

Naturaleza química de las hojas y rizomas de los pastos marinos y su ambiente sedimentario

por

Guadalupe de la Lanza E* y Virgilio Arenas F*

(Recibido para su publicación el 4 de enero de 1978)

Abstract: Biodegradation of sea turtle grass and its energy flow throughout the food chain via detritus exhibits a close relationship to the surrounding sedimentary substratum. The chemical composition of the biotic and abiotic material was analyzed and evaluated by its chemical proportions. The formulas derived from these studies show that there is a remarkable chemical difference between leaves and rhizomes, a simultaneous gradual decrease of nitrogen and an increasing amount of organic oligolements in the sediments.

Los pastos marinos tales como *Thalassia*, *Zostera*, *Ruppia*, *Syringodium*, forman extensas praderas de fanerógamas acuáticas que abundan en los litorales, estuarios, marismas y lagunas costeras. Su papel ecológico ha sido de gran interés científico en los últimos años, dada su participación en la producción primaria de los ecosistemas litorales, donde se desarrolla un gran porcentaje de especies de interés económico.

Los pastos marinos son consumidos directamente por algunos peces, tortugas y otros animales acuáticos (Randall, 1965; Odum, 1970). Day (1967) encuentra que las macrofitas acuáticas fueron los productores primarios más importantes de un estudio en Sudáfrica; sin embargo, muy pocos animales se alimentaban directamente de ellas. Teal (1962), establece que sólo aproximadamente el 5% de la producción de los pastos es consumido por los herbívoros, el 95% restante entra a la cadena de alimentación vía detritos. Este hecho ha sido descrito en la literatura para ciertas especies en diferentes localidades.

Por otra parte, cuantitativamente sus valores de productividad son extremadamente altos, las cifras publicadas fluctúan entre 500–1000 g C/m²/año (Westlake, 1963), lo que pone de relieve la importancia de su contribución en los ecosistemas de que forman parte.

Dado lo anterior, el valor nutritivo de estas plantas marinas adquiere relevancia al iniciarse el proceso de detritificación o la transformación fundamental de sus constituyentes químicos.

Burkholder *et al.* (1959), señalan una composición química para *Thalassia testudinum* de 13% de proteínas, 16% de fibra cruda y 36% de otros carbohidratos; dentro de los constituyentes orgánicos determinan 12 aminoácidos, encontrando en mayor abundancia a los ácidos aspártico y glutámico.

* Instituto de Biología, Laboratorio de Química y Productividad Acuática, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-153, México 20, D. F. México.

Walsh y Grow en 1973 evaluaron la composición química de dos pastos marinos y encontraron una notable variación anual en el contenido de proteínas y una clara distinción entre hojas y rizomas.

En el proceso de detritificación de las hojas de *Spartina*, Odum y de la Cruz (1967) encuentran que la hoja viva pierde al morir un 40% del contenido proteico pero que conforme se degrada, se incrementa hasta en un 140% del valor original, este enriquecimiento se atribuye al crecimiento de poblaciones microbianas sobre las partículas en degradación. La velocidad de este proceso se ha considerado como acelerado, sobre todo cuando las hojas son sometidas a condiciones de sequía o bajo el efecto de la turbulencia del agua.

Al comparar la velocidad de descomposición con otros materiales vegetales similares, resulta ser la más rápida, 63,2% en 6 semanas. Sin embargo, la transformación de los constituyentes químicos fundamentales aún no ha sido evaluada.

Por otra parte, en cuanto al sedimento de las praderas de *Thalassia*, Wood *et al.* (1969), señalan un enriquecimiento de dos o tres veces mayor en el contenido de materia orgánica que en las áreas vecinas a ellas; este hecho pone en evidencia una contribución de materia orgánica proveniente de las hojas y rizomas de los pastos cuya magnitud y calidad no han sido evaluadas. Al descomponerse los pastos marinos el flujo de materia orgánica al sedimento es acompañado por un enriquecimiento en Fe, Mn, Cu (Pulich *et al.*, 1976).

Las caracterizaciones de los materiales bióticos y abióticos a través de proporciones C/N, ha servido ya sea para evaluar el valor alimenticio en diversos niveles tróficos, como para garantizar la procedencia de los materiales de estudio.

MATERIAL Y METODOS

Las muestras de hojas, rizomas y sedimentos fueron colectadas en un ambiente costero tropical de la Península de La Florida, de enero a abril de 1974. Las diferentes estaciones corresponden a localidades con diversas características ambientales. Las estaciones 1 y 2 corresponden a una pradera de pastos marinos ubicada en las proximidades del Cayo Virginia, en las cercanías de la ciudad de Miami. La estación 3, se localiza aproximadamente a 10 millas de distancia de las anteriores en las proximidades del Cayo Soldier. Las estaciones 4 y 5 se ubican a 12 millas al sudoeste de las primeras, cerca de la costa en los bajos de Cutler. La ubicación de las estaciones (Fig. 1) corresponde a la señalada por De la Lanza (1975).

Las muestras de sedimentos se recogieron manualmente, tanto dentro como fuera de la pradera de esta fanerógama, por medio de núcleos de 6 cm de diámetro por 10 cm de profundidad. Los sedimentos, las hojas y los rizomas fueron conservadas en refrigeración a 4 C hasta su llegada al laboratorio, donde fueron conservadas en congelación hasta su análisis.

El tratamiento de las muestras se inició con la liofilización de cada una, que sirvió a su vez para cuantificar el contenido de agua. Previo al análisis, el material fue pulverizado.

Se realizaron análisis cuantitativos por duplicado para: Materia Orgánica Total (MOT), Carbono Orgánico Total (COT), Carbohidratos Solubles Totales (CST), Proteínas Totales (PROT), Nitrógeno de Kjeldahl (N-KJEL) y Amonio; las referencias metodológicas quedan anotadas en De la Lanza (1975). Sin embargo, debe señalarse algunos puntos de relevancia para la interpretación de los resultados.

CUADRO 1

*Composición química de los sedimentos (S),
hojas (H) y rizomas (R)
de pastos marinos*

| FECHA | MUESTRA | MOT% | COT% | CST% | PROT% | N-NH ₃ ppm | AGUA% |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|
| Estación 1 | | | | | | | |
| 011674 | S-1 | 2,65 | 0,80 | 0,37 | 0,80 | 0,82 | 29,4 |
| | S-2 | 4,48 | 1,46 | 0,63 | 0,93 | 0,70 | 42,9 |
| | S-3 | 3,01 | 0,77 | 0,38 | 0,80 | 0,60 | 33,9 |
| | S-4 | 1,14 | 0,23 | 0,23 | 0,73 | 0,46 | 23,8 |
| | S-5 | 2,41 | 0,81 | 0,44 | 0,82 | 0,66 | 32,1 |
| | S-6 | 2,30 | 0,89 | 0,42 | 0,84 | 0,59 | 33,2 |
| | H-1 | 80,63 | 31,29 | 8,00 | 22,00 | | 15,0 |
| | H-2 | 83,35 | 32,85 | | | | |
| | H-3 | 86,63 | 32,05 | | | | |
| | H-4 | 80,21 | 30,76 | | | | |
| | H-5 | 77,53 | 29,83 | | | | |
| | H-6 | 80,66 | 31,11 | | | | |
| 021874 | R-1 | 78,45 | 30,77 | 13,00 | 27,00 | | 17,6 |
| | R-2 | 79,05 | 30,35 | 17,00 | 26,60 | | 15,6 |
| | R-3 | 78,16 | 29,60 | 23,50 | 23,00 | | 12,5 |
| 031074 | S-1 | 7,40 | 2,42 | 0,30 | 0,17 | 2,97 | |
| | S-2 | 4,51 | 1,55 | 0,02 | 0,10 | 1,67 | |
| | H-1 | 91,38 | 36,84 | 20,50 | 21,00 | | 20,5 |
| | H-2 | 91,48 | 37,83 | 17,00 | 21,00 | | 21,9 |
| | R-1 | 80,46 | 29,88 | 21,30 | 22,60 | | 22,5 |
| | R-2 | 79,51 | 30,43 | 13,00 | 22,00 | | 17,3 |
| Estación 2 | | | | | | | |
| 021874 | S-1 | 5,29 | 1,45 | 0,15 | 0,04 | 0,68 | |
| | S-2 | 2,70 | 0,78 | 0,13 | 0,02 | 0,52 | |
| | H-1 | 82,00 | 35,08 | 9,60 | 20,60 | | 20,3 |
| | H-2 | 80,35 | 33,77 | 9,60 | 19,60 | | 18,5 |
| | R-1 | 80,80 | 31,24 | 9,30 | 25,60 | | 21,3 |
| | R-2 | 85,08 | 34,53 | | | | |
| 031174 | S-1 | 2,43 | 0,28 | 0,02 | 0,06 | 1,47 | |
| | S-2 | 1,83 | 0,17 | 0,06 | 0,03 | 0,66 | |
| | H-1 | 90,52 | 37,21 | 7,60 | 21,60 | | 18,5 |
| | H-2 | 91,01 | 37,13 | 7,60 | 21,00 | | 19,5 |
| | R-1 | 84,07 | 32,60 | 15,00 | 31,00 | | 17,7 |
| | R-2 | 84,28 | 32,60 | 7,00 | 28,00 | | 22,6 |
| Estación 3 | | | | | | | |
| 020474 | S-1 | 8,48 | 2,85 | 0,43 | 0,25 | 0,68 | |
| | S-2 | 8,47 | 3,01 | 0,43 | 0,25 | 1,15 | |
| 021474 | H-1 | 93,09 | 39,76 | 11,30 | 19,60 | | 19,6 |
| | H-2 | 92,48 | 39,71 | | | | |
| | R-1 | 83,09 | 34,19 | 13,00 | 24,00 | | 21,8 |
| | R-2 | 83,62 | 34,16 | | | | |
| 031174 | S-1 | 7,65 | 1,86 | 0,34 | 0,16 | | |
| | S-2 | 8,86 | 2,41 | 0,43 | 0,25 | | |
| | H-1 | 91,46 | 37,12 | | 22,70 | | 28,6 |
| | H-2 | 91,43 | 37,93 | 6,30 | 22,60 | | 12,9 |
| | R-1 | 76,55 | 28,66 | 9,30 | 20,80 | | 16,4 |
| | R-2 | 79,88 | 28,43 | 8,30 | 25,00 | | 24,1 |
| Estación 4 | | | | | | | |
| 042274 | S-1 | 3,58 | 0,59 | 0,38 | 0,58 | 0,38 | 25,0 |
| | S-2 | 3,55 | 0,67 | 0,34 | 0,59 | 0,32 | 22,5 |
| | H-1 | 92,44 | 34,66 | 17,50 | 21,50 | | 25,0 |
| | H-2 | 92,54 | 37,97 | 20,00 | 22,50 | | 23,0 |
| | R-1 | 79,29 | 27,44 | 16,00 | 21,50 | | 15,3 |
| | R-2 | 79,61 | 28,15 | 10,30 | 21,25 | | 16,5 |
| Estación 5 | | | | | | | |
| 042274 | S-1 | 6,56 | 1,10 | 0,60 | 0,43 | 0,73 | |
| | S-2 | 5,62 | 0,97 | 0,57 | 0,59 | 0,48 | |
| | H-1 | 91,06 | 34,98 | 23,40 | 20,00 | | 28,3 |
| | H-2 | 92,02 | 35,21 | 17,30 | 20,50 | | 20,3 |
| | R-1 | 85,70 | 30,36 | 17,30 | 34,00 | | 19,0 |
| | R-2 | 83,68 | 29,56 | 16,00 | 36,00 | | 11,8 |

En cuanto al contenido de la materia orgánica total y carbono orgánico total, la temperatura de combustión fue cercana a 650°C, para evitar contaminación con carbono inorgánico procedente de carbonatos y bicarbonatos (Dean, 1974).

El contenido de carbohidratos solubles totales se calculó siguiendo la técnica modificada por Gerchakov y Hatcher (1972); la adición de los reactivos se realizó después de la sonicación y centrifugación para evitar reacciones secundarias con el material particulado.

Las proteínas totales fueron cuantificadas por el método de Folin modificado por Ellman (1962), en el cual, el grupo amino de las proteínas desarrolla un compuesto coloreado. No obstante, esta reacción no puede considerarse como específica de proteínas, ya que también el grupo amino de las glucosaminas es reactivo en esta técnica.

Debe señalarse que el nitrógeno de Kjeldahl, normalmente utilizado para cuantificar proteínas mediante la multiplicación de un factor (Horwitz, 1965) no deja de ser un cálculo aproximado, que puede ser inadecuado cuando se aplica a materiales de composición diversa de aquellas en que se han obtenido los factores.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de la composición química obtenidos en forma porcentual, referidas a peso seco; ya que las muestras fueron tomadas en el período transcurrido de enero a abril, es difícil pretender en este caso un análisis de la variación estacional; sin embargo, la diversidad de los valores, sí puede atribuirse al tiempo transcurrido entre los distintos muestreos. La variación de los valores obtenidos en los análisis son debidos en gran medida a la ubicación de las estaciones de muestreo.

En cuanto al contenido de MOT, es evidente en los resultados una mayor cantidad en las hojas que en los rizomas. El mayor porcentaje se presenta en los sedimentos y hojas colectadas en la estación 3, y en rizomas en las estaciones 2 y 5; igualmente el contenido de COT es notablemente más alto en hojas y sedimentos en la estación 3 y en rizomas en las estaciones 2 y 3. En esta última estación se registró una clara variación de un mes a otro.

Los valores de CST, se caracterizan por presentar una amplia variación en cada uno de los materiales analizados; los sedimentos no tuvieron valores superiores a 1%, siendo en ocasiones prácticamente indetectables. En la estación 5 se colectaron los materiales con el más alto contenido de carbohidratos solubles.

Los valores del contenido proteico en rizomas fueron en general más elevados sobre todo en las estaciones 5 y 2, donde este contenido es superior en un tercio al contenido en hojas. Por otra parte, el porcentaje de proteínas en sedimentos de la estación 1 en el mes de enero es claramente el mayor de los registrados. No obstante, en el mes de marzo en la misma estación, los sedimentos presentaron valores bajos al igual que los carbohidratos; los valores de proteínas encontradas en sedimentos no fueron superiores a 1%, y en ocasiones fueron también indetectables, coincidiendo esta circunstancia para ambos parámetros en la estación 2 en las dos épocas en las que se realizó el muestreo.

El contenido de amonio en sedimentos está expresado como ppm de peso húmedo, siendo notorio el cambio temporal en las estaciones 1 y 2. Esta variación no puede considerarse como debida a una variación regional, ya que en la estación 1, el primer muestreo se repitió seis veces y la variación de los resultados en ningún caso es comparable con los valores obtenidos en la misma estación dos meses después. Sin embargo, la variación estacional no es común en toda la zona de

estudio, ya que posiblemente siga una conducta local.

Por los valores encontrados en contenido de agua, puede decirse que hay una amplia variación que depende tanto del tipo del material, como de la región y la temporada de muestreo.

CUADRO 2

Cocientes de los componentes químicos

| Estación | Mes | MOT/COT | COT/C-CST | COT/N-PROT | N-PROT/N-KJEL |
|-------------------|-----|--------------|-------------|---------------|---------------|
| Sedimentos | | | | | |
| 1 | Ene | 3,71 ± 0,43 | 5,21 ± 0,37 | 7,42 ± 1,51 | 1,42 ± 0,18 |
| 1 | Mar | 2,99 | 106,95 | 563,20 | |
| 2 | Feb | 3,56 | 19,82 | 246,67 | 0,05 |
| 2 | Mar | 9,72 | 13,75 | 31,43 | |
| 3 | Feb | 2,89 | 17,24 | 77,11 | 0,17 |
| 3 | Mar | 3,89 | 13,74 | 68,87 | |
| 4 | Abr | 5,68 | 4,20 | 7,16 | 0,68 |
| 5 | Abr | 5,88 | 4,29 | 13,38 | 0,48 |
| Promedio | | 4,72 ± 2,18 | | | 0,56 ± 0,48 |
| Hojas | | | | | |
| 1 | Ene | 2,59 ± 0,12 | 9,77 | 9,48 | 1,57 |
| 1 | Mar | 2,46 | 7,50 | 11,84 | 1,39 |
| 2 | Feb | 2,36 | 8,96 | 11,44 | 1,51 |
| 2 | Mar | 2,44 | 12,23 | 11,65 | 1,03 |
| 3 | Feb | 2,34 | 8,79 | 13,52 | 1,18 |
| 3 | Mar | 2,43 | 14,89 | 11,04 | 1,26 |
| 4 | Abr | 2,56 | 5,09 | 11,00 | 1,10 |
| 5 | Abr | 2,61 | 4,31 | 11,54 | 1,01 |
| Promedio | | 2,47 ± 0,10 | 8,94 ± 3,27 | 11,44 ± 1,036 | 1,25 ± 0,20 |
| Rizomas | | | | | |
| 1 | Feb | 2,60 ± 0,012 | 4,50 ± 1,12 | 7,92 ± 0,45 | 4,14 ± 1,30 |
| 1 | Mar | 2,65 | 4,67 | 9,02 | 2,72 |
| 2 | Feb | 2,53 | 8,84 | 8,56 | 4,27 |
| 2 | Mar | 2,60 | 7,36 | 7,33 | 3,68 |
| 3 | Feb | 2,44 | 6,57 | 9,49 | 4,50 |
| 3 | Mar | 2,74 | 8,11 | 8,00 | 4,91 |
| 4 | Abr | 2,85 | 5,28 | 8,66 | 2,92 |
| 5 | Abr | 2,83 | 4,53 | 5,71 | 3,28 |
| Promedio | | 2,66 ± 0,14 | 6,21 ± 1,53 | 8,09 ± 1,11 | 3,80 ± 0,63 |

DISCUSION

Los resultados obtenidos se analizan por medio de las proporciones que guardan entre sí para conocer la variación de los diversos materiales en diferentes tiempos, así como su procedencia y transformación. Los CST, fueron expresados como carbono, tomando en consideración para el cálculo el carbono de glucosa, ya que esta última fue utilizada como estándar (C-CST); estos valores fueron relacionados con el COT, obtenido directamente por calcinación.

En igual forma, el valor de PROT fue convertido en valores de nitrógeno, utilizando en este caso el factor obtenido de la proporción química de la albúmina de huevo ($15/100 = 6,66$). Este resultado se utilizó para obtener la relación entre el COT y el nitrógeno proteico (N-PROT), por una parte, y por la otra, relacionarlo con el nitrógeno de Kjeldahl (N-KJEL).

La relación entre MOT y COT se obtuvo sin modificar los valores obtenidos por la metodología señalada.

Dado que todos los análisis y muestreos fueron hechos por duplicado, los valores de los cocientes obtenidos fueron promediados y cuando el número de datos fue suficiente, se obtuvo la desviación típica correspondiente. Estos cocientes se presentan en el Cuadro 2. En el cociente que corresponde a MOT/COT se distingue que, a pesar de la variabilidad que mostró cada parámetro individual, sus valores de relación son constantes para hojas y rizomas, e irregulares en extremo para sedimentos. Esta condición se pone de manifiesto en las medias y sus desviaciones típicas globales. El valor promedio diferencia al material biológico del sedimentario, ya que en este último, el material orgánico se encuentra empobrecido en carbono en relación con el componente biótico; este hecho parece obedecer a una conducta estacional, variable con la localidad. A través de estos datos es difícil identificar la procedencia del material orgánico en el sedimento.

Los cocientes COT/C-CST, mostraron ser más variables que los discutidos en el párrafo precedente. Esta irregularidad es más notoria en los sedimentos, sobre todo porque en la estación 1 en el mes de marzo, el cociente se incrementa considerablemente, lo que puede interpretarse como una degradación selectiva de los carbohidratos solubles totales, a pesar de que el material orgánico fue más abundante. Es esta la única estación en donde se aprecia un cambio estacional significativo, ya que en las otras estaciones se observó una variación mensual, pero ésta no fue en ningún caso comparable con la registrada en la estación 1.

Por otra parte, los cocientes para las otras localidades son distintivos. Las estaciones 4 y 5 guardan una clara similitud en sus cocientes en sedimentos, hojas y rizomas. Esto es, la proporción de carbohidratos y el carbono orgánico total es muy semejante entre el componente biótico y el abiótico, a pesar de que sus valores cuantitativos difieran ampliamente. Esta similitud bioquímica puede obedecer a una relación ecológica estable, basada en un flujo continuo de materia orgánica del vegetal al sedimento. Este planteamiento no puede considerarse de otra forma sino como hipotético, dado el escaso número de datos con que se cuenta.

Según la variación del cociente COT/C-CST en el material biótico muestreado en diferentes lugares y tiempos, puede considerarse que el contenido de carbohidratos varía sustancialmente de acuerdo con las condiciones ambientales.

La razón COT/N-PROT, es equivalente a la proporción C/N frecuentemente usada para caracterizar tipos de agua (Duursma, 1965), poblaciones fitoplanctónicas (Strickland, 1966), lagos (Reid y Wood, 1976), sedimentos y suelos (Margalef, 1974), materiales vegetales y animales (Allen, *et al.*, 1974), y para macrofitas acuáticas y sus ambientes sedimentarios (Boysen-Jensen, 1914 y Mann, 1972). Esta

equivalencia es valedera en la medida en la que la forma orgánica nitrogenada más abundante sea proteínas o sus derivados, esto será discutido mas adelante.

El análisis de esta proporción demuestra claramente la variabilidad del ambiente sedimentario y sobre todo su dinámica en el tiempo. La razón C:N en la estación 1 se centuplica de enero a marzo, cambio significativo que se debe a una disminución de las proteínas con un incremento de materiales orgánicos ricos en carbono, que no son carbohidratos solubles, según la relación COT/C-CST de la misma localidad. Según los datos presentados durante el mes de marzo, el 93,52% de carbono no es ni de naturaleza proteica ni de hidratos de carbono solubles. Por otra parte en esta misma estación, las proteínas representaban un tercio de la materia orgánica total contenida en el sedimento en el mes de enero y se abatió hasta sólo significar el 2,35% en el mes de marzo. Esto contrasta con Mann (1972), quién señala un enriquecimiento proteico en el detrito sedimentario proveniente de macrofitas. Esta diferencia de resultados puede atribuirse a un origen distinto de la materia orgánica, y dada la localidad de la estación, y el enriquecimiento de material orgánico que no es ni carbohidratos ni proteínas, el origen de este material puede ser de desechos urbanos.

En la estación 2, se presenta una disminución notable de la relación del C:N de febrero a marzo; este caso no puede atribuirse a un enriquecimiento proteico, ya que la concentración de proteínas permanece baja, sino a una disminución marcada de carbono.

En cuanto a las otras localidades, la relación C:N en sedimentos las distingue; en la estación 3 las relaciones C:N son casi constantes en los muestreos realizados y mantienen una abundancia relativa de proteínas que fluctúa entre 25 y 3% de la materia orgánica en el sedimento. Las estaciones 4 y 5, a pesar de ser localidades muy cercanas, muestran una clara distinción en sus relaciones C:N.

Los cocientes COT/N-PROT en las hojas de *Thalassia* son regulares, especialmente en las estaciones 2,4 y 5. El valor promedio de los muestreos (11,44), coincide curiosamente con lo encontrado en las hojas verdes de *Zostera* (11,4) por Boysen-Jensen en 1914. Ninguno de los valores obtenidos llega a ser tan bajo como los reportados por Harrison (Mann, 1972).

Las estaciones 1 y 3 presentan valores diferentes del promedio y se debe fundamentalmente a cambios poco significativos en el contenido proteico. En los rizomas, la razón C:N es menos regular e inferior que en las hojas; en promedio la relación da un coeficiente de 8,09 con una desviación típica de 1,11. Este valor se explica como consecuencia del alto contenido de proteínas en los rizomas, donde llegan a representar el 41,33% de la materia orgánica seca, en cambio en las hojas, sólo llegan a representar el 26,98%.

Walsh y Grow (1973) presentan en un ciclo bromatológico anual para rizomas, un valor medio de 11% de proteínas expresado como peso seco sin cenizas, con una variación anual de 7,7 a 14,7%, en contraste con los presentados en este trabajo, que muestran una media de 25,8% y una variación de 20,8 a 36% durante los meses de estudio.

Estos mismos autores reportan para hojas una variación anual de 13,6 a 37%, valores que coinciden con los señalados aquí. A pesar de que es difícil que esta diferencia se pueda atribuir a los diversos métodos empleados, se indica como posibilidad. El elevado contenido en proteínas coloca a los rizomas como un material adecuado para satisfacer ampliamente los requerimientos nutricionales proteicos de los consumidores y la razón C:N los semeja a aquel reportado para el fitoplancton de 6,5.

Para el cociente N-PROT/N-KJEL, se multiplicó el valor de proteínas por

15/100, ya que ésta es la proporción en la cual se encuentra el nitrógeno en la mayoría de las proteínas, y en particular en la albúmina de huevo que se utilizó como estándar.

La totalidad de los compuestos orgánicos nitrogenados, son cuantificados con base en el contenido de nitrógeno determinado por Kjeldahl y las formas proteicas son determinadas en forma particular con base en su enlace peptídico; en consecuencia, la razón N-PROT/N-KJEL se aproximará a la unidad en la medida en que las proteínas se encuentren en mayor abundancia respecto a las otras formas nitrogenadas. Los valores superiores a la unidad son teóricamente inaceptables, excepto que se considere que la proporción 15/100 sea impropia para el tipo de proteínas existentes.

En los sedimentos se aprecia en general, que la razón N-PROT/N-KJEL es inferior a la unidad, lo que significa que las formas nitrogenadas no proteicas tienen mayor preponderancia sobre todo en las estaciones 2 y 3 durante el mes de febrero. Las estaciones 4 y 5 así como el promedio general, muestran que las formas nitrogenadas no proteicas se encuentran en igual cantidad que las proteínas.

El cociente de la relación N-PROT/N-KJEL en las hojas de *Thalassia*, es ligeramente superior a la unidad y similar en todas las estaciones en diferentes tiempos. Estos valores indican claramente que las proteínas representan el principal material nitrogenado en las hojas de estos pastos marinos y permiten indicar que el nitrógeno total de Kjeldahl es un buen índice de su valor nutritivo.

Todos los cocientes N-PROT/N-KJEL obtenidos en rizomas se encuentran por arriba de la unidad, siendo el valor más bajo 2,72 y el más alto 4,91 y una media de 3,80. Este hecho pone en evidencia que el material proteico es más abundante en los rizomas y sobre todo que su contenido de nitrógeno es relativamente bajo, y por supuesto inferior al 15%. Tal condición, puede deberse a la abundancia de determinadas proteínas ricas en amino-ácidos, con bajo contenido de nitrógeno.

Desafortunadamente en la literatura no aparece información, excepto la de Burkholder *et al.* (1959), que se refiere al contenido de amino-ácidos en las hojas de *Thalassia*, donde se encuentran como los más abundantes a los ácidos aspártico y glutámico, que tienen respectivamente 10,53% y 9,46% de nitrógeno.

Finalmente, con la información obtenida se calcularon las fórmulas químicas empíricas aproximadas (Cuadro 3).

El carbono de fórmula se obtuvo dividiendo 100 entre el cociente de la materia orgánica total y el carbono orgánico total, en consecuencia es equivalente a expresar el contenido de carbono presente en la materia orgánica peso seco sin cenizas.

El nitrógeno de fórmula es igual al producto de 100 entre TOC/N-PROT por el carbono de fórmula/100.

El oxígeno de fórmula (Cuadro 3) se expresa de dos formas distintas; la primera corresponde al oxígeno de carbohidratos y proteínas y se obtuvo de la siguiente manera. Se tomó como referencia el contenido de oxígeno en la glucosa (53%) y en la albúmina de huevo (23,28%) para expresar los valores de carbohidratos y proteínas de acuerdo con sus contenidos de oxígeno. Estos, una vez sumados, fueron expresados en función de la materia orgánica en porciento.

La segunda forma de expresión corresponde al oxígeno de materia orgánica que no es de origen proteico ni glucídico solubles. Este valor se obtuvo considerando que la fracción del carbono total restante del carbono de proteínas ($\text{Prot} \times 54,5/100$), y del carbohidrato soluble ($\text{CST}/2,5$), es proporcional en sus valores a los del oxígeno. La suma de estas dos formas expresa el oxígeno total. Es evidente que este valor de oxígeno en las fórmulas químicas empíricas es una

CUADRO 3

Fórmulas químicas empíricas aproximadas

| Estación | Mes | Carbono | Nitrógeno | Oxígeno | No. identificado |
|-------------------|-----|-----------------|------------------|------------------|----------------------|
| Sedimentos | | | | | |
| 1 | Ene | C ₂₉ | N ₄ | O* ₁₇ | O** ₇ 43 |
| 1 | Mar | C ₃₃ | N _{0,6} | O ₂ | O ₂₅ 39 |
| 2 | Feb | C ₂₈ | N _{0,1} | O ₂ | O ₃₀ 40 |
| 2 | Mar | C ₁₀ | N _{0,3} | O ₁ | O ₈ 81 |
| 3 | Feb | C ₃₅ | N _{0,5} | O ₃ | O ₂₉ 22,5 |
| 3 | Mar | C ₂₆ | N _{0,4} | O ₃ | O ₂₂ 48,6 |
| 4 | Abr | C ₁₈ | N ₂ | O ₉ | O ₃ 68 |
| 5 | Abr | C ₁₇ | N ₁ | O ₇ | O ₇ 68 |
| Hojas | | | | | |
| 1 | Ene | C ₃₉ | N ₄ | O ₁₁ | O ₁₄ 32 |
| 1 | Mar | C ₄₁ | N ₃ | O ₁₆ | O ₁₆ 24 |
| 2 | Feb | C ₄₂ | N ₄ | O ₁₂ | O ₂₈ 14 |
| 2 | Mar | C ₄₁ | N ₄ | O ₁₀ | O ₂₄ 21 |
| 3 | Feb | C ₄₃ | N ₃ | O ₁₁ | O ₁₇ 26 |
| 3 | Mar | C ₄₁ | N ₄ | O ₉ | O ₁₄ 32 |
| 4 | Abr | C ₃₉ | N ₄ | O ₁₆ | O ₁₅ 26 |
| 5 | Abr | C ₃₈ | N ₃ | O ₁₇ | O ₁₄ 28 |
| Rizomas | | | | | |
| 1 | Feb | C ₃₈ | N ₅ | O ₂₀ | O ₉ 28 |
| 1 | Mar | C ₃₈ | N ₄ | O ₁₈ | O ₁₀ 30 |
| 2 | Feb | C ₄₀ | N ₅ | O ₁₃ | O ₂₄ 18 |
| 2 | Mar | C ₃₈ | N ₅ | O ₁₅ | O ₂₄ 18 |
| 3 | Feb | C ₄₁ | N ₄ | O ₁₅ | O ₁₃ 27 |
| 3 | Mar | C ₃₇ | N ₅ | O ₁₃ | O ₁₀ 35 |
| 4 | Abr | C ₃₅ | N ₄ | O ₁₅ | O ₁₀ 36 |
| 5 | Abr | C ₃₅ | N ₆ | O ₂₀ | O ₄ 35 |

* Oxígeno de Carbohidratos y Proteínas

** Oxígeno de otras formas orgánicas.

aproximación muy discutible, ya que el contenido de este elemento no fue evaluado y su cálculo se basa en las proporciones en que se encuentra en la glucosa y la albúmina usadas como estándares; estas proporciones pueden diferir de los materiales estudiados. Por último, en este mismo Cuadro se presenta el porcentaje correspondiente a "Material No Identificado", que se obtuvo restando de 100 las cantidades correspondientes a carbono, nitrógeno y oxígeno total.

Las fórmulas químicas empíricas obtenidas permiten distinguir el material biológico del detrítico sedimentario. Las hojas y los rizomas de estos pastos marinos son muy semejantes en sus formulaciones y sólo se distinguen porque en las primeras, el contenido de oxígeno calculado de carbohidratos y proteínas es menor y en cambio el oxígeno de otros materiales es mayor. En cuanto a los detritos, se observa un empobrecimiento en el contenido de nitrógeno y un notable incremento en la proporción de elementos no identificados. Esta información permite sugerir que en la transferencia de materia orgánica de los pastos marinos al sedimento, en el proceso de formación del detrito, hay una degradación selectiva sobre el carbono y nitrógeno que lleva como consecuencia el atrapamiento de los micro-elementos menos abundantes, tales como Na, K, Mg, Ca; tal mecanismo de enriquecimiento del detrito de *Thalassia* ha sido reportado por Pulich *et al.* (1976).

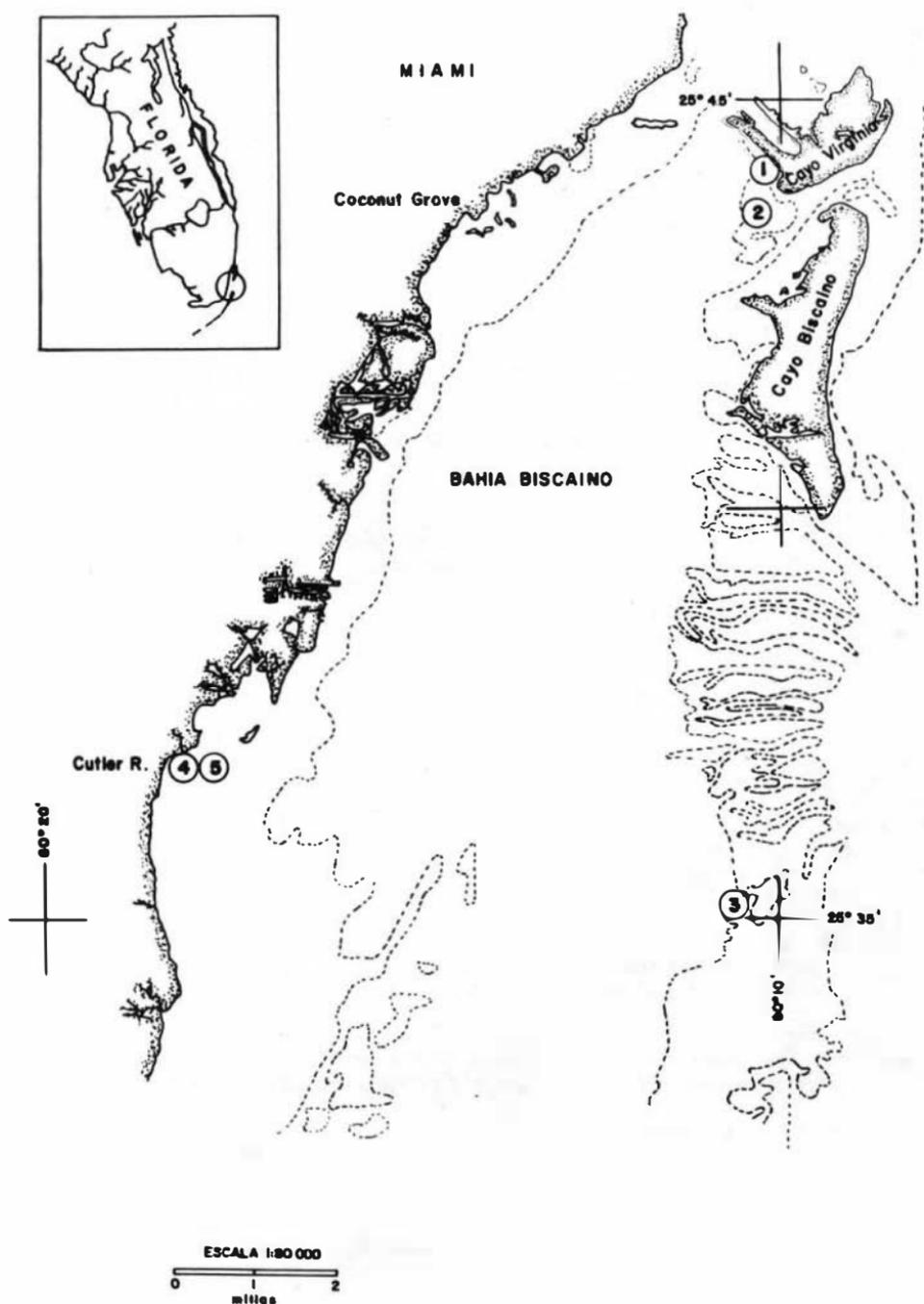
CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que la composición química de los pastos marinos varía de acuerdo con la localidad y condiciones de desarrollo. La composición química elemental de las hojas y rizomas no las distingue; sin embargo, los cocientes de relación y los constituyentes orgánicos sí permiten diferenciarlos.

En los rizomas es notable la presencia de componentes nitrogenados que no obedecen a la relación 15/100 (correspondiente al factor de conversión de nitrógeno a proteínas, $N \times 6,66 = \text{Proteínas}$ o $N \times 6,25 = \text{Proteínas}$). Este hecho se atribuye al alto contenido de amino ácidos pobres en nitrógeno y descarta la posibilidad del uso de este factor para calificar el valor alimenticio de estos materiales. El uso generalizado de este factor puede llevar a sobrestimaciones del valor proteico de los productos primarios marinos (Riley y Chester, 1971).

La descomposición avanzada de los pastos marinos lleva a una degradación selectiva sobre determinados materiales. Este proceso conduce al empobrecimiento de nitrógeno del detrito y a un enriquecimiento en oligoelementos no identificados. En consecuencia, las proporciones C:N, se alteran notablemente y difieren del material biótico.

Por último, la influencia de descarga de aguas municipales, no alteró los valores cuantitativos de la materia orgánica en el sedimento; sin embargo, cualitativamente, hubo una alteración significativa. En los componentes bióticos esta influencia no ocasionó cambios cuantitativos ni cualitativos perceptibles.



RESUMEN

La biodegradación de las fanerógamas marinas y su flujo energético a través de las cadenas tróficas, en forma de detritus, muestran una estrecha relación con el estrato sedimentario circundante. La composición química del material biótico y abiótico se analizó, y se evaluó por medio de sus proporciones químicas. Las fórmulas derivadas de estos estudios muestran que hay una notable diferencia entre las hojas y los rizomas, acompañada de una disminución gradual de nitrógeno y de un aumento progresivo de oligoelementos orgánicos en los sedimentos.

REFERENCIAS

- Allen, S. E., H. M. Grimshaw, J. A. Parkinson, & C. Quamby
1974. *Chemical analysis of ecological materials*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 565 p.
- Day, J. H.
1967. The biology of Knysna Estuary, South Africa, p. 397-407. In G. H. Lauff (ed.). *Estuaries*, Amer. Ass. Adv. Sci. Pub., 83. Washington, D. C.
- Boysen-Jensen, P.
1914. Studies concerning the organic matter of the sea bottom. *Rep. Danish Biol. Sta.*, 22: 1-39.
- Burkholder, P. R., L. M. Burkholder & J. A. Rivero
1959. Some chemical constituents of turtle grass, *Thalassia testudinum*. *Bull. Torrey Bot. Club*, 86: 88-93.
- Dean, W. E.
1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition. Comparison with other methods. *J. Sediment. Petrol.*, 44: 242-248.
- De la Lanza, E. G.
1975. Bromatología preliminar de las praderas de *Thalassia* y la influencia de la contaminación urbana y térmica. *Mem. I Simp. Lat. Ocean. Biol. (México)*: 119-142.
- Duursma, E. K.
1965. The dissolved organic constituents of sea water, p. 433-473. In J. P. Riley & G. Skirrow (eds.), *Chemical Oceanography*. Academic Press, London.
- Ellman, G. L.
1962. The biuret reaction: Changes in the ultraviolet absorption spectra and its applications to the determination of peptide bonds. *Analyt. Biochem*, 3: 40-48.
- Gerchakov, M., & P. G. Hatcher
1972. Improved technique for analysis of carbohydrates in sediments. *Limnol. Oceanog.*, 17: 938-943.
- Horwitz, W. (Ed).
1965. *Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. Publ. Association of Official Agricultural Chemists. Washington. D. C, 10 th ed. 957 p.
- Mann, K. H.
1972. Macrophyte production and detritus food chains in coastal waters. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 29 Spl., 353-383.

- Margalef, R.**
1974. *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona 951 p.
- Odum, W. E.**
1970. Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped mullet *Mugil cephalus*, p. 222-240. In J. H. Steele (ed.), *Marine food chains*. Univ. of Calif.
- Odum, E. P. & A. A. de la Cruz**
1967. Particulate organic detritus in a Georgia salt marsh-estuarine ecosystem. p. 383-388. In G. H. Lauff (ed.), *Estuaries*. Amer. Ass. Adv. Sci. Pub., 83. Washington D. C.
- Pulich, W., S. Barnes, & R. Parker**
1976. Trace metals cycles in seagrass communities, p. 493-506. In M. Wiley (ed.), *Estuarine Processes, Vol. I. Uses, stresses, and adaptations to the Estuary*. Academic Press, N. Y.
- Randall, J. E.**
1965. Grazing effect on seagrasses by herbivorous reef fishes in the West Indies. *Ecology*, 46: 255-260.
- Reid, G. K., & R. D. Wood**
1976. *Ecology of inland waters and estuaries*. Van Nostrand, N. Y. 485 p.
- Riley, J. P. & R. Chester**
1971. *Introduction to marine chemistry*. Academic Press, London. 465 p.
- Strickland, J. D. H.**
1966. Measuring the production of marine phytoplankton. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 122: 1-172.
- Teal, J. M.**
1962. Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia. *Ecology*, 43: 614-624.
- Walsh, G. E., & T. E. Grow**
1973. Composition of *Thalassia testudinum* and *Ruppia maritima*. *Quart. J. Florida Acad. Sci.*, 35: 97-108.
- Westlake, D. F.**
1963. Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.*, 38: 385-425.
- Wood, E. J. F., W. E. Odum., & J. C. Zieman**
1969. Influence of sea grasses on the productivity of coastal lagoons, p. 495-502. In *Lagunas Costeras. Un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras*. UNAM-UNESCO, Univ. Nal. Aut. de México, México.