

TOLERANCIA DE LA LISA *MUGIL CUREMA* V. (PISCES: MUGILIDAE). A VARIOS NIVELES DE CRUDOS VENEZOLANOS

ALBERTO AGUILERA M. & MOLLA F. HUO

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela

RESUMEN: El presente trabajo muestra los resultados, de los efectos de seis tipos de petróleo crudo venezolano, sobre juveniles de lisa *Mugil curema* bajo condiciones de laboratorio. La dosis letal para los crudos livianos (Oficina, Wax y Condensado) presentaron un rango entre 1.000 — 3.000 PPM, mientras que para los crudos pesados (Mesa y Leona) varió entre 5.000 -17.000 PPM. Para el crudo pesado tipo Merey la concentración media letal nunca fue alcanzada. El tiempo necesario para alcanzar cierto porcentaje de mortalidad, fue diferente para cada uno de los crudos; sin embargo, para Oficina y Wax este tiempo fue similar.

ABSTRACT: The present work reports the results on the effect of six types of Venezuelan crude petroleum on juveniles of mullet *Mugil curema*, under laboratory conditions. The lethal dose (DL_{50}) for the light crudes (Oficina, Wax and Condensado) ranged between 1,000 - 3,000 PPM, whereas that for the heavy crudes (Mesa and Leona) varied between 5,000 - 17,000 PPM. With the heavy crude Merey, the DL_{50} was never reached. The time taken to reach a given percentage of mortality varied for different crudes, however for Oficina and Wax it was similar.

INTRODUCCION

La zona oriental de Venezuela, es el área de mayor importancia en cuanto al desarrollo de la industria pesquera se refiere, reportándose capturas en el orden de 1.323.688 kg durante el año de 1970, aportando más del 60% de la producción nacional (GINES, 1972).

Es precisamente a lo largo de esta área, donde las compañías petroleras están actualmente realizando perforaciones de pozos exploratorios de petróleo. Los riesgos que corren la fauna marina y estuarina: asociados a posibles derrames y al transporte de grandes cantidades de crudos son numerosos (LA ROCHE *et al.*, 1970). Un promedio de 40% de las contaminaciones petroleras han sido causadas por los accidentes ocurridos durante transportación, especialmente por super tanqueros como "Torry Canyon" y "Amoco Cadiz", los cuales han causado grandes desastres (LAUBIER, 1982). Por lo tanto la industria pesquera nacional estaría ex-

puesta a un elevado peligro, haciéndose necesario el estudio de los posibles efectos del petróleo, sobre los peces del área.

Los efectos del petróleo crudo y derivados han sido revisados por ANON (1977), quien señala que los crudos pueden ser o no causantes de la muerte de los peces. Revisando la literatura, encontramos que parece no existir ningún informe sobre mortalidad masiva de peces pelágicos, causadas por derrames de crudo. El mismo autor agrega, que la mayoría de los daños, han sido causados por aquellos componentes de petróleo, que se disuelven en el agua del mar o que llegan a difundirse a través de la columna de agua, bien sea por el uso de dispersantes o por la acción de las olas. Sin embargo, el crudo o sus derivados en general causan alteraciones orgánicas (DI-MICHELLE & TAYLOR, 1978; WALUGA, 1966), cambios en la estructura de la comunidad (SPOONER, 1970 & TENDEROM, 1968), problemas de comercialización (GRANT, 1969 & VAUGHAN,

1973) y cambios del comportamiento (CAPUZZ 1981; MALINAS & HODGINS, 1981).

En Venezuela los trabajos realizados son muy escasos y los pocos estudios efectuados, se concentraron en el área del lago de Maracaibo. TEMPLETON, *et al.* (1971), realizó estudios sobre la contaminación petrolera en el lago de Maracaibo y analizó el contenido de hidrocarburos en los tejidos de los peces y otros organismos e identificó el tipo de hidrocarburos presentes. La mortalidad durante 11 meses de experimentación fue insignificante, además los peces analizados a la culminación de los experimentos, indicaban diferencias no significativas en el contenido de hidrocarburos, en comparación con los peces control.

Los efectos del petróleo crudo y productos refinados del mismo, sobre la lisa (*MUGIL sp.*), han sido documentados en diferentes trabajos, tales como GRANT (1969), quien reportó, que desde un área cercana a Brisbane, Australia, se perdieron 78 toneladas de *Mugil cephalus*, debido al sabor a kerosene que adquirieron, por la cercanía de una refinería de petróleo establecida en el área. CORREA (1981), realizó estudios sobre la acumulación de naftalenos en *Mugil curema*, en las branquias, hígado y bazo, encontrando las más altas concentraciones en el bazo.

MATERIALES Y METODOS

Los ejemplares juveniles de lisa *Mugil curema*, se obtuvieron con ayuda de un chinchorro de playa de 30 m de largo, 3 m de ancho y una malla de ¼ pulgada. Los ejemplares capturados eran colocados en cavas de anime, con capacidad para 30 l de agua y en cantidades no mayores de 20 individuos en cada cava. Se suministró aire por medio de bombas de aire a pilas. Las mediciones de temperatura y salinidad se realizaron con un termómetro Thomas de 0,1 de precisión y un refractómetro Golberg T/S, respectivamente.

Los crudos utilizados fueron: Oficina (33 - 36 ° API), Wax (39 - 45 ° API) y Condensado (49 - 52 ° API), considerados como crudos livianos. Mesa (28 - 32 ° API), Leona (19 - 25 ° API) y Merey (15 - 18 ° API) considerados crudos pesados. Una serie experimental consistía en 8 acuarios, dos para cada uno de los crudos livianos y dos para cada control. Los crudos

pesados se experimentaron separadamente de los crudos livianos. Cada serie experimental era repetida 10 veces, para comprobar continuidad en los resultados. Cada acuario contenía 8 l de agua y 3 peces, con un promedio no mayor a 12 g de peso total lo cual está dentro del rango normal permitido, de 2 g de pez por cada litro de agua (NEGILSKI, 1975). Todos los peces capturados fueron colocados en acuarios de aclimatación durante 3 días, alimentándose durante este periodo con alimento para peces GVG mix. La alimentación era suspendida durante la realización de los bioensayos.

Los experimentos se realizaron en el laboratorio de Biología Pesquera del Instituto Oceanográfico. El método consistió básicamente, en el utilizado por LA ROCHE, *et al.* (1970) para bioensayos estáticos con las siguientes modificaciones. La concentración inicial para cada uno de los crudos livianos fue de 250 PPM, la cual era incrementada en igual proporción, cada 24 horas. La concentración inicial para los crudos pesados fue de 2.500 PPM, incrementada en la misma proporción cada 24 horas. El crudo pesado Merey, tuvo una concentración inicial y de incremento diario de 5.000 PPM. La duración base de un experimento fue de 96 horas, aunque fueron continuados pasado este periodo, hasta alcanzar un DL₁₀₀. Las concentraciones iniciales para los diferentes bioensayos, se obtuvieron mediante pruebas exploratorias.

Una vez iniciado el experimento, se realizaron observaciones en dos periodos (8:00 a.m. - 12:00 m. y 2:00 p.m.). Un pez era considerado muerto al perder totalmente el equilibrio. Se efectuaron anotaciones diarias, en cuanto al comportamiento y número de ejemplares muertos. También se determinó la dosis letal o DL₅₀ utilizada generalmente por los toxicólogos (SPRAGUE, 1976).

Una vez muerto un ejemplar, éste era sacado del acuario, para ser medido y pesado. Igualmente se realizó una comparación del cuerpo del mismo, con otro de la serie control, para determinar posibles daños físicos.

Los cálculos fueron hechos según *Standard Methods* (1965). La interpretación de los datos obtenidos, se realizó a partir de un análisis de varianza simple, detectándose diferencias entre las concentraciones subletales

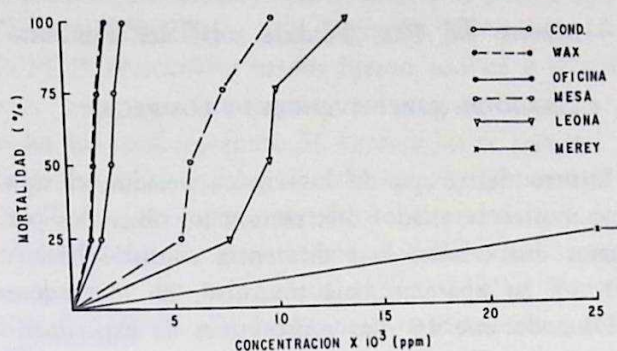


FIG. 1 CONCENTRACION VS MORTALIDAD EN JUVENILES DE *Mugil curema* V. DEL GOLFO DE CARIACO, EXPUESTAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE 6 TIPOS DE CRUDOS VENEZOLANOS.

y letales de los crudos utilizados. También se realizaron análisis de varianza simple, para determinar diferencias entre los períodos de tiempo, a los cuales fueron expuestos los organismos y el tipo de crudo utilizado. Además se efectuaron pruebas SNK para comparación múltiple de medias y así conocer las posibles diferencias entre cada uno de los crudos, de acuerdo a su acción subletal y letal.

RESULTADOS

Los bioensayos realizados en seis tipos de crudo, (Wax, Oficina, Condensado, Mesa, Leona y Merey), en juveniles de lisa *Mugil curema*, mostraron los siguientes resultados:

CONCENTRACIONES CAUSANTES DE UN 50% Y 100% DE MORTALIDAD

El DL_{50} para los tres crudos livianos, fue muy similar, obteniéndose para Oficina un promedio de 1.350 ± 92 PPM, para Wax 1.350 ± 92 PPM y condensado 1.850 ± 76 PPM (Fig. 1). La DL_{50} en los crudos pesados fue de un promedio de 5.750 ± 383 PPM para el tipo Mesa y 9.750 ± 440 PPM para el tipo Leona. Con el crudo pesado tipo Merey, no se obtuvo un DL_{50} . El análisis de varianza realizado, indicó que existen diferencias altamente significativas ($F_{4/49,0,001} = 185,1$) entre los crudos experimentados. Una prueba SNK mostró que en los crudos livianos las DL_{50} eran similares y diferentes en los crudos pesados.

Los resultados para un DL_{100} en los crudos livianos fueron 2.020 ± 90 PPM para Oficina $2.000 \pm$

76 PPM para Wax y 2.630 ± 114 PPM para Condensado. Para los crudos pesados se obtuvo un promedio de 10.500 ± 332 PPM para el tipo Mesa y 13.500 ± 670 PPM para el tipo Leona. Con el crudo pesado tipo Merey no se obtuvo un DL_{100} . El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas ($F_{4/49,0,001} = 255,5$) entre los crudos. La prueba SNK aplicada mostró diferencias entre los crudos livianos y pesados y a su vez entre los crudos pesados entre sí.

MORTALIDAD SEGÚN PERÍODOS DE EXPOSICIÓN

El período de tiempo necesario para causar diferentes porcentajes de mortalidad, para una dada concentración, mostró resultados diferentes entre los crudos utilizados. Estas diferencias se apreciaron tanto en los crudos livianos como pesados (Fig. 2). Así, el tiempo necesario para obtener un 50% de mortalidad con los crudos Oficina y Wax, fue de 100 horas y para el tipo Condensado, 160 horas. Para alcanzar un 100% de mortalidad, se necesitaron 180 horas, para los crudos Oficina y Wax y 230 horas para el crudo Condensado. Un análisis de varianza aplicado confirmó la existencia de diferencias altamente significativas en los crudos livianos. La prueba SNK indicó similitud de períodos entre los crudos Oficina y Wax, diferenciándose éstos del Condensado.

En relación a los crudos pesados, se obtuvieron los siguientes resultados (Fig. 3), para alcanzar un 50% de mortalidad se necesitaron 72 horas para el tipo Leona, 35 horas para Mesa. Para un 100% de mortalidad se utilizaron 110 y 80 horas para los crudos mencionados respectivamente. En relación al crudo Merey sólo alcanzó un 25% de mortalidad en un período de 155 horas. Los análisis de varianza y pruebas SNK aplicadas, mostraron diferencias altamente significativas en los crudos pesados.

Durante la realización de los bioensayos, se observaron ciertas reacciones, en el comportamiento de los peces sometidos a los diferentes crudos. Estas reacciones son consideradas como respuestas de los peces, a las condiciones del medio y síntomas evidentes de toxicidad. Tales estados o comportamientos son descritos a continuación:

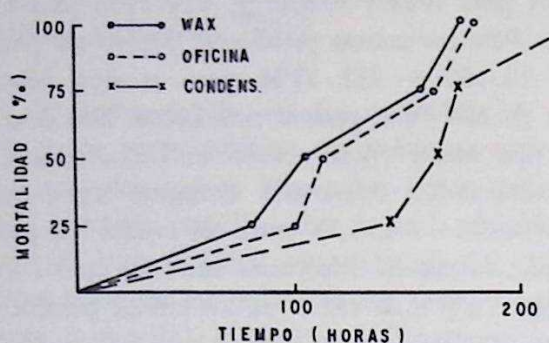


FIG. 2 PERIODO EN HORAS VS. CONCENTRACION CAUSANTES DE MORTALIDAD EN JUVENILES DE *Mugil curema* V. DEL GOLFO DE CARIACO, POR PETROLEOS LIVIANOS.

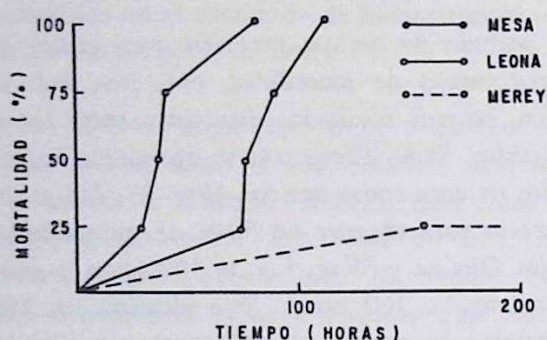


FIG. 3 PERIODO EN HORAS VS. CONCENTRACION CAUSANTES DE MORTALIDAD EN JUVENILES DE *Mugil curema* V. DEL GOLFO DE CARIACO, CON PETROLEOS PESADOS.

- I.— Nadando normal: En general nadan en la parte superior del acuario, a nivel del agua.
- II.— Marcado nerviosismo: Los peces suben y surgen constantemente, movimiento acelerado de la boca y opérculos. En algunos casos, saltan fuera de la superficie del agua.
- III.— Nadando en la superficie: Los peces nadan en círculo muy lentamente. En general todos en una misma dirección. Movimiento opercular lento.
- IV.— Nadando en el fondo: Los peces nadan en círculo. Movimiento opercular acelerado. Nado lento.
- V.— Visible pérdida del equilibrio: Los peces en el fondo nadan de lado, con la parte ventral hacia arriba o verticalmente. En algunos casos expulsan por la boca, pequeñas partículas de crudo.

VI.— Muerte del Pez: Pérdida total del equilibrio.

GRADO DE SUPERVIVENCIA DE LOS PECES

Dentro del grupo de los crudos pesados, el tipo Merey, mostró resultados diferentes a los obtenidos por los otros dos crudos. Esta diferencia consistió básicamente, en su aparente baja toxicidad, no lográndose una DL_{50} durante 10 días consecutivos de experimentación. Las mortalidades ocurridas en un porcentaje cercano a un 25%, en general ocurrieron al tratar los peces de escapar fuera de los acuarios. Los peces sometidos a este crudo, soportaron una concentración de hasta 50%.

En los acuarios control no se presentaron mortalidades significativas durante el período de experimentación. En general el bajo porcentaje de muerte detectado, ocurrió al tratar de escapar los peces de los acuarios, cayendo fuera de ellos.

EFFECTOS FÍSICOS

Se pudo observar que los peces expuestos a diferentes concentraciones de crudos livianos, presentaron aletas mutiladas y carnes carcomidas, por efecto de una aparente acción ácida de los crudos. Además, los peces presentaron partículas de crudos en las branquias y otras partes del cuerpo, las cuales provocaron alteraciones a nivel respiratorio, produciéndose la muerte por sofocación.

DISCUSION

Se supo que la concentración letal media obtenida para los crudos utilizados fueron las siguientes: Wax y Oficina 1.350 PPM, Condensado 1.850 PPM y Leona 9.750 PPM. Es conocido que el efecto de un contaminante depende de numerosas variables, tales como el tipo de contaminante, tipo de experimento usado, tipo de organismo, condiciones experimentales, etc. Estas condiciones usualmente varían en los diferentes trabajos de laboratorio realizados y por lo tanto es difícil comprobar los resultados. Esto es aún más difícil cuando las especies y crudos son diferentes. LA ROCHE *et al.* (1970) usando *Fundulus heteroclitus* como orga-

nismos experimentales obtuvo LC_{50} 96h para crudos de Texas, 8.200 PPM y para Lagunilla, Venezuela, 16.500 PPM. *F. heteroclitus* usados fueron adultos y se conoce muy bien que ésta especie es muy resistente a casi todos los contaminantes. *M. curema* en el presente trabajo fueron juveniles y se sabe que éstos son más susceptibles a los contaminantes. La alta toxicidad de los crudos usados fue probablemente debido por lo menos en parte, a los organismos experimentales. EISLER & KISSIL (1975) usando *Siganus rivulatus* obtuvo LC_{50} 96h para crudos de Irán, 2.100 PPM, mientras que para Sinaí fueron 17.500 PPM. Los organismos usados por EISLER & KISSI (1975) fueron juveniles al igual que en el presente trabajo. La diferencia en los resultados pudo en parte ser atribuida a la diferencia en toxicidad de los crudos. Esto entonces indica que los crudos usados en el presente trabajo son de alta toxicidad.

La acción heterogénea de los diferentes crudos utilizados, sobre juveniles de lisa *Mugil curema*, pudo observarse marcadamente, tanto en los crudos livianos como en los pesados. Fue evidente que el grupo constituido por los livianos, exhibieron una acción tóxica más elevada, con un efecto letal a concentraciones no mayores de 3.000 PPM. Los crudos pesados necesitaron concentraciones mayores a 5.000 PPM (Fig. 1). Ya EISLER (1975) & KUHNHOLD (1972), habían encontrado diferencias entre crudos de diferentes países. Los períodos de tiempo para alcanzar iguales porcentajes de mortalidad, resultaron también marcadamente diferentes entre los crudos livianos y pesados. Aún más, dentro del grupo de los crudos livianos, se observó una acción distinta por parte del tipo Condensado, en comparación con los crudos Oficina y Wax. Estas diferencias entre crudos, bien podría explicarse, en relación a la compleja composición química, es decir, a una mayor o menor cantidad de elementos aromáticos y otras sustancias de reconocida toxicidad. Desgraciadamente para los crudos utilizados desconocemos la composición de los compuestos. Sin embargo es posible que existan diferentes concentraciones de aromáticos entre los crudos, quizás los livianos tengan más por ser más tóxicos. Además la capacidad de mezcla de ciertos componentes de los crudos con el agua de mar, bien puede influir en la toxicidad de los mismos. WINTER & PARKER (1977), mencionan en forma general los componentes solubles en agua de mar, de tres tipos de crudos pertenecientes a Kuwait, Alaska y Venezuela y mencionan: naftalenos,

bencenos y fenoles en altas concentraciones e indanos y tetralinos en bajas concentraciones. En los bioensayos realizados, los crudos livianos, se mezclaron con mayor facilidad que los crudos pesados, siendo sí de más fácil absorción por parte de los organismos.

Pudo observarse en muchos casos, que los peces expuestos a determinadas concentraciones de crudo, presentaban un aparente buen estado, minutos antes de agregar una nueva dosis de petróleo, posteriormente a ésta, morían a los pocos minutos. Esto refleja cierta relación a lo dicho por EISLER (1975), cuando mencionaba la pérdida de las propiedades tóxicas de los crudos a causa de fenómenos de volatilización, fotooxidación y degradación microbiana. Es decir, existen sustancias tóxicas en los crudos muy volátiles, las cuales soportan los peces durante las primeras dosis, luego en condiciones de franca debilidad, mueren ante una dosis similar. Los bioensayos realizados en este trabajo, a pesar de no estar sujetos a la luz solar directa, no estaban libres de los fenómenos de volatilización y fotooxidación.

Pudo observarse con frecuencia que los peces expuestos a diferentes concentraciones de crudos pesados, consumían pequeñas cantidades de crudo. Se observó además que aquellos peces sometidos a la acción de los crudos livianos, presentaron mutilaciones de las aletas y heridas en otras partes del cuerpo. Los peces de este género se ven obligados, debido a sus hábitos alimenticios, a atravesar toda la columna de agua, viéndose obligados a consumir y estar en contacto con petróleo en caso de un derrame, aumentando la posibilidad de contraer carcinogénesis (SHIMKIN *et al*, 1951) ó adquirir sabor a aceite (GRANT, 1969).

En la sección de resultados se presenta una serie de reacciones, consideradas típicas de los peces expuestos a varias dosis de crudos, reflejando síntomas de evidente toxicidad. DIXIT & ANDERSON (1977) reportaron un comportamiento similar en *Fundulus similis* al ser sometido a varias concentraciones de cierto tipo de gasolina. Estas reacciones pueden explicarse, debido a la acción de los crudos en el sistema nervioso de los peces, principalmente por las acumulaciones de naftalenos en el cerebro (DIXIT & ANDERSON, 1977).

REFERENCIAS

- ANONYMOUS, 1977. Impact of oil on the marine environment. IMC/FAO/UNESCO/WMO/AEA/UN joint group of experts on the scientific aspect of marine pollution. Reports and studies. Nº 6. FAO.
- CAPUZZO, J. M. 1981. Predicting pollution effects in the marine environment. *Oceanus*. 24: 25-33.
- CORREA, M. C. 1981. Estudio sobre la acumulación y eliminación de naftaleno en *Mugil curema* V. M. Sc. Tesis. Instituto Oceanográfico. Universidad de Oriente. Cumaná.
- DIXIT, D. & J. M. ANDERSON. 1977. Distribution of naphthalenes within exposed *Fundulus similis* and correlations with stress behavior. 1977. *Oil Spill Conference*. pp. 633-636.
- DI-MICHELLE, L., & M. H. TAYLOR. 1978. Histopathological and physiological responses of *Fundulus heteroclitus* to naphthalene exposure. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 35: 1060-1066.
- EISLER, R. 1975. Toxic, sublethal and latent effects of petroleum on Red Sea macrofauna. 1975. *Conference on prevention and control of oil pollution*. pp. 535-540.
- & G. W. KISSIL. 1975. Toxicity of crude oils and oils-dispersant mixtures to juvenile rabbitfish, *Siganus rivulatus*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 104: 571-578.
- GINÉS, HMNO. 1972. *Carta Pesquera de Venezuela* fundación La Salle de Ciencias naturales. Caracas. Monografía 16. pp. 106-197.
- GRANT, E. M. 1969. "Kerosene" taint in the sea mullet. *Fish. Notes. Brisbane*. 3 (1): 2-13.
- KUHNHOLD, W. W. 1972. The influence of crude oils on fish fry. In *Marine pollution and sea life*, (Ed. M. Ruivo). West By fleet, Surrey, U. K., Fishing News (Books) Ltd., p. 315-317.
- LA ROCHE, G., R. EISLER & C. M. TARZWELL. 1970. Bioassay procedures for oil and oil dispersant toxicity evaluation. *J. Water Pollut. Control Fed.* 42: 1981-1989.
- LAUBIER, L. 1982. The Amoco Cadiz oil spill. An ecological impact study. *Ambio*. 9: 268-302.
- MALINS, D. C. & H. O. HODGINS, 1981. Petroleum and marine fishes: A review of uptake disposition and effects. *Envir. Sci. Technol.* 15: 1272-1280.
- NEGILSKI, D. 1975. Fundamentals of aquatic bioassays. *Proc. Roy. Aust. Chem. Inst.*, p. 50-54.
- SHIMKIN, M. B., B. K. KOE & L. ZECHMEISTER, 1951. An instance of the occurrence of carcinogenic substance in certain barnacles. *Science*, 113: 650-651.
- SPOONER, M. F. 1970. Oil spill in Tarut Bay, Saudi Arabia. *Mar. Pollut. Bull.* 1: 166-167.
- SPRAGUE, J. B. 1976. The ABC 's of pollutant bioassay using fish. In *Biological methods for the assessment of water quality* (Ed. J. Cairn Jr. & K. L. Dickson) ASTM spe. Tech. publ., 528: 6-30.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 1965. 12th Ed., *Amer. Publ. Health Assn.*, N. Y.
- TEMPLETON, W. L., E. A. SUTTON, R. M. BEAN, R. C. ARNETT, J. W. BLAYLOCK, R. E. WILDUNG & H. J. MOORE. 1975. Oil Pollution studies on Lake Maracaibo, Venezuela. 1975. *Conference on prevention and control of oil pollution*. pp. 489-496.
- TENDERON, G. 1968. Contamination of marine flora and fauna by oil biological consequences of the Torrey Canyon incident. *Proc. In tern. Conf. oil pollut. Sea Italia. Roma* 114-121.
- VAUGHAN, B. E. 1973. Effect of oil and chemical dispersed oil on selected marine biota. *Battelle Pacific Northwest laboratories, Rich land, USA. APT. Publication* Nº 4191.
- WALUGA, D. 1966. Phenol effects on the anatomy histopathological changes in bream *Abramis brama*. L. *Acta Hydrobiol.*, 8: 55-78
- WINTERS, K. & P. L. PARKER, 1977. Water soluble components of crude oils, fuel oils and used crank - case oils. 1977 *oil Spil Conference*. pp. 579-581.

(Manuscrito recibido el 2 de abril de 1982).