 289-295.
- Goodfellow M., Cardoso J., Eglington G., Dawson J. P. y Best G. A. (1977). A faecal sterol survey in the Clyde Estuary. *Mar. Poll. Bull.* 8, 272-276.
- Hatcher P. G. y McGuillivray P. A. (1978). Sewage contamination in the marine environment of the New York Bight: faecal steroids an indicator. NOAA Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratories, Miami Fla. (mimeo).
- Idler D. R., Saito A. y Wiseman P. (1968). Sterols in red algae. *Steroids* 11, 465-471.
- Kirchmer C. J. (1971). 5-beta cholestan 3-beta-ol, an indicator of faecal pollution. U. of Florida, Ph. D. Thesis.
- Murtaugh J. J. y Bunch R. L. (1967). Sterols as a measure of faecal pollution. *J. W. P. C. F.* 39, 404-409.
- Rosenfeld R. S. (1954). The transformation of cholesterol to coprostanol. *J. Biol. Chem.* 24, 301-311.
- Shog-Kjaer A., Prange I. y Dam H. (1956). Conversion of cholesterol into coprostanol by bacteria *in vitro*. *J. Gen. Microbiol.* 14, 256-260.