

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/277140930>

Degradación de la Materia Orgánica.....

Article *in* Acta científica venezolana · January 1991

CITATIONS

0

READS

116

1 author:



William Senior

Universidad de Oriente (Venezuela)

192 PUBLICATIONS **366** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Estudio de la contaminación por metales de organismos marinos [View project](#)



Metales pesados en organismos Marinos en las costas del Ecuador [View project](#)

All content following this page was uploaded by [William Senior](#) on 25 May 2015.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

ESTUDIO DE LA DEGRADACION DE LA MATERIA ORGANICA EN EL AGUA DE MAR. EFECTOS DEL AUMENTO DE LA CONCENTRACION EN MATERIA ORGANICA SOBRE LA EFICACIA DE PROCESOS DE DESCOMPOSICION (EXPERIENCIA *in vitro*).

William Senior

Departamento de Oceanografía, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Apartado 245, Cumaná, Venezuela.

Recibido: 20/3/90; Revisado: 30/11/90; Aceptado: 2/4/91.

RESUMEN: Una muestra de agua recolectada en el estuario del Elorn (Brest-Francia), fue incubada durante 118 días en la oscuridad a temperatura ambiente, con la finalidad de determinar el grado y la proporción de degradación del carbono orgánico particulado (COP), de los carbohidratos particulados (CHOP) y de las proteínas particuladas (PROT). Los estudios se realizaron con agua de mar y con agua de mar enriquecida con agua proveniente de un afluente urbano. Las concentraciones de COP, CHOP, y PROT disminuyen rápidamente durante los primeros cinco días, en ambos experimentos. La fracción más lábil representa cerca del 54% del COP, 70% de los CHOP y 46% de las PROT. Las constantes de degradación del primer orden para la primera fase de la descomposición fueron aproximadamente $0,13 \text{ día}^{-1}$ para el COP, $0,21^{-1} \text{ día}$ en el caso de los CHOP y de $0,12 \text{ día}^{-1}$ para las PROT. El coeficiente de degradación del COP, de los CHOP y de las PROT no es afectado por las concentraciones de materia orgánica en las muestras, como se esperaba para reacciones de primer orden. Durante la primera fase de la descomposición, el carbono orgánico disuelto (COD) y los carbohidratos disueltos (CHOD) aumentan su concentración, sugiriendo una transformación del material particulado en disuelto. **Palabras Claves:** degradación, materia orgánica, fracción lábil, actividad heterotrófica, regeneración.

BIODEGRADATION STUDY OF THE ORGANIC MATTER IN SEAWATER. EFFECTS OF INCREASE IN THE CONCENTRATION OF ORGANIC MATTER ON THE EFFICIENCY OF DECOMPOSITION PROCESS (AN *in vitro* EXPERIENCE).

ABSTRACT: A water sample collected from Elorn estuary in the Bay of Brest (France) area, was incubated 118 days in the dark conditions at room temperature to determine the extend and the rate of the degradation of particulate organic carbon (POC), particulate carbohydrates (PCHO) and particulate proteins (PROT). Studies have been carried out on sea water and sea water enriched with a waste water effluent. The concentration of POC, PCHO and PROT decreased quickly during the first five days in both experiments. The more labile fraction account about 54% of the POC, 70% of the PCHO and 46% of the PROT. The first-order rate constants for decomposition during the first phase were approximately 0.13 day^{-1} for the POC, 0.21 day^{-1} for the PCHO and 0.12 day^{-1} for de PROT. The rate coefficients of POC, PCHO and PROT decay are not affected by the concentration of organic matter in the samples, as expected for a first-order rate reaction. During the first phase of the decomposition experiments, the dissolved organic carbon (DOC) and the dissolved carbohydrates (DCHO) concentrations increased, suggesting a transformation of particulate organic matter in dissolved organic matter. **Key words:** degradation, organic matter, labile fraction, heterotrophic activity, regeneration.

INTRODUCCION

En los medios acuáticos, las bacterias heterotrófas juegan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica (MO). Los procesos de descomposición tienen una importante función en estos ecosistemas. Las bacterias heterotrófas, sin embargo, no presentan todas la misma capacidad de crecimiento y éste es función de las características bioquímicas de su metabolismo; lo que nos lleva a pensar que durante los procesos de descomposición que tienen lugar en las aguas naturales, existe una fluctuación de las comunidades bacterianas implicadas en la degradación de la materia orgánica particulada (MOP) y de la materia orgánica disuelta (MOD). La calidad y naturaleza de las sustancias orgánicas disponibles como alimento, son uno de los factores más importantes que controlan la abundancia, el metabolismo y la distribución de los microorganismos en las aguas naturales. El número de

estos microorganismos es generalmente poco abundante en las aguas oceánicas, su abundancia está ligada significativamente a la presencia de sustancias orgánicas, y es así como encontramos las más altas concentraciones en las aguas costeras y estuarinas. Esto es debido al hecho de que esas zonas están frecuentemente sometidas a cambios en la calidad y cantidad de sustancias orgánicas de diferentes orígenes. Estas variaciones pueden ser debidas a cambios naturales, como por ejemplo, los crecimientos fitoplanctónicos, la escorrentía de las aguas, los aportes por los ríos, la resuspensión de los sedimentos, las corrientes de marea o las tormentas. Igualmente, estas variaciones pueden tener un origen alóctono, como son los aportes vertidos en las aguas industriales y/o domésticas.

Las perturbaciones asociadas por los desechos industriales y domésticos a los ecosistemas costeros están directamente ligadas a la capacidad del medio receptor a aceptarlas, es decir,

principalmente a dispersar y a degradar la materia orgánica que ellos acarrean. Las aguas usadas son en efecto ricas en materia orgánica, la cual puede presentar una toxicidad a la fauna y flora acuática. Durante su degradación, ella contribuye a disminuir las concentraciones en oxígeno disuelto del ecosistema, pudiendo llegarse hasta la anoxia completa de éste trayendo consecuencias incalculables. De la misma forma, los elementos nutritivos liberados pueden crear problemas de eutroficación. Esto nos señala la importancia de conocer la cantidad de materia orgánica degradada y la velocidad a la cual ésta tiene lugar.

Se ha establecido que el procesos de degradación no es uniforme, y los autores distinguen en general dos fases: La primera correspondiente a la degradación de la fracción lábil, fracción fácilmente degradable, y la segunda correspondiente a la degradación de una fracción más resistente al ataque microbiano y que por consiguiente es mucho más lenta^{10,12,9,17,18,19}. En un agua dada, la degradación puede ser dividida en diferentes secuencias. A cada una de estas secuencias corresponde una cinética de primer orden. En las aguas costeras y de ríos, las constantes que corresponden a la descomposición de la fracción lábil varían entre 0,01 y 0,1 día⁻¹¹². Cuando en el medio lo que queda es la fracción poco degradable o fracción refractaria, una disminución del valor de las constantes en el orden de diez es observada, las constantes están en efecto comprendidas entre 0,01 y 0,001 día⁻¹. Este tipo de estudio que involucra la determinación del grado y de la proporción de la degradación de la materia orgánica en los medios acuáticos es de gran interés, puesto que es en las regiones costeras, y estuarinas donde generalmente van a parar los desechos urbanos e industriales, y la información sobre el porcentaje de material degradado o que se podría degradar es deficiente.

La regeneración de los elementos nutritivos es la resultante de la biodegradación de la materia orgánica. Si los compuestos fosforados son directamente mineralizados en iones fosfato, los nitrogenados son, en un principio, transformados en iones amonio, los cuales son oxidados en iones nitrito y finalmente en nitrato. La etapa de la nitrificación tiene lugar ulteriormente a la descomposición de la materia orgánica y puede ser considerada como el último estadio de la autodepuración del medio.

La degradación de la materia orgánica y la nitrificación son fenómenos esencialmente biológicos, los cuales son llevados a cabo principalmente por las bacterias. Son las bacterias heterotrófas las responsables de la degradación de la materia orgánica, mientras que bacterias poseyendo metabolismos diferentes son las encargadas del proceso de nitrificación. De otra parte, existen diferencias entre las bacterias que oxidan los iones NH⁴⁺ en iones NO⁻² y estos últimos en iones NO⁻³: las primeras pertenecen principalmente al género *Nitrosomonas* y las segundas al género *Nitrobacter*.

El objetivo del presente estudio, es el de determinar la velocidad de degradación de la materia orgánica particulada en un medio natural, y observar la respuesta del medio frente a un aumento en las concentraciones de materia orgánica, proveniente de los efluentes urbanos.

MATERIALES Y METODOS.

40 litros de agua estuarina (32×10⁻³ de salinidad) fueron tomadas superficialmente en la Bahía de Brest (Francia). El

agua fue previamente filtrada a 300 µm con el fin de eliminar las partículas de gran tamaño. La experiencia se llevó a cabo siguiendo dos protocolos: 1) 20 litros de agua estuarina fueron repartidos en frascos de vidrio opaco de 1.200 ml de capacidad, tomando la precaución de dejar un volumen suficiente de oxígeno para que la experiencia tuviera lugar bajo condiciones aeróbicas; esta experiencia se identificó como AE (agua estuarina). 2) 200 ml de un agua proveniente de desechos urbanos fueron añadidos a los 20 litros restantes de agua estuarina. Luego de una fuerte agitación se procedió a su distribución en envases opacos; esta experiencia se identificó como AED (agua estuarina dopada). Todas las muestras fueron incubadas a la oscuridad y a temperatura del laboratorio (15 °C ± 3 °C). Periódicamente se analizaron los parámetros a estudiar, poniendo énfasis en los dos primeros días de la experiencia cuando se tomaron muestras cada cuatro horas.

El material particulado se recogió sobre filtros Whatmann GF/C de 4,7 cm de diámetro, previamente pirolizados a 450 °C durante cuatro horas; las muestras fueron inmediatamente conservadas a -20 °C hasta sus respectivos análisis. Para eliminar las posibles variaciones de la concentración en materia orgánica, provocadas por la diversidad del volumen filtrado³, 400 ml de agua fueron filtrados para el análisis del carbono y nitrógeno orgánico particulado, así como para el análisis de los carbohidratos y proteínas particuladas.

El carbono y el nitrógeno orgánico particulado, fueron determinados con un analizador CHN Perkin-Elmer, modelo 240, utilizando el helio como gas vector y la acetanilida como patrón (razón C/N: 6,86). La precisión del método es de ± 1 µg.l⁻¹ para el carbono y de ± 0,3 µg.l⁻¹ para el nitrógeno. Los carbohidratos particulados se determinaron por el método del MBTH (hidrazona del metil-3 benzo thiazolona)², luego de haber hidrolizado los filtros con H₂SO₄ 1,8N durante 4 1/2 horas a 110 °C. Los carbohidratos disueltos totales se determinaron utilizando el procedimiento anteriormente descrito, con la variante de que la hidrólisis se realizó con HCl 2 N durante un período de 3 horas a 110 °C¹⁷, la precisión de estas determinaciones es de ± 3 µg C.l⁻¹. Las proteínas particuladas se determinaron utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu, con una precisión de ± 2 µg C.l⁻¹^{8,9}.

Para la determinación del amonio se utilizó método por Koroleff⁷. La precisión sobre la medida es de ± 0,05 µmol.l⁻¹. Los nitritos se determinaron en forma automática (Autoanalizador Technicon II) siguiendo el procedimiento de Tréguer et Le Corre,²⁰ con una precisión de ± 0,02 µmol.l⁻¹. Mientras que los nitratos fueron reducidos a nitrito, por pasaje de las muestras a través de una columna de cadmio-cobre,²² y luego determinados como anteriormente descrito, con una precisión de ± 0,1 µmol.l⁻¹.

Los resultados presentados en este trabajo se expresan en µgC.l⁻¹. Todas las soluciones fueron preparadas con el agua de calidad HPLC (Touzart-Matignon); el material de vidrio utilizado fue pirolizado a 450 °C durante 8 horas, luego de haber sido lavado con mezcla sulfocrómica y agua bidestilada.

RESULTADOS

Los resultados concernientes a la experiencia de degradación del agua estuarina están representados en la figura 1, donde se graficaron las concentraciones del material particulado en función del tiempo de incubación.

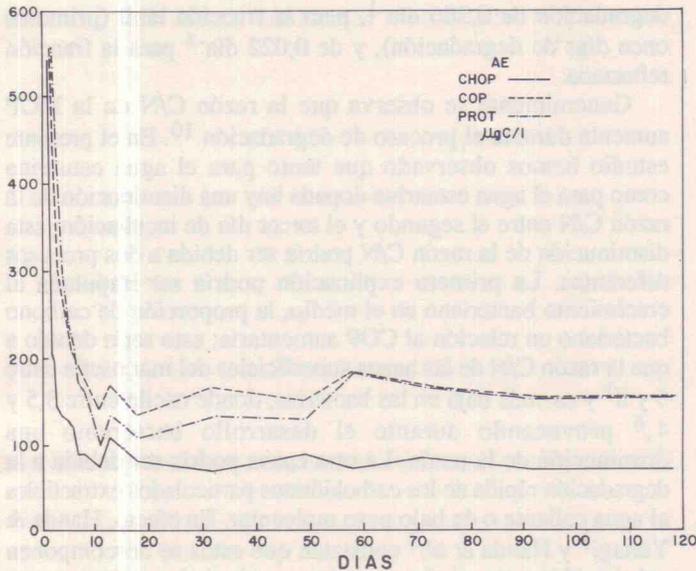


Figura 1: Perfiles de degradación de los carbohidratos particulados (CHOP), del carbono orgánico particulado (COP) y de las proteínas particuladas (PROT) durante los 118 días de incubación en la oscuridad del agua estuarina (AE).

La concentración inicial en COP es de $435 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$, de $109 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$ para los CHOP (25% del COP) y de $144 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$ (33% del COP) en el caso de las proteínas. Las concentraciones aumentan durante las primeras horas de la experiencia para luego disminuir rápidamente. Este aumento de las concentraciones pone en evidencia el crecimiento de los microorganismos heterotrófos en el medio. En efecto, las bacterias pueden, gracias a su tiempo de reproducción muy corto, desarrollarse rápidamente en presencia de materia orgánica fácilmente degradable¹⁰. Esta formación de materia orgánica particulada se acompaña de una disminución de las concentraciones en amonio (figura 5) y en fosfato (no señalado), elementos utilizados por los microorganismos para la síntesis de su propio material celular.

El COP disminuye rápidamente durante los primeros cinco días, para luego disminuir muy lentamente entre los días 5 y 13. A partir de aquí la concentración es prácticamente invariable, como lo muestran los análisis efectuados en el día 118 de la experiencia. Durante el quinto día, alrededor del 54% del COP presente inicialmente en la muestra ha sido degradado, quedando a partir del día 58 no más del 35% inicialmente presente. En el caso de los CHOP la concentración disminuye rápidamente durante los tres primeros días, al finalizar este período 70% de los CHOP han sido degradados y no representan más del 12% del COP, luego la degradación es lenta y al final de la experiencia no quedan sino 12% de los carbohidratos originalmente presentes: sin embargo, la razón $\text{CHOP}/\text{COP} \times 100$ se mantiene constante (13%). Luego de cinco días de incubación, la concentración en proteínas pasa de 144 a $66 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$, (54% degradado), quedando al final de la experiencia 33% de las proteínas originalmente presentes.

Las variaciones de la razón C/N durante el período de incubación se observan en la figura 2. Al comienzo del experimento el valor de la razón es de 7,5 para disminuir entre el segundo y el tercer día al valor mínimo observado (6,5); luego hay un aumento de la razón hasta alcanzar el valor de

11, a los once días de incubación, y baja a 10 entre los 15 y 30, para luego estabilizarse cerca de 8.

En relación al agua estuarina dopada (figura 3), se encontró que la concentración inicial de la muestra en COP es de $699 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$; en los primeros cinco días 54% del COP presente ha sido degradado, y al final de la experiencia la concentración no es mayor a $160 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$ (23% del carbono inicial). Los carbohidratos pasan de $116 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$ a $36 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$ durante los primeros cinco días de incubación (69% degradados) y alcanzan una concentración de $20 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$ a los 118 días de incubación, degradándose así el 89% de los CHOP originalmente presente. Igualmente, las concentraciones de PROT pasan de 212 $\mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$, durante los primeros cinco días de incubación a 178 $\mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$ (47% degradadas). Al final de la experiencia quedan $47 \mu\text{gC}\cdot\text{l}^{-1}$, lo que representa el 22% de la concentración inicial.

Al igual que en el caso anterior, la razón C/N disminuye al comienzo de la experiencia, pasando de 8,2 a 6,1 durante el quinto día, para luego aumentar progresivamente hasta su estabilización en 9 (figura 2).

DISCUSION

Durante la experiencia de degradación se pueden distinguir fácilmente dos fases: la primera correspondiente a la disminución rápida de la concentración de la materia orgánica; esta fase es debida a la degradación de la fracción lábil y tiene lugar durante los primeros cinco días de incubación. La segunda fase representa la fracción difícilmente degradable o fracción refractaria. Considerando que el fenómeno de degradación sigue una cinética de primer orden, obtenemos en el caso del COP una constante de velocidad de degradación, k_1 , de $0,1344 \text{ día}^{-1}$ y de $0,1336 \text{ día}^{-1}$ para la fracción lábil del agua estuarina y del agua estuarina dopada respectivamente.

Skopintsev,¹⁹ en su resumen sobre las experiencias de degradación de la MOP y de la MOD, obtiene como conclusión que entre el 50 y 90% de la materia orgánica de origen planctónico es degradada durante un período de

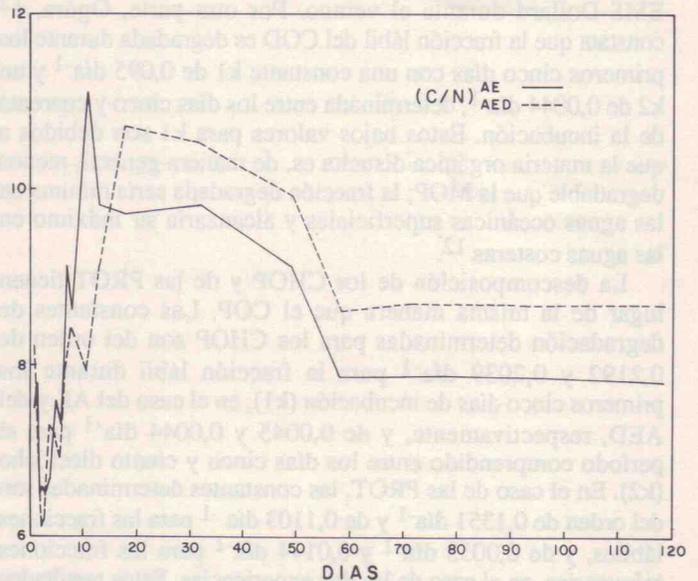


Figura 2: Cambios de la razón C/N durante la experiencia de degradación de la materia orgánica particulada en el agua estuarina (AE) y en el agua estuarina dopada (AED).

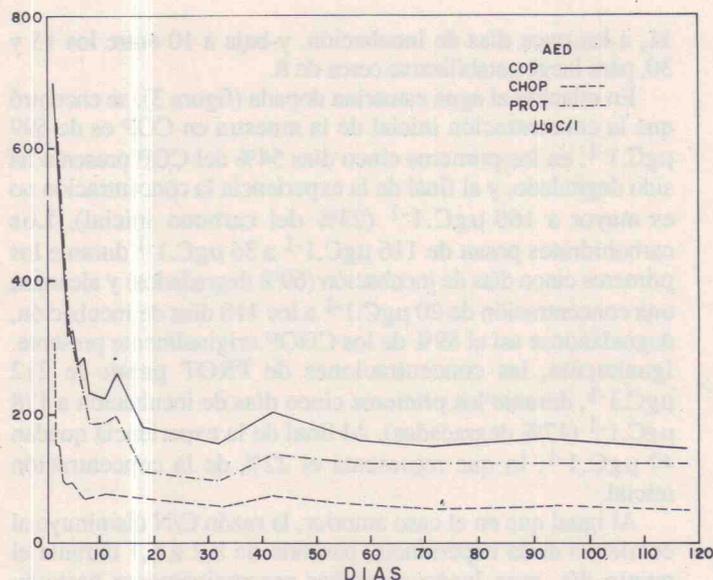


Figura 3: Cambios de la concentración de carbono orgánico particulado (COP), carbohidratos particulados (CHOP) y proteínas particuladas (PROT) durante la degradación de la materia orgánica en el agua estuarina dopada (AED).

incubación de cincuenta días, con constantes que varían entre 0,010 y 0,15 día⁻¹.

Fukami *et al.*⁴ en un experimento de degradación del fitoplancton, observaron una disminución rápida del COP durante los primeros cinco días, y llegan a la conclusión de que la fracción lábil es completamente degradada en diez días, con constantes de degradación del orden de 0,32 día⁻¹ y de 0,037 día⁻¹ para las fracciones lábiles y refractarias respectivamente. Estos valores elevados de k_1 , reportados por estos autores, indican que la fracción lábil de los organismos planctónicos es proporcionalmente superior a la de la materia orgánica particulada total utilizada en el presente estudio. Van Es & Laane²¹ señalan que la oxidación de la fracción lábil del COP, tiene lugar en catorce días para muestras tomadas en el EMS-Dollard durante el verano. Por otra parte, Ogura,¹² constata que la fracción lábil del COD es degradada durante los primeros cinco días con una constante k_1 de 0,095 día⁻¹ y un k_2 de 0,0044 día⁻¹, determinada entre los días cinco y cuarenta de la incubación. Estos bajos valores para k_1 son debidos a que la materia orgánica disuelta es, de manera general, menos degradable que la MOP; la fracción degradada sería mínima en las aguas oceánicas superficiales y alcanzaría su máximo en las aguas costeras¹².

La descomposición de los CHOP y de las PROT tienen lugar de la misma manera que el COP. Las constantes de degradación determinadas para los CHOP son del orden de 0,2192 y 0,2039 día⁻¹ para la fracción lábil durante los primeros cinco días de incubación (k_1), en el caso del AE y del AED, respectivamente, y de 0,0045 y 0,0044 día⁻¹ para el período comprendido entre los días cinco y ciento dieciocho (k_2). En el caso de las PROT, las constantes determinadas son del orden de 0,1351 día⁻¹ y de 0,1103 día⁻¹ para las fracciones lábiles, y de 0,0053 día⁻¹ y 0,0144 día⁻¹ para las fracciones refractarias, en el caso de las dos experiencias. Estos resultados son acordes con los obtenidos por Handa (1970; citado en: Ogura & Goth¹³) quien en su estudio de degradación de los CHOP en *Skeletonema Costatum* reporta una constante de

degradación de 0,286 día⁻¹, para la fracción lábil (primeros once días de degradación), y de 0,022 día⁻¹ para la fracción refractaria.

Generalmente se observa que la razón C/N de la MOP aumenta durante el proceso de degradación¹⁰. En el presente estudio hemos observado que tanto para el agua estuarina como para el agua estuarina dopada hay una disminución de la razón C/N entre el segundo y el tercer día de incubación; esta disminución de la razón C/N podría ser debida a dos procesos diferentes. La primera explicación podría ser imputada al crecimiento bacteriano en el medio, la proporción de carbono bacteriano en relación al COP aumentaría; esto sería debido a que la razón C/N de las aguas superficiales del mar oscila entre 5 y 8¹ y es más baja en las bacterias, donde oscila entre 3,5 y 4,⁶ provocando durante el desarrollo bacteriano una disminución de la razón. La otra causa podría ser debida a la degradación rápida de los carbohidratos particulados extractibles al agua caliente o de bajo peso molecular. En efecto, Handa & Yanagi⁵ y Handa *et al.*⁶ constatan que estos se descomponen más rápidamente que las proteínas particuladas, mientras que los carbohidratos insolubles serían más resistentes a la degradación bacteriana que las proteínas. Esta hipótesis podría ser confirmada por las variaciones de las razones CHOP/COP $\times 100$ y PROT/COP $\times 100$ (figura 4). Al comienzo de la experiencia se observa una disminución rápida de la razón CHOP/COP $\times 100$, mientras que al mismo tiempo la razón PROT/COP $\times 100$ aumenta.

Los aumentos observados de la razón C/N indican que el nitrógeno tiende a degradarse de manera relativamente más importante que el carbono. Entre los días 20 y 60 de incubación, se registra una disminución de la razón C/N; ésta es probablemente debida al crecimiento de las bacterias nitrificantes, como lo demuestra el aumento de las concentraciones en nitrato durante este mismo período (figura 5).

La determinación de carbono orgánico disuelto (COD) y de los carbohidratos disueltos (CHOD), señalan que existe un incremento de sus concentraciones durante la primera etapa de la degradación del material particulado (Tabla I), sugiriendo de esta forma la existencia de un proceso de conversión del material particulado en disuelto. Resultados similares son reportados por Otsuki & Hanya¹⁴ por Fukami *et al.*⁴ quienes señalan una producción de COD durante los estudios de descomposición de los organismos fitoplanctónicos. Igualmente, Stoh¹⁵ observa una producción de urea durante los procesos de descomposición bacteriana de la materia orgánica.

La evolución del amonio (figura 5), en el caso AE, muestra un aumento de las concentraciones durante el cuarto día de incubación disminuyendo rápidamente para estabilizarse

TABLA I

Evolución del contenido de carbono orgánico disuelto (COD), carbono orgánico particulado (COP), carbohidratos disueltos (CHOD) y carbohidratos particulados (CHOP) durante los primeros cinco días de incubación del agua estuarina (AE) y del agua estuarina dopada (AED).

	AE 1er día	AE 5to día	AED 1er día	AED 5to día
COD(%)	82,2	92,5	80,8	90
COP(%)	17,8	7,5	19,2	10
CHOD(%)	70,3	93,9	73,2	13,6
CHOP(%)	29,7	6,1	26,7	6,4

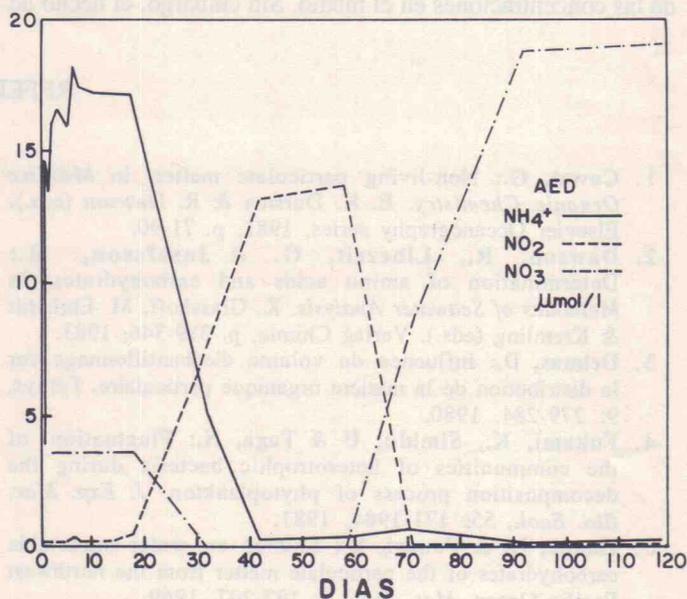
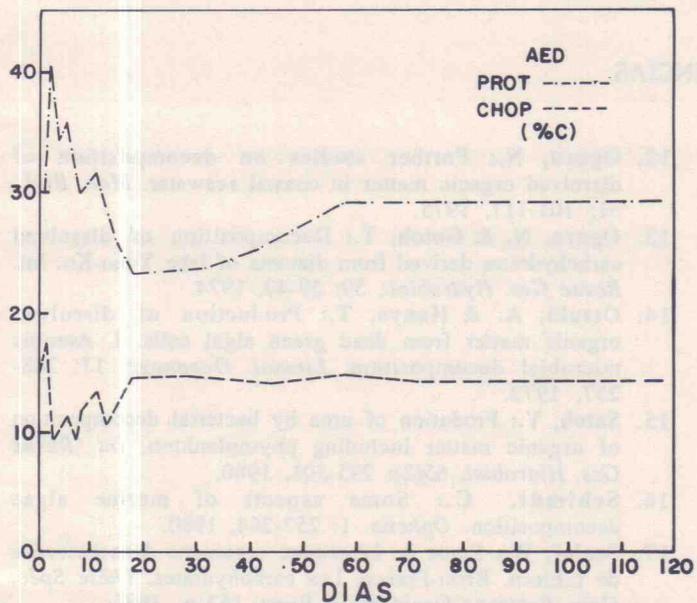
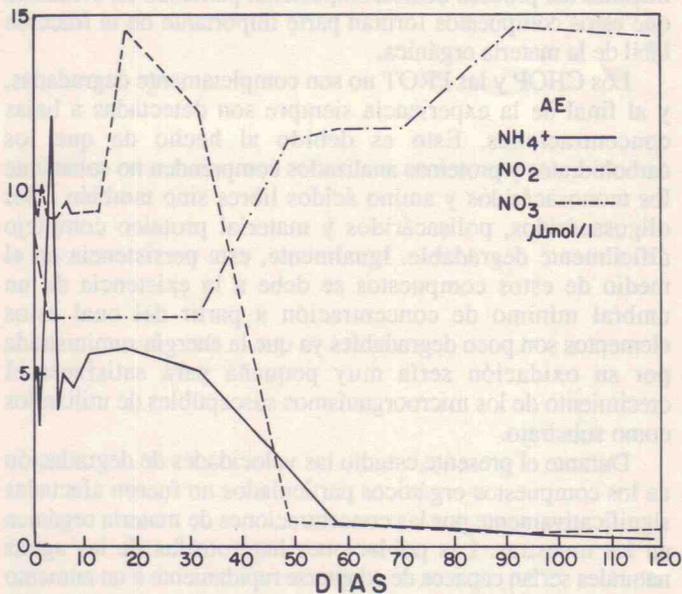
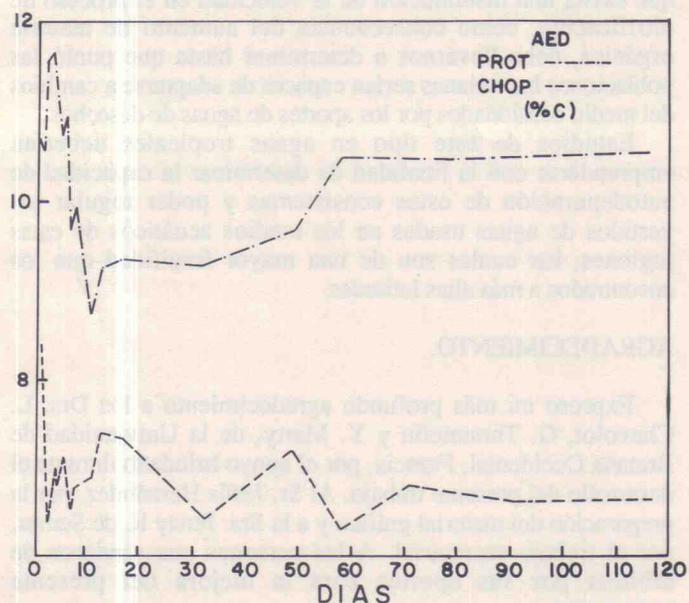


Figura 4: Evolución del porcentaje de proteínas (PROT) y de los carbohidratos particulados (CHOP) con relación al carbono orgánico particulado (COP), en el agua estuarina (AE) y en el agua estuarina dopada (AED).

Figura 5: Variaciones de los compuestos orgánicos de nitrógeno, amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-), durante la incubación del agua estuarina (AE) y el agua estuarina dopada (AED).

entre los días seis y doce, a partir del cual comienza a ser oxidado en nitrito por acción de las bacterias autotróficas, del tipo *Nitrosomonas.*, mientras que en el AED la concentración alcanza su valor máximo a las pocas horas de haber comenzado la experiencia y éste se mantiene por un período de veinte días, para luego disminuir rápidamente.

Podemos observar (figura 5) como los procesos de nitrificación tienen lugar de manera diferente en ambas experiencias. En efecto, mientras que en el AE la nitrificación comienza a partir del día 40 de incubación, ésta tiene lugar a partir del día 60, en el AED. Esta diferencia en el tiempo de nitrificación es debida a la adaptación de la población bacteriana a la cantidad de materia orgánica en el medio, lo cual trae como consecuencia una disminución de la velocidad de los procesos.

CONCLUSIONES

La descomposición ocurre en dos etapas: la primera con una disminución rápida de la materia orgánica, correspondiente a la utilización por los organismos heterotrófos de la fracción lábil, la cual tiene lugar durante los primeros cinco días de incubación; la segunda etapa se caracteriza por una disminución lenta de las concentraciones (fracción refractaria) después de este período.

Los resultados del presente estudio señalan que aproximadamente 50% del COP, 70% de los CHOP y 50% de las PROT, inicialmente presentes, son degradados durante los primeros cinco días de incubación. Los carbohidratos de bajo peso molecular son rápidamente utilizados durante los períodos

iniciales del proceso de descomposición poniendo en evidencia que estos compuestos forman parte importante de la fracción lábil de la materia orgánica.

Los CHOP y las PROT no son completamente degradadas, y al final de la experiencia siempre son detectadas a bajas concentraciones. Esto es debido al hecho de que los carbohidratos y proteínas analizados comprenden no solamente los monosacáridos y amino ácidos libres sino también a los oligosacáridos, polisacáridos y material proteico complejo difícilmente degradable. Igualmente, esta persistencia en el medio de estos compuestos se debe a la existencia de un umbral mínimo de concentración a partir del cual estos elementos son poco degradables ya que la energía suministrada por su oxidación sería muy pequeña para satisfacer el crecimiento de los microorganismos susceptibles de utilizarlos como substrato.

Durante el presente estudio las velocidades de degradación de los compuestos orgánicos particulados no fueron afectadas significativamente por las concentraciones de materia orgánica en las muestras. Las poblaciones heterotróficas de las aguas naturales serían capaces de adaptarse rápidamente a un aumento de las concentraciones en el medio. Sin embargo, el hecho de

que exista una disminución de la velocidad en el proceso de nitrificación, como consecuencia del aumento de materia orgánica, debe llevarnos a determinar hasta que punto las poblaciones bacterianas serían capaces de adaptarse a cambios del medio ocasionados por los aportes de aguas de desechos.

Estudios de este tipo en aguas tropicales deberían emprenderse con la finalidad de determinar la capacidad de autodepuración de estos ecosistemas y poder regular los vertidos de aguas usadas en los medios acuáticos de estas regiones, los cuales son de una mayor fragilidad que los encontrados a más altas latitudes.

AGRADECIMIENTO.

Expreso mi más profundo agradecimiento a los Drs. L. Chevotot, G. Thoumelin y Y. Marty, de la Universidad de Bretaña Occidental, Francia, por el apoyo brindado durante el desarrollo del presente trabajo. Al Sr. Jesús Hernández, por la preparación del material gráfico y a la Sra. Jenny R. de Senior, por el trabajo secretarial. A las personas que sirvieron de árbitros por sus aportes para la mejora del presente manuscrito.

REFERENCIAS

1. Cawet, G.: Non-living particulate matter. in *Marine Organic Chemistry*. E. K. Dursum & R. Dawson (eds.). Elsevier Oceanography series, 1981, p. 71-90.
2. Dawson, R., Libezeit, G. & Josefsson, B.: Determination of amino acids and carbohydrates. in *Methodes of Seawater Analysis*. K. Grasshoff, M. Ehrhardt & Kremling (eds.). Verlag Chemie, p. 319-346, 1983.
3. Delmas, D.: Influence du volume d'échantillonnage sur la distribution de la matière organique particulaire. *Téthys*, 9: 279-284, 1980.
4. Fukami, K., Simidu, U & Taga, N.: Fluctuation of the communities of heterotrophic bacteria during the decomposition process of phytoplankton. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 55: 171-1984, 1981.
5. Handa, N. & Yanagi, K.: Studies on water-extractable carbohydrates of the particulate matter from the northwest Pacific Ocean. *Mar. Biol.*, 4: 197-207, 1969.
6. Handa, N., Yanagi, K & Matsunaga, K.: Distribution of detrital materials in the western Pacific Ocean and their biochemical nature. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 29, suppl.: 53-71, 1972.
7. Koroleff, F.: Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *Counc. Explor. Sea, C. M.*, 1969/c. 9: 19-22, 1969.
8. Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Lewis-Farr, A. & Randall, R.J.: Proteins measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 265-275, 1951.
9. Malara, G. & Charra, R.: Dosage des protéines selon la méthode de Lowry. *Sta. Zool. Villafranche. Notes Trav.* 5: 1-11, 1972.
10. Miyoshi, H.: Decomposition of marine plankton under laboratory conditions. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 42: 1205-1211, 1976.
11. Ogura, N.: Rate and extent of decomposition of dissolved organic matter in surface seawater. *Mar. Biol.*, 13: 89-93, 1972.
12. Ogura, N.: Further studies on decomposition of dissolved organic matter in coastal seawater. *Mar. Biol.*, 31: 101-111, 1975.
13. Ogura, N. & Gotoh, T.: Decomposition of dissolved carbohydrates derived from diatoms of lake Yuno-Ko. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.*, 59: 39-47, 1974.
14. Otsuki, A. & Hanya, T.: Production of dissolved organic matter from dead green algal cells. I. Aerobic microbial decomposition. *Limnol. Oceanogr.* 17: 248-257, 1972.
15. Satoh, Y.: Production of urea by bacterial decomposition of organic matter including phytoplankton. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 65(2): 295-301, 1980.
16. Schimdt, C.: Some aspects of marine algae decomposition. *Ophelia*. 1: 257-264, 1980.
17. Senior, W.: Etude de la matière organique dans l'estuaire de L'Elorn. Brest-France. Les carbohydrates. *Thèse Spéc. Univ. Bretagne Occidentale, Brest*. 163 p., 1986.
18. Skopintsev, B.A.: New data on the decomposition of organic matter from ocean water and the energy bound in it. *Oceanology*. 21: 582-588, 1981 (a).
19. Skopintsev, B.A.: Decomposition of organic matter of plankton, humification and hydrolysis. in *Marine Organic Chemistry*. E. K. Dursum & R. Dawson (eds.). Elsevier Oceanography series, P. 125-178, 1981 (b).
20. Tréguer, P. et Le Corre, P.: Manuel d'analyses des sels nutritifs dans l'eau de mer. Utilisation de l'Auto-Analyzer II. Technicon. *LOC-UBO*, 2^{ème} édition, Brest. 110 p, 1975.
21. Van Es, F.B. & Laane, R.W.P.M.: The utility of organic matter in the EMS-Dollard estuary. *Neth. J. Sea. Res.* 16: 300-314, 1982.
22. Wood, E.D., Armstrong, F.A.J. & Richards, F.A.: Determination of nitrate in seawater by cadmium-copper reduction to nitrite. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 47: 23-31, 1967.