

PRESENCIA DE FENOLES EN AGUAS CUBANAS

M. Sc. Lázaro J. Fernández Vila¹ y M. Sc. Daisy López García¹

¹ GEOCUBA Estudios Marinos, Punta Santa Catalina, Regla,
Ciudad de La Habana, CP 11200, Teléf.: 97-8255, Fax: 97-8165,
E-mail: lazaro@emarinos.geocuba.cu

RESUMEN

Sobre la base de la determinación de fenoles en diversas zonas litorales y de la plataforma cubana, durante 10 años, se determina que este compuesto, altamente tóxico para las especies acuáticas, y que no puede ser degradado biológicamente, esta presente en altas concentraciones, en todo el tramo costero del norte de las provincias orientales (Guantánamo y Holguín), con concentraciones en el litoral de Baracoa entre 3,70-5,97 mg/L, y una media de 4,81 mg/L, e incluso, en zonas mas alejadas, como el área de la bahía de bahía San Juan de los Remedios, con concentraciones entre 0,08-2,69 mg/L, con una media de de 1,39 mg/L. La causa principal de este fenómeno, presuponemos que es la Industria Cafetalera, considerada como una de las más contaminantes y agresivas.

La provincia de Guantánamo es la mayor productora de café del país, y genera más de 120 000 m³ de estos residuales. El municipio Baracoa, tiene una gran afectación por esta causa, ya que en general, sus centros de beneficios lanzan sus residuales a lagunas de oxidación, en algunos casos inadecuadas, con problemas de filtración, o directamente a los ríos y vías pluviales más próximas, sin tratamiento previo, o con un tratamiento poco eficiente e incapaz de remover compuestos orgánicos altamente tóxicos.

En el trabajo se analiza y zonifica la presencia de fenoles en las aguas someras cubanas, particularmente, en zonas de ubicación de grandes Polos Turísticos del oriente del país; se discuten los criterios de calidad nacionales e internacionales para este parámetro, y se propone el criterio de los autores, como criterio base para la evaluación de la contaminación por fenoles, en un Sistema automatizado para la determinación de la calidad de las agua marinas, que actualmente esta en fase de programación.

Palabras clave: Contaminación, fenoles.

INTRODUCCIÓN

Los fenoles son compuestos altamente tóxicos para las especies acuáticas y que no puede ser degradado biológicamente. Por este motivo, ellos son considerados en la inmensa mayoría de los documentos normativos de la calidad del agua marina, incluyendo los cubanos, en los que se brinda un margen de tolerancia bastante holgado, comparado con las normativas internacionales. Aun así, se ha determinado en diversos muestreos independientes de proyectos de la Empresa

GEOCUBA Estudios Marinos, que estos compuestos están presentes en altas concentraciones, en algunas áreas de la plataforma marina cubana.

El objetivo de este trabajo consiste entonces, en un inventario de los fenoles muestreados en los proyectos de dicha Empresa, en los años 1997-2004, la zonificación de los mismos y un análisis de las posibles causas de este fenómeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron un total de 105 muestras de fenoles, durante 23 cruceros oceanográficos, en 17 sectores costeros cubanos, 15 en la costa N y 2 en la costa S, que se describe a continuación (Tabla 1, Fig. 1).

Tabla 1. Concentraciones de fenoles (mg/L), en 17 localidades costeras cubanas

No.	Sectores costeros muestreados.	Periodo de lluvias (Mayo – octubre).				Periodo de seca (Noviembre – abril).				Prom.
		N	Max.	Min.	Med.	N	Max.	Min.	Med.	
Costa norte cubana.										
1	Punta de Maisi – Bahía de Mata.	4	1.78	0	0.62	4	< 0.02 mg/l			-
2	Bahía de Mata – Bahía de Taco.	7	5.97	3.70	4.81	2	2.02	0.74	1.38	-
3	Bahía de Taco – Punta Guarico.	4	6.01	3.50	4.91	4	< 0.02 mg/l			-
4	Playa Barrederas – playa Corintia.	4	6.91	4.44	5.66	3	2.99	0.82	1.66	3.94
5	Playas de la costa N de cayo Saetia.	3	6.91	4.61	5.68	3	2.79	1.23	2.01	3.84
6	Bahía de Nipe.	3	7.08	4.95	6.05	-	-	-	-	-
7	Playas de la costa N de la Península El Ramón.	6	6.73	3.28	5.40	6	2.49	1.98	2.20	3.80
8	Península El Ramón – playa Guardalavaca.	6	5.42	4.20	4.71	6	2.63	1.05	1.92	3.31
9	Playa Esmeralda.	-	-	-	-	2	4.42	4.20	4.31	-
10	Bahía de Vita.	-	-	-	-	4	3.26	1.08	2.12	-
11	Playas del N de cayo Cruz.	-	-	-	-	5	1.05	0.01	0.61	-
12	Cayos de la Herradura. Bahía de Buenavista.	-	-	-	-	10	3.59	0.08	2.06	-
13	Playa Jibacoa.	5	0	0	0	-	-	-	-	-
14	Playa El Salado.	2	4.23	3.60	3.92	-	-	-	-	-
15	Marina Los Morros.	3	0	0	0	3	0	0	0	0
Costa sur cubana.										
16	Playa de cayo Largo del sur.	3	0	0	0	-	-	-	-	-
17	Cayo Rabihorcado. Golfo de Ana María.	3	0	0	0	-	-	-	-	-
Total		53				52				
Número total de mediciones									105	



Leyenda: 1. Punta de Maisí – Bahía de Mata, 2. Bahía de Mata – Bahía de Taco, 3. Bahía de Taco – Punta Guarico, 4. Playa Barrederas – playa Corintia, 5. Playas de la costa N de cayo Saetia, 6. Bahía de Nipe, 7. Playas de la costa N de la Península El Ramón, 8. Península El Ramón – playa Guardalavaca, 9. Playa Esmeralda, 10. Bahía de Vita, 11. Playas del N de cayo Cruz, 12. Cayos de la Herradura. Bahía de Buenavista, 13. Playa Jibacoa, 14. Playa El Salado, 15. Marina Los Morros, 16. Playa de cayo Largo del sur, 17. Cayo Rabihorcado. Golfo de Ana María.

Fig. 1 Localidades del muestreo de fenoles.

La determinación de los fenoles se realizó de dos formas: en la mayoría de los casos, por las técnicas descritas en APHA, AWWA, WPCF, 1992, utilizando el método normalizado ISO 6439, con un límite de detección de 50 mg/L y en dos casos, según el método normalizado ISO 6439, utilizando la técnica espectrofotométrica. Límite de detección: 0,02 mg/L.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consideraciones preliminares

Los fenoles incluyen una gran cantidad de compuestos químicos orgánicos. Están formados por un anillo aromático unido a uno, dos o varios grupos hidróxilo. Su procedencia es diversa, puede formarse a partir de diferentes procesos industriales, de los residuos orgánicos, de la degradación microbiana de los pesticidas y de forma natural. Los fenoles no pueden ser degradados biológicamente y son transportados a través de la cadena trófica. Son tóxicos para las especies acuáticas, y varias condiciones ambientales pueden aumentar su toxicidad: las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y el incremento de la salinidad y la temperatura. En concentraciones muy altas, llegan a producir olor en el agua y en la carne de los peces.

Fuentes contaminantes

En Cuba, las industrias o actividades que pueden contaminar el medio marino con fenoles, son: La industria cafetalera, la utilización indiscriminada de pesticidas, y diversos procesos de la industria minero – metalúrgica, en especial, las minas de níquel de la costa N de las provincias orientales.

La Industria Cafetalera, en particular, es considerada como una de las más contaminantes y agresivas, y sus residuos líquidos por su variedad se convierten en un serio problema de contaminación de las cuencas hidrográficas. Las aguas residuales del despulpe húmedo del café pueden llegar a presentar un alto contenido de sustancias orgánicas, con una DQO de 12 410-16 200 mg/L, una DBO₅ de 3 450-9 420 mg/L, concentraciones de amonio de 14-20 mg/L, de fósforo total entre 20-25 mg/L, de fenoles entre 18-55 mg/L y un pH de 3,5-4,5 unidades. (Martínez y Aguilera, 1998)

La provincia de Guantánamo es la mayor productora de café del país, y genera mas de 120 000 m³ de estos residuales. El municipio Baracoa, tiene una gran afectación por esta causa, ya que en general, sus centros de beneficios lanzan sus residuales a lagunas de oxidación, en algunos casos inadecuadas, con problemas de filtración, o directamente a los ríos y vías pluviales más próximas, sin tratamiento previo, o con un tratamiento poco eficiente e incapaz de remover compuestos orgánicos altamente tóxicos. (Martínez y Aguilera, 1998; Martínez *et al.*, 1998; Aguilera *et al.*, 1998 y 1998^a)

Criterios de calidad

Niveles normales en aguas marinas: Se han encontrado niveles de 0,05 µg/L en agua de mar. (Ruiz Mateo *et al.*, 1994) La EPA establece un valor máximo de 1,0 µg/L para la protección de los ecosistemas acuáticos. (Ruiz Mateo *et al.*, 1994)

La directiva de la CEE relativa a la calidad de las aguas de baño establece un valor guía (G) de 0,005 mg/L para el 90 % de las medidas y un valor obligatorio (I) de 0,05 mg/L para el 95 %, asimismo se apreciará la ausencia de olor. (Ruiz Mateo *et al.*, 1994) El criterio del estado de California establece un valor máximo de 30 µg/L para la media de seis meses, un máximo diario de 120 µg/L, y un máximo instantáneo de 300 µg/L. (Ruiz Mateo *et al.*, 1994)

La Norma Cubana (Cuba. Comité Estatal de Normalización, 1999: NC 22/1999. Baño) establece, que en las aguas utilizadas para el baño, los componentes fenólicos, expresados como fenol, no excederán a 0,002 mg/L.

Ruiz Bauza (1988), ofrece la transformación de los valores físicos de cada parámetro en sus índices de calidad, a través de funciones de equivalencia. Para los fenoles, los resultados se brindan en la tabla 2, y fueron asumidos por Fernández Vila *et al.* (2004), para un Índice de Calidad del Agua Marina (CALIMAR).

Tabla 2. Unidades comunes de calidad ambiental (%), del parámetro fenoles ($\mu\text{g/l}$), para el Índice General de Calidad de las Aguas Marinas: IGCAM CALIMAR. (Fernández Vila *et al.*, 2004)

Unidades de calidad ambiental (Ci) en %.	Fenoles ($\mu\text{g/L}$).
100	0-5
90	5,01-6
80	6,01-7
70	7,01-9
60	9,01-11
50	11,01-14
40	14,01-17
30	17,01-21
20	21,01-27
10	27,01-41
5	41,01-49,99
0	≥ 50

Concentraciones de fenoles en aguas marinas cubanas. Zonación espacial según las áreas muestreadas

En la figura 2, se muestra la distribución de los valores máximos y mínimos de concentración de fenoles, en las 17 localidades muestreadas, sobre la base del procesamiento estadístico de los datos, mostrado en la Tabla 1.

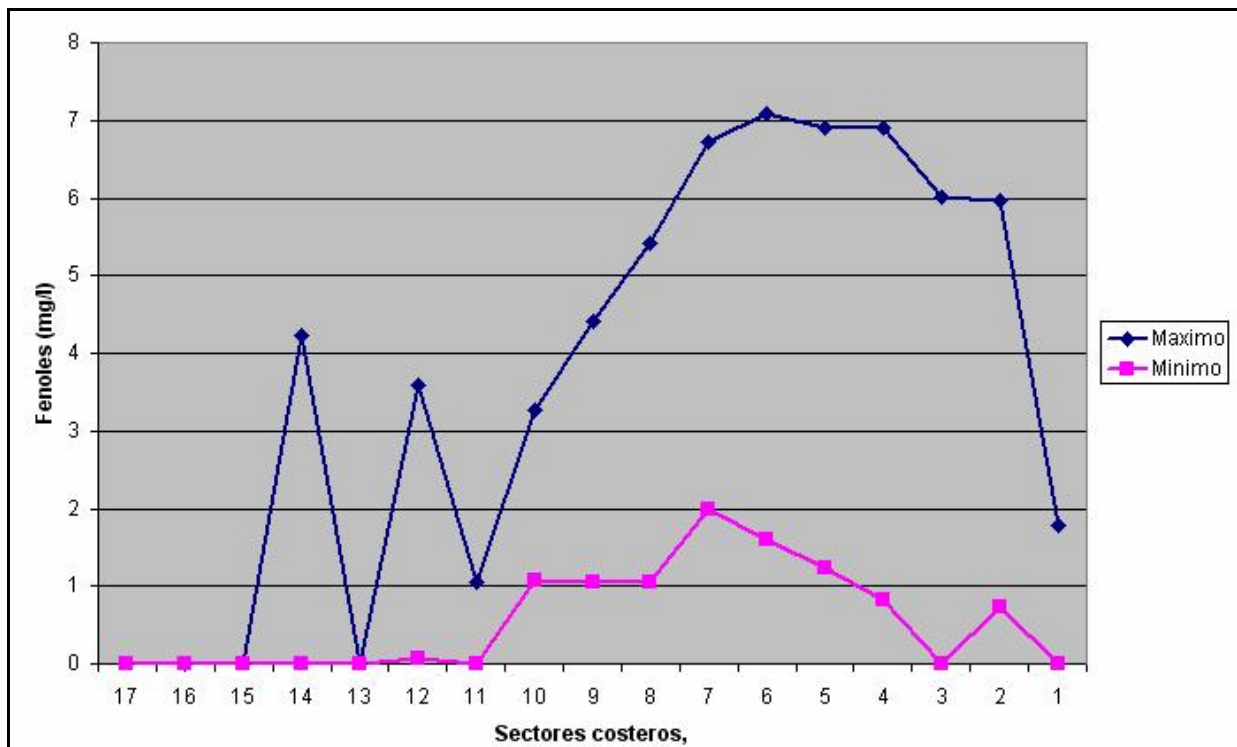


Fig. 2 Concentraciones máximas y mínimas de fenoles (mg/L), en todas las localidades muestreadas, independientemente de la fecha de muestreo.

Se hacen evidente, las concentraciones excesivamente altas detectadas en toda la costa N de Cuba, desde Punta Maisí, (1), hasta Bahía de Vita (10), en las que aun las concentraciones mínimas, están por encima de cualquier margen de tolerancia de calidad del agua marina. Estas concentraciones se mantienen altas hasta los cayos de la Herradura, al N de la bahía de Buenavista. Es de señalar, que en toda esta área, se enclavan importantes polos turísticos internacionales.

Se obtuvieron, además, altas concentraciones en playa El Salado, sin una aparente explicación lógica. En Playa Jibacoa, al E de La Habana y en Los Morros, en el extremo NW de Cuba, no se detectaron fenoles, al igual que en las dos áreas muestreadas en la costa S.

Los fenoles incluyen una gran cantidad de compuestos químicos orgánicos. Su procedencia es diversa, puede formarse a partir de diferentes procesos industriales, de los residuos orgánicos, de la degradación microbiana de los pesticidas y de forma natural.

Presuponemos que, las altas concentraciones detectadas deben estar asociadas en primer lugar, a los residuos de la principal industria del Municipio Baracoa: el café, el cacao y sus derivados, que deben aportar al medio acuático considerables volúmenes de material orgánico y en segundo lugar, a los residuales de industria minero – metalúrgica, en especial, las minas de níquel de la costa N de las provincias orientales.

Para ejemplificar la estacionalidad de este fenómeno, en la figura 3 se muestran las concentraciones de fenoles (mg/L) en el tramo costero Playa Barrederas - Playa Guardalavaca. Costa N de Holguín, en las épocas de lluvia y seca y su correspondiente promedio general. Las concentraciones disminuyen en la época de seca, en la que la escorrentía es mínima y por ello,

llega al mar menos elementos nutrientes o contaminantes. No obstante, aun en esta época, las concentraciones mínimas superan los 0,80 mg/L.

El sistema de circulación de la costa noroccidental y central de Cuba, caracterizado por una lenta deriva hacia el W y NW, bajo la acción de los vientos alisios del E, favorece el transporte de E a W, de este contaminante, hasta regiones de la costa norcentral cubana, a la altura de las bahías San Juan de Los Remedios y Buenavista, alejadas de las posibles fuentes contaminantes: las áreas productoras de café en el oriente del país.

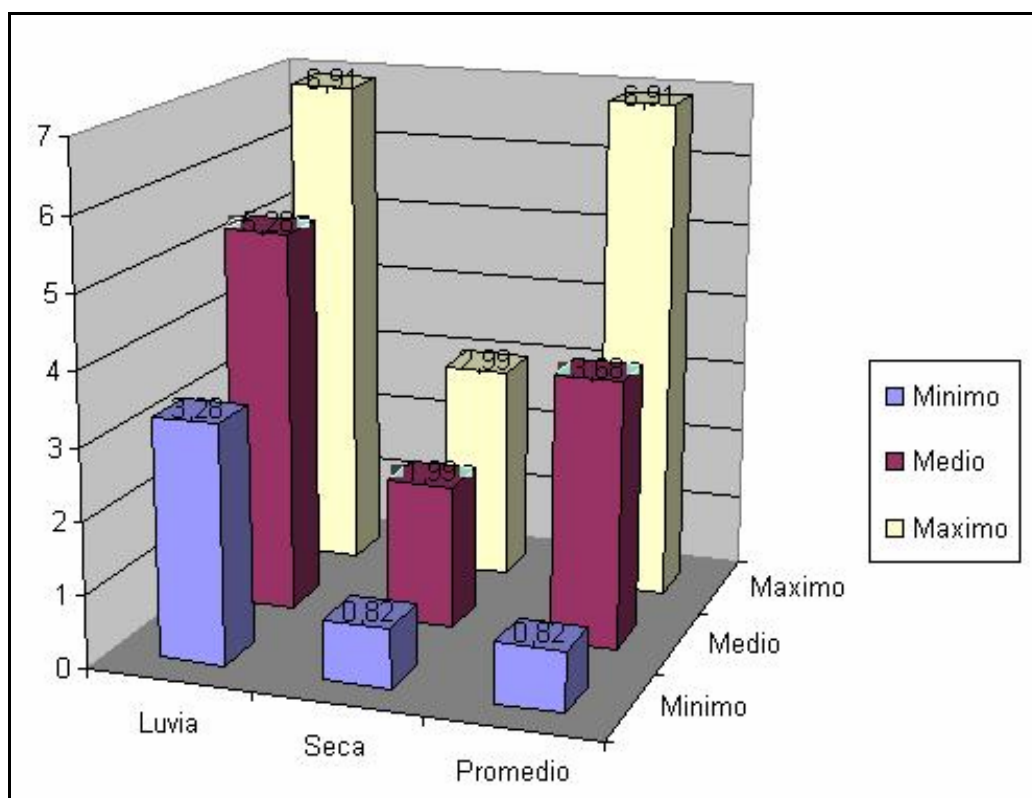


Fig. 3 Concentraciones de fenoles (mg/L) en el tramo costero Playa Barrederas – Playa Guardalavaca. Costa N de Holguín.

CONCLUSIONES

1. Se detectaron concentraciones excesivamente altas en toda la costa N de Cuba, desde Punta Maisí, hasta Bahía de Vita, en las que aun las concentraciones mínimas, están por encima de cualquier margen de tolerancia de calidad del agua marina. Estas concentraciones se mantienen altas hasta los cayos de la Herradura, al N de la bahía de Buenavista, en la zona norcentral de Cuba, donde se enclavan importantes polos turísticos internacionales.
2. Se obtuvieron además, altas concentraciones en playa El Salado, sin una aparente explicación lógica.
3. En Playa Jibacoa, al E de La Habana y en Los Morros, en el extremo NW de Cuba, no se detectaron fenoles, al igual que en las dos áreas muestreadas en la costa S.

4. Se presupone que, las altas concentraciones detectadas deben estar asociadas en primer lugar, a los residuos de la principal industria del Municipio Baracoa: el café, el cacao y sus derivados, que deben aportar al medio acuático considerables volúmenes de material orgánico y en segundo lugar, a los residuales de industria minero – metalúrgica, en especial, las minas de níquel de la costa N de las `provincias orientales.
5. El sistema de circulación de la costa noroccidental y central de Cuba, caracterizado por una lenta deriva hacia el W y NW, bajo la acción de los vientos alisios del E, favorece el transporte de E a W, de este contaminante, hasta regiones de la costa norcentral cubana, a la altura de las bahías San Juan de Los Remedios y Buenavista, alejadas de las posibles fuentes contaminantes: las áreas productoras de café en el oriente del país.

RECOMENDACIONES

Considerar los fenoles como un parámetro imprescindible en los proyectos de calidad del agua marina, del área noroccidental y norcentral de Cuba, e incluirlos en todos los muestreos que se planifiquen.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, Y.; F. Martínez, D. de la Rosa, A. Pérez Y M. García (1998): Estudio de coagulación de las aguas residuales del procesamiento húmedo del café. En: Contribución a la educación y la protección ambiental. Hombre y medio ambiente. Ed. Academia. La Habana.
- Aguilera Y.; L. F. Martínez, D. De La Rosa y A. Pérez (1998a): Consideraciones sobre la sedimentación de las aguas residuales del procesamiento húmedo del café. En: Contribución a la educación y la protección ambiental. Hombre y medio ambiente. Ed. Academia. La Habana, pp. 228-230.
- APHA (1992): Standards Methods for the examination of water and waste waters. 18 American Public Health Association, Wasington D. C., USA: Cap. 55 - 30 c. (5 - 31, 5 - 33) Cap. 55 - 40 c (5 - 36, 5 - 38), Cap. 55 - 20b (5 - 25, 5 - 27).
- Comité Estatal de Normalización (1999): Higiene comunal. Lugares de baño en costas y en masas de agua interiores. Requisitos higiénicos sanitarios. NC 22/1999, 8 pp.
- Cuba. Comité Estatal de Normalización (1999): Sistema de normas para la protección del medio ambiente. Hidrosfera. Especificaciones y procedimientos para la evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. NC 25/1999, 9 pp.
- Fernández Vila, L. J. y otros (1997): Características oceanográficas y calidad de las aguas del litoral de Jibacoa, costa norte de la provincia la habana. Archivos del GEOCUBA Estudios Marinos. Pta. Santa Catalina, Regla. Ciudad de La Habana.
- Fernández Vila, L. J. y otros (1997): Calidad de las aguas del litoral SW de cayo Largo del Sur. Archivos del GEOCUBA Estudios Marinos. Pta. Santa Catalina, Regla. Ciudad de La Habana.
- Fernández Vila, L. J.; D. López García y E. Villa Juárez (2004): Proyecto Calimar. Algoritmos para la programación de un sistema, destinado para la evaluación cualitativa y cuantitativa de la

- calidad de las aguas marinas, CALIMAR. Archivos del GEOCUBA Estudios Marinos. Pta. Santa Catalina, Regla. Ciudad de La Habana.
- Geocuba Estudios Marinos (2001 y 2002): Archivo de datos hidrológicos e hidroquímicos. Archivos del GEOCUBA Estudios Marinos. Pta. Santa Catalina, Regla. Ciudad de La Habana.
- López García, D. y otros (2001): Estudio de calidad de las aguas en playas del litoral N de Holguín. 5to. Congreso de Ciencias del Mar. MARCUBA´ 2000. Comité Oceanográfico Nacional. La Habana. Cuba.
- Martínez Luzardo, F.; D. Aguilera Corrales, D. De La Rosa y A. Pérez, (1998): Filtración de aguas residuales del despulpe húmedo del café, empleando zeolitas naturales. En: Contribución a la educación y la protección ambiental. Hombre y medio ambiente. Ed. Academia. La Habana, pp. 214-217.
- Martínez Luzardo, F. y Y. Aguilera (1998): El tratado de aguas residuales del beneficio húmedo del café. En: Contribución a la educación y la protección ambiental. Hombre y medio ambiente. Ed. Academia. La Habana, pp. 223-227.
- Pérez Santos, I. y otros (2002): Informe oceanográfico para la construcción de un vial ramal hasta cayo Cobo. Villa clara. Archivos de GEOCUBA Estudios Marinos. Pta. Sta. Catalina, Regla. Ciudad de La Habana.
- Ruiz Mateo, A.; J. L. Buceta Miller; J. Sierra Antiñolo y A. M. Lloret Capote (1994): Calidad del Medio Litoral. En: Seminario Hispano – Cubano sobre Gestión y Actuaciones en la Costa. La Habana, 18 al 22 de julio de 1994. Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC). Centro de Estudios y experimentación de Obras Publicas (CEDEX). Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. España.
- Vega Desdín, F. M. y otros (2001): Estudio oceanográfico y calidad de las aguas para la conductora de agua del Ramón. Provincia Holguín. Archivos del GEOCUBA Estudios Marinos. Pta. Santa Catalina, Regla. Ciudad de La Habana.