

Evaluación del erizo de mar *Echinometra lucunter* como indicador de contaminación por metales pesados, Cuba

Nora Ablanedo, Humberto González, Marta Ramírez y Ibis Torres

Departamento de Protección Ambiental, Instituto de Investigaciones del Transporte,
Apartado 17029, Ciudad de La Habana 17, CP 11 700, Cuba.

Received October 25, 1988; accepted January 15, 1990.

Evaluation of the sea urchin *Echinometra lucunter* as indicator of pollution by heavy metals, Cuba.

Ablanedo N., H. González, M. Ramírez, I. Torres. *Aquat. Living Resour.*, 1990, 3, 113-120.

Abstract

Between March 1986 and June 1987 content of iron, zinc and manganese were studied in hard parts and iron, copper, zinc and mercury in gonads of the sea urchin *Echinometra lucunter*, collected from sites of the rocky littoral of Havana with different levels of pollution by heavy metals. Seasonal variations were found; the processing of results by analysis of variance and cluster analysis, showed differences between the sites studied that permit us to consider that this organism is able to indicate pollution by iron and mercury in its gonads and pollution by the three metals studied in its hard parts.

Keywords : *Echinometra lucunter*, sea urchin, heavy metals, marine pollution.

Resumen

Entre marzo de 1986 y junio de 1987 se estudió el contenido de hierro, zinc y manganeso en partes duras y hierro, cobre, zinc y mercurio en gónadas del erizo de mar *Echinometra lucunter*, colectado en sitios del litoral rocoso habanero con diferente grado de contaminación metálica. Se obtuvieron variaciones estacionales y los resultados procesados mediante el análisis de varianza y el de clasificación automática, mostraron diferencias entre los sitios estudiados, que permiten considerar a este organismo como capaz de reflejar la contaminación por hierro y mercurio en sus gónadas y por los tres metales estudiados en sus partes duras.

Palabras claves : *Echinometra lucunter*, erizo de mar, metales pesados, contaminación marina.

INTRODUCCIÓN

Los equinodermos son considerados removedores primarios de sedimentos y detritus en el mar, lo que hace suponer desempeñen un papel importante en el ciclo de los metales pesados (Eisler, 1981). De este phylum, los erizos de mar han sido uno de los grupos más empleados en los últimos años, para investigar la toxicidad de diferentes metales y la calidad de

las aguas, mediante estudios de laboratorio relacionados con cambios morfológicos y embriológicos (Kobayashi, 1984; Lee y Xu, 1984; Dinnel y Stober, 1987; Gnezdilova *et al.*, 1987), pero como indicadores de contaminación metálica *in situ*, han sido poco empleados (Eisler, 1981). Para este trabajo se seleccionó el erizo de mar *Echinometra lucunter*, especie que habita en áreas someras rocosas y en arrecifes coralinos, de amplia distribución en zonas tropicales (McPherson, 1969). No obstante, este organismo

ha sido poco empleado tanto en bioensayos de laboratorio (Muñoz y Ellies, 1982) como en determinaciones de sus contenidos en diferentes áreas donde habita (Bernhard y Zattera, 1975; Stevenson y Ufret, 1966; Eisler, 1981). A esta especie se le determinó las concentraciones de cobre, hierro, zinc, manganeso y mercurio con el objetivo de conocer si este organismo refleja la contaminación metálica de la zona de estudio y por tanto, pueda emplearse como bioindicador de este tipo de contaminación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los erizos fueron colectados en marzo, mayo, julio y diciembre de 1986 y en febrero, abril y junio de 1987 en cinco sitios, ubicados en el litoral rocoso de Ciudad de La Habana, donde llegan por diferentes vías y no con igual magnitud, los residuales de la

(González y Brugmann, 1989), permitió corroborar los planteamientos anteriores, sobre el nivel de afectación de cada uno de los sitios de muestreo. No han sido realizados estudios sobre las concentraciones de metales en agua de la zona, los que además hubiesen requerido de múltiples muestreos para obtener una panorámica de la situación, dada las numerosas variables que influyen sobre esta matriz (Forstner y Wittmann, 1979; Salomons y Forstner, 1984).

Los organismos fueron transportados vivos al laboratorio en cubetas plásticas con agua de mar del sitio donde fueron colectados. En el laboratorio fueron seleccionados los erizos adultos, que se lavaron con agua corriente y bidestilada, realizándose su disección para formar muestras compuestas de gónadas y partes duras (testa, espinas y linterna de Aristóteles). Las muestras fueron secadas a 105°C, excepto las gónadas analizadas para mercurio

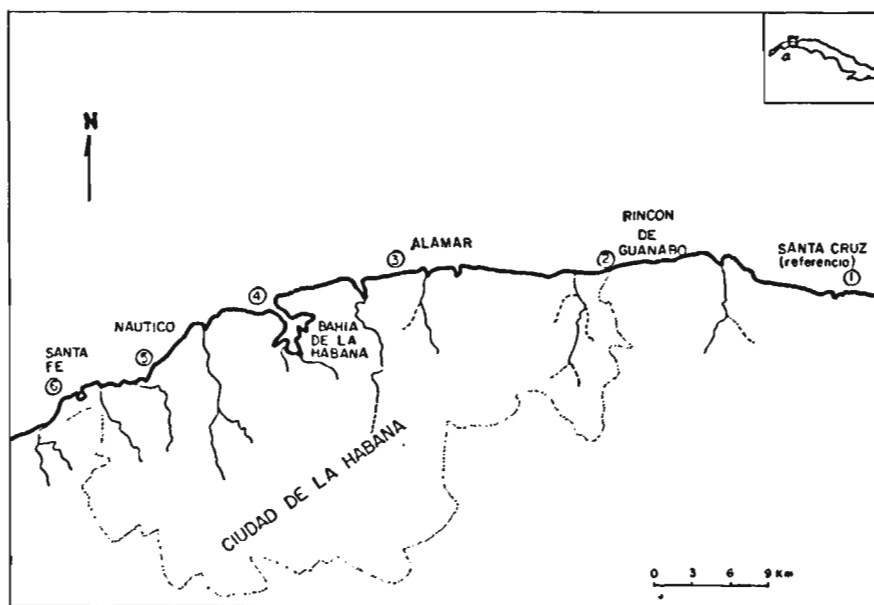


Figure 1. — Sitios de muestreo.

Sampling sites.

actividad antropogénica (fig. 1). El sitio 4 se encuentra ubicado en las inmediaciones de la bahía de La Habana, ecosistema altamente contaminados por metales pesados (González *et al.*, 1985); en la zona del Nautico (sitio 5) vierte sus aguas contaminadas el río Quibú y el sitio 3 se ubicó en las inmediaciones de dos colectores de residuales urbanos de Alamar. Para los sitios ubicados en los extremos de la ciudad (Rincón de Guanabo y Santa Fe), la influencia del vertimiento de residuales es menos intensa. Como referencia se escogió un sitio en el extremo este del área de estudio, donde no existen evidencias de contaminación metálica. Un estudio simultáneo de los sedimentos de la zona

(sólo en 1987) a 45°C. Se trituraron mecánicamente y digerieron por duplicado; las partes duras con $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ (2:1) y las gónadas con $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$ (2:1). Para las determinaciones de mercurio se realizó digestión con HNO_3 concentrado.

La cuantificación de cobre, hierro, manganeso y zinc se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, con llama aire/acetileno, corrección de fondo por deuterio y lectura directa en curva de calibración. Para la determinación de mercurio se empleó la técnica del vapor frío.

Se verificaron la exactitud y la precisión; para la primera se utilizó una muestra de referencia de la AIEA/Mónaco (tejido de molusco MA-M-2/TM) y la precisión, expresada como coeficiente de variación, en todos los casos fue menor del 10%.

Las pruebas estadísticas aplicadas fueron: correlación lineal, análisis de varianza (ANOVA) y de clasificación automática (cluster modo-Q), mediante el empleo de la distancia euclidiana como medida de disimilitud y el promedio entre los grupos como método de agrupamiento.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra un resumen de los resultados obtenidos, observándose de forma general altos

valores del coeficiente de variación, más acentuados en las gónadas para el cobre y en las partes duras para el hierro.

El hierro en gónadas, presentó las máximas concentraciones promedios en la boca de la bahía y Náutico, en los que también coinciden los mayores valores puntuales; aunque en Santa Cruz y Alamar se obtuvieron valores máximos similares, la concentración media se mantuvo en el mismo orden de magnitud al resto de los sitios de muestreo, pues es un valor que sólo se obtuvo en diciembre. En las partes duras tanto los valores promedios como los contenidos máximos, se localizaron en los sitios centrales del área de estudio.

A diferencia del hierro, la concentración media de zinc en gónadas hallada en la boca de la bahía fue del mismo orden de magnitud que en Santa Cruz

Tabla 1. - Resultados obtenidos (concentraciones $\mu\text{g/g}$, peso seco).

Results obtained (concentrations in $\mu\text{g/g}$, dry weight).

	GONADAS														
	Santa Cruz					Rincón de Guanabo					Alamar				
	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}
Fe	57,70	42,70	74,00	33,70	140,00	65,60	15,80	24,00	46,10	83,30	74,60	51,30	69,00	36,10	162,00
Cu	6,09	8,18	134,30	,72	20,50	3,71	4,41	118,90	,33	9,39	3,74	4,48	120,00	,28	13,00
Zn	273,00	83,60	31,00	161,00	396,00	344,00	230,00	67,00	153,00	760,00	436,00	458,00	105,00	92,70	1416,00

	GONADAS														
	Boca de la Bahía					Nautico					Santa Fe				
	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}
Fe	108,00	34,50	32,00	53,00	152,00	102,00	54,80	54,00	35,40	179,00	45,80	13,80	30,00	32,20	74,50
Cu	4,73	4,41	93,20	1,01	12,40	4,80	5,76	120,00	,12	12,60	2,57	3,47	135,00	,66	10,30
Zn	267,00	154,00	58,00	119,00	564,00	317,00	291,00	92,00	106,00	819,00	230,00	144,00	63,00	137,00	549,00

	PARTES DURAS														
	Santa Cruz					Rincón de Guanabo					Alamar				
	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}
Fe	8,59	3,41	40,00	5,35	14,50	11,00	5,36	49,00	5,32	21,60	14,90	6,96	47,00	7,39	23,50
Zn	9,07	2,14	24,00	6,08	13,20	11,50	1,94	16,90	8,84	13,80	12,10	3,51	29,00	8,02	18,50
Mn	1,86	,27	15,00	1,51	2,21	3,03	,42	13,90	2,29	3,58	3,02	,70	23,20	2,24	4,40

	PARTES DURAS														
	Boca de la Bahía					Nautico					Santa Fe				
	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}	S	CV%	X_{\min}	X_{\max}
Fe	19,40	8,88	46,00	9,07	34,30	15,20	7,41	49,00	4,52	23,60	5,82	4,28	72,20	1,19	10,10
Zn	12,20	3,36	28,00	6,79	17,00	10,60	3,66	35,00	6,15	17,20	8,21	1,85	23,00	5,04	10,70
Mn	3,49	,86	25,00	2,22	4,74	4,14	1,25	30,20	2,65	5,50	1,75	1,75	43,00	,93	2,90

Número de muestras compuestas analizadas-7.

Number of composite samples analyzed.

\bar{X} , promedio, mean.

S, desviación estandar, standard deviation.

CV, coeficiente de variación, coefficient of variation.

y Santa Fe y en las partes duras siguió el mismo comportamiento que el hierro.

El cobre en gónadas no presentó una diferencia definida entre sitios de muestreo.

El manganeso en partes duras exhibe una marcada diferenciación de Santa Fe y Santa Cruz con los restantes sitios lo que se evidencia en el dendrograma (fig. 2).

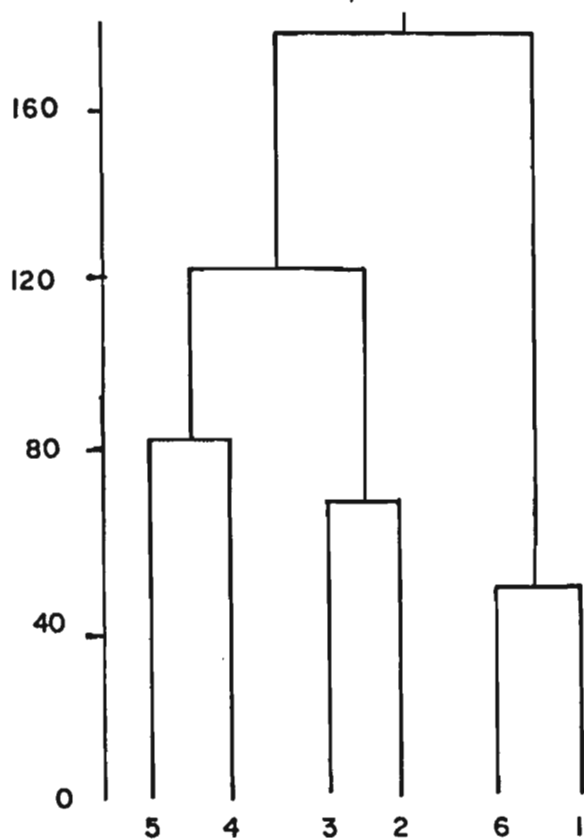


Figure 2. — Dendrograma para el manganeso en partes duras de *Echinometra lucunter*.

Dendrogram for manganese in hard parts of *Echinometra lucunter*.

No fue posible hallar la relación entre los contenidos en las diferentes partes analizadas, para cobre y manganeso, debido a que la mayoría de las muestras presentaron contenidos inferiores, en las partes duras y gónadas respectivamente, a los límites de detección de la metodología empleada; sin embargo en el hierro se determinó que existe una alta correlación entre los contenidos en gónadas y partes duras ($p < 0.01$), tanto al considerar los valores puntuales como los promedios por sitios, mientras que para el zinc esto sólo se cumple ($p < 0.05$) para los promedios, si se excluye el sitio 4 (fig. 3).

El mercurio en gónadas presentó diferencias importantes entre las concentraciones halladas en Santa Cruz, Rincón de Guanabo y en menor grado Santa Fe con los sitios 3, 4 y 5 (fig. 4).

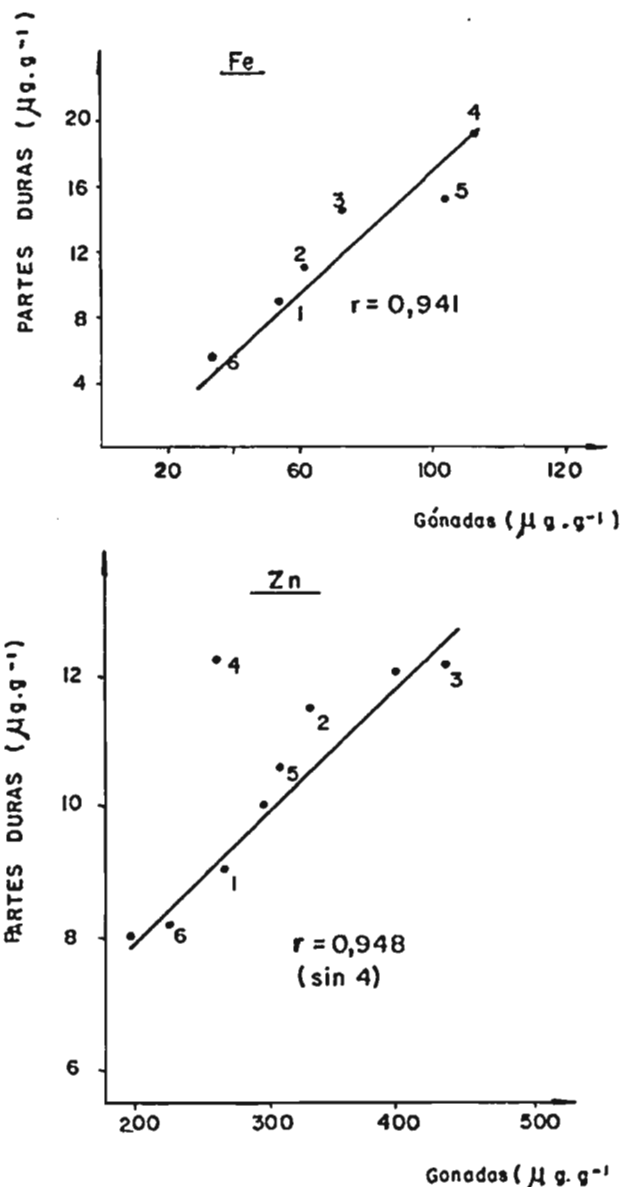


Figure 3. — Relaciones entre los contenidos de hierro y zinc de las partes duras y gónadas.

Relations between the contents of iron and zinc in hard parts and gonads.

DISCUSIÓN

Las considerables variaciones observadas entre las concentraciones mensuales para un mismo sitio de muestreo, pudieran indicar variación estacional; el ANOVA (tabla 2) confirmó estas variaciones, sólo para el zinc en las partes duras y para todos los metales analizados en las gónadas. Los contenidos de hierro y zinc en gónadas fueron los más elevados en diciembre y febrero en relación a los restantes meses. McPherson (1969) planteó que esta

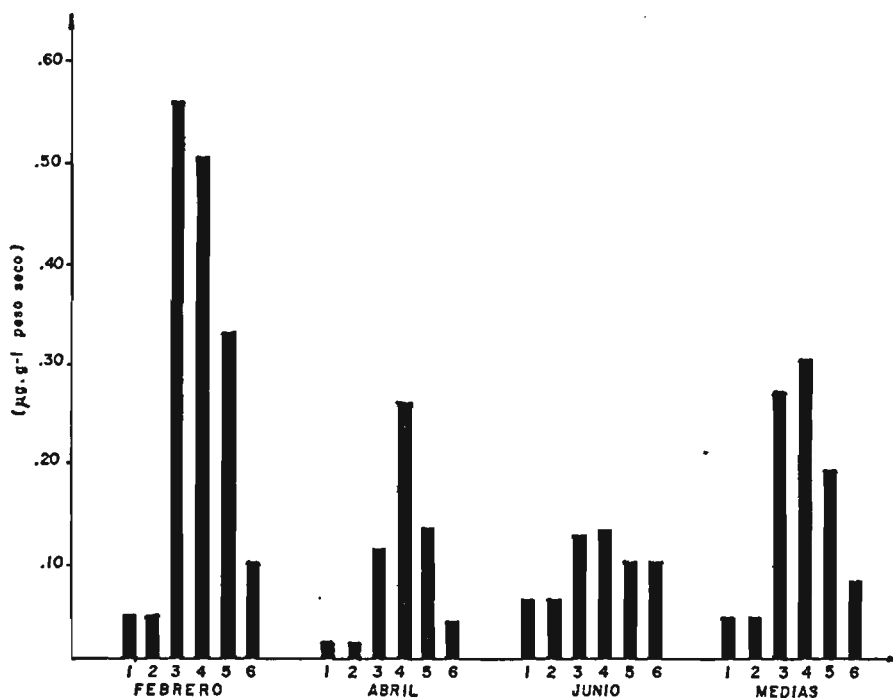


Figure 4. — Concentraciones de mercurio ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en gónadas de *Echinometra lucunter*.

Mercury concentrations ($\mu\text{g/g}$ dry weight) in gonads of *Echinometra lucunter*.

especie, en la época de diciembre a abril revela cantidades variables de material nutritivo pero pocas células sexuales, este material contiene vacuolas y glóbulos de varios tamaños los cuales son característicos de fagocitosis nutritiva, de ahí que el contenido de estos metales puede estar íntimamente relacionado con las necesidades funcionales de la especie en este período del año. El hecho de que en las partes duras, los sitios centrales del área de estudio, presentaron los valores mayores con los mínimos en los extremos (sitios 1 y 6), denota la habilidad de la especie de reflejar la situación existente, como claramente exponen los resultados obtenidos en sedimentos (tabla 3) por González y Brugmann (1989). Respecto al contenido en las gónadas se cumple lo anterior para el hierro, no así para el cobre y el zinc que no mostraron diferencias entre los sitios muestreados. El ANOVA correspondiente (tabla 4) confirmó estos planteamientos y el análisis de clasificación automática (cluster) mostró resultados coincidentes.

Las diferencias encontradas en la relación, por metales entre gónadas y partes duras, pudieran explicarse debido a que la especie contiene valores considerables de triacilglicéridos en su tejido gonadal (Hernández, 1987) y un alto porcentaje de materia orgánica (mayor del 90%), a diferencia de las partes duras donde sólo se encontró aproximadamente un 13%.

Forstner y Wittmann (1979) reportaron que la capacidad de almacenaje de compuestos organo

metálicos se debe a la afinidad de estos con los lípidos. Este comportamiento de los metales, cobre y manganeso, coincide con lo reportado para otras especies de erizos, en *Echinus esculentus* y *Spatangus purpureus* (Riley y Segar, 1970) y *Strongylocentrotus droebachiensis* (Bohn, 1979), se encontró para el cobre mayores contenidos en gónadas. A su vez, en *Echinus esculentus*, Riley y Segar (1970) hallaron mayores concentraciones de manganeso en cada una de las partes duras respecto a las gónadas. Para el zinc, los autores antes mencionados hallaron en esas especies resultados coincidentes con los de este trabajo, excepto para el hierro cuyo comportamiento al parecer esta en función de la especie.

La alta correlación entre los contenidos de hierro y zinc en gónadas y partes duras, muestra que la asimilación de dichos metales es proporcional en las diferentes partes del organismo y que está también influida por las condiciones del sitio donde habita, por lo que la anomalía encontrada en el sitio 4, para el zinc (fig. 3) parece provocada por la alta contaminación existente, donde este elemento presenta un factor de enriquecimiento de 11 en los sedimentos (González y Brugmann, 1989).

Los elementos anteriormente discutidos, son metales esenciales por lo que la evaluación de su relación con la contaminación, debe realizarse con sumo cuidado para no arribar a conclusiones erróneas, ya que estos son requeridos por los organismos para realizar sus diferentes funciones vitales, de ahí

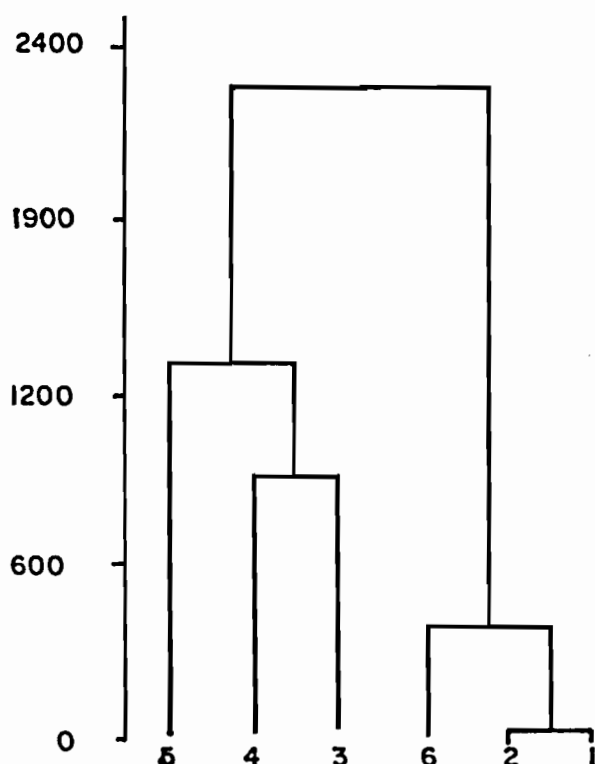


Figure 5. — Dendrograma para el mercurio en gónadas de *Echinometra lucunter*.

Dendrogram for mercury in gonads of *Echinometra lucunter*.

por mercurio, los valores promedios de concentración fueron de 2 a 10 veces superiores a los encontrados en las muestras de referencia pero los incrementos observados en gónadas no siempre se correspondieron en los sedimentos (Ramírez *et al.*, 1988). Thomson y colaboradores (1984) sugieren utilizar organismos y sedimentos en estudios de contaminación por metales para obtener una mayor información ya que ambos por separados tienen sus limitaciones.

Considerando que el mercurio es un elemento tóxico y el hecho de haber sido bioconcentrado en los sitios, 3, 4 y 5 con valores promedios de concentración superiores a los de Santa Cruz de 4 a 22 veces, permite plantear que el *Echinometra lucunter* es un indicador adecuado de contaminación por mercurio.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran como las concentraciones de los metales pesados analizados, tanto hierro y mercurio en gónadas, así como, zinc y manganeso en partes duras, reflejaron la contaminación metálica a pesar de las diferencias estacionales que presentaron algunos de estos metales, por lo que se sugiere que su estudio se haga extensivo

a otros metales como plomo y cadmio, cuyas funciones biológicas no están bien definidas, así como a otras zonas costeras con influencia directa o indirecta de contaminación metálica.

REFERENCIAS

- Behrens W. J., 1981. Temporal variations of heavy metals in *Mercenaria mercenaria*. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 39, 219-222.
- Bernhard M., A. Zattera, 1975. Major pollutants in the marine environment. Pearson and Frangipane eds. *Marine pollution and Marine Waste Disposal*, Pergamon Press, New York, 195-300.
- Bohn A., 1979. Trace metals in fucoid algae and purple sea urchins near a high Arctic lead/zinc ore deposit. *Mar. Poll. Bull.*, 10, 325-327.
- Dinnel P. A., Q. J. Stober, 1987. Application of the Sea Urchin Sperm Bioassay to Sewage treatment efficiency and Toxicity in Marine Waters. *Mar. Environ. Res.*, 21, 121-133.
- Eisler R., 1981. Trace metal concentrations in marine organisms. Pergamon Press, New York, 687 p.
- Forstner U., G. T. W. Wittmann, 1979. Metal pollution in the aquatic environment, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 489 p.
- Gault N. F. S., E. L. C. Tolland., J. C. Parker, 1983. Spatial and temporal trends in heavy metal concentrations in mussels from Northern Ireland coastal waters. *Mar. Biol.*, 77, 307-316.
- Gnezdilova S. M., I. G. Lipina., N. K. Khristoforova, 1987. Morphological changes in the ovaries of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* exposed to cadmium. *Dis. Aquat. Org.*, 2, 127-133.
- González H., L. Lera, I. Torres, 1985. Heavy metal distribution in surface sediments and core samples from Havana Bay, Cuba. Proceedings International Conference "Heavy Metals in the Environment", T. D. Lekkas Ed., C. E. P. Consultants, Edinburgh, 2, 424-426.
- González H., L. Bruggmann, 1989. Heavy metals in littoral deposits off Havana City, Cuba. (submitted to *Chemosphere*).
- Hernández R., 1987. Dinámica del porcentaje de triacilglicéridos en gónadas del erizo *Echinometra lucunter*. Tesis de diploma. Universidad de La Habana, 34 p.
- Kobayashi N., 1984. Marine ecotoxicological testing with echinoderms. In: G. Persoone, E. Jaspers y C. Claus eds, *Ecotoxicological testing for the marine environment*. State Univ. Ghent and Inst. Mar. Scient. Res., Bredene, 1, Belgium, 341-405.
- Lee H. H., C. H. Xu, 1984. Effects of metals on sea urchin development: a rapid bioassay. *Mar. Pollut. Bull.*, 15, 18-21.
- McPherson B. F., 1969. Studies of the biology of the tropical sea urchins. *Echinometra lucunter* and *Echinometra viridis*. *Bull. Mar. Sci.*, 19, 194-213.

- Muñoz V. M. G., J. Ellies, 1982. The effect of ferrous sulfate and sodium hypochlorite on fertilization and development of *Echinometra lucunter*. Int. Echinoderms conference, Tampa Bay, Lawrence J. M. ed. Balkema, Rotterdam, 525-527.
- Ramirez M., H. González, N. Ablanedo, I. Torres, 1988. Mercurio en gónadas del erizo de mar *Lytechinus variegatus*. Proceedings Quimindustria 88, I, La Habana, 223-225.
- Riley J. P., D. A. Segar, 1970. The distribution of the major and minor elements in marine animals. I. Echinoderms and coelenterates. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 50, 721-730.
- Salomons W., U. Forstner, 1984. Metals in the hydrocycle. Springer Verlag-Berlin, 349 p.
- Stevenson R. A., S. L. Ufret, 1966. Iron, manganese and nickel in skeletons and food of the sea urchins *Tripneustes esculentus* and *Echinometra lucunter*. *Limnol. Ocean.*, 11, 11-17.
- Talbot V., 1986. Seasonal variation of copper and zinc concentrations in oyster *Saccostrea cucullata* from the Dampier archipelago, western Australia: implications for pollution monitoring. *Sci. Total Envir.*, 57, 217-230.
- Thomson E. A., S. N. Luoma, C. E. Johansson, D. J. Cain, 1984. Comparison of sediments and organisms in identifying sources of biologically available trace metals contamination. *Water Res.*, 18, 6, 755-765.