

EVALUACIÓN DE *Sargassum* spp. EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO

Gustavo Hernández-Carmona^{1*}, María Margarita Casas Valdez^{1*}, Carmen Fajardo León²
Ignacio Sánchez-Rodríguez^{1*} y Elizabeth Rodríguez-Montesinos¹

1 Departamento de Pesquerías. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN.
Apdo. Postal 592. La Paz B.C.S. México 23000.

2 Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz. Km 1, Carretera La
Paz-Pichilingue.

Palabras clave: *Sargassum*. Evaluación. Cosecha. Bahía de La Paz.

RESUMEN

Las especies del género *Sargassum* son las más abundantes de la Bahía de La Paz, B.C.S., México, por lo que se realizó un estudio para estimar la biomasa cosechable de este género en la primavera de 1988. Para la estimación de la cosecha se aplicó el análisis estadístico para una población estratificada, basado en los valores de biomasa obtenidos como variable de estratificación y se calcularon los valores de área cubierta por los mantos por mediciones directas en campo. Resultaron cuatro estratos con los siguientes valores de biomasa: ESTRATO I: 568-1132 g/0.25 m²; ESTRATO II: 1133-1923 g/0.25 m²; ESTRATO III: 1924-2677 g/0.25 m² y ESTRATO IV; 2678-4154 g/0.25 m². La cosecha total estimada fue de 18,901 toneladas con un intervalo de confianza al 95% de 17,973 a 19,828 toneladas.

Sargassum spp ASSESSMENT OF LA PAZ BAY, B.C.S., MEXICO ABSTRACT

Due to their abundance at the Bay of La Paz, B.C.S., México, the *Sargassum* species were selected to determine its standing crop in the Spring 1988. A statistical analysis for a stratified population was applied to estimate the standing crop; the analysis was based on the biomass values obtained as stratified variable as well as by the area covered by the *Sargassum* spp patches. Four stratum were found with the following figures of biomass: STRATA I; 568-1132 g/0.25 m²; STRATA II; 1133-1923 g/0.25 m²; STRATA III: 1924-2677 g/0.25 m²; y STRATA IV: 2678-4154 g/0.25 m². The total harvested crop was estimated as 18,901 tonnes, with a 95% confidence interval ranging from 17,973 to 19,828 tonnes.

INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Sargassum* son el componente más conspicuo de la flora de aguas tropicales y subtropicales (Winge, 1923; Fritz, 1945 & Howard y Menzies, 1969; In: Prince y O'Neal, 1979). Estos organismos dominan en número y biomasa sobre otras especies de algas a lo largo del Golfo de California (Norris, 1975) y forman grandes prados en la zona intermareal y submareal. Huerta (1978), Holguín (1971)

(Casas, 1981) y Muñetón (1987), afirman lo mismo para la Bahía de La Paz.

El género *Sargassum* en la Bahía de La Paz, B.C.S., ha recibido atención por los ficólogos, principalmente sobre aspectos de distribución (Holguín, 1971), dispersión (Galli y García, 1982), estacionalidad de las especies (Huerta y Mendoza, 1985), diferencias entre poblaciones (Rodríguez, 1985), fenología (Muñetón, 1987), así como otros aspectos relacionados con su composición química

(*) Becario de COFAA-IPN.

(Casas y Hernández, 1982), la variación en su contenido de alginatos (Hernández, 1985) y su uso como complemento alimenticio en aves (Casas *et al.*, 1988). En todos ellos se destaca que las algas de este género son las más importantes en cuanto a las áreas que cubren, dominando sobre otras especies de algas en la misma localidad, sin embargo a la fecha no se había realizado un estudio para ubicar con precisión los mantos en la bahía y estimar la biomasa cosechable con que se cuenta, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la biomasa total o cosecha de *Sargassum* spp. en la Bahía de La Paz en la primavera, época en que se ha observado que alcanza el mayor desarrollo y biomasa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluaron las existencias de las algas del género *Sargassum* spp. durante la primavera de 1988 a lo largo de las costas de la Bahía de La Paz, B.C.S., la cual esta comprendida entre los 24° 47' y 24° 06' latitud norte y los 110° 18' longitud oeste, y tiene una superficie aproximada de 1200 Km² (Muñetón, 1987).

Se estimaron las superficies cubiertas por los mantos así como su biomasa promedio y con la combinación de ambos valores, se estimó el valor de cosecha. Los mantos se dividieron en función de su longitud, en mantos grandes y mantos pequeños. Se consideraron mantos grandes aquellos cuya longitud fue mayor de 500 m y mantos pequeños a aquellos con una longitud menor a ésta; la superficie de estos se determinó por dos métodos diferentes que fueron desarrollados por los autores específicamente para la realización de este trabajo.

Mantos grandes

La longitud del manto se determinó recorriéndolo a lo largo con una lancha a una velocidad constante de 166 m por minuto y dependiendo del tiempo invertido, se calculó la longitud. El ancho de estos mantos se midió con un cabo cada tres minutos de recorrido (que corresponde a una distancia de aproximadamente 500 m), en aquellos casos en que el ancho era irregular se aumentaba el número de mediciones con el fin de tener mayor precisión en los contornos. Para estimar las áreas, los mantos fueron dibujados a una escala de 1:642,000, dividiéndose en figuras regulares ya sea rectangulares o triangulares; las áreas parciales se calcularon utilizando las fórmulas respectivas y posteriormente se sumaron para obtener el área total.

Mantos pequeños

La longitud de estos mantos se determinó mediante el uso de un cabo de nylon el cual fue anclado en un extremo y extendido hasta el extremo opuesto, el ancho se midió cada 3 m mediante un cabo. Como en este caso las mediciones se realizaron directamente en todo el manto, sólo se requirió dibujarlos en figuras regulares y calcular su área de manera directa.

Se eligieron 19 puntos de muestreo a lo largo de la distribución de los mantos de *Sargassum* spp. en la Bahía de La Paz, para estimar la biomasa, empleando como unidad de muestreo un cuadrante de 0.25 m² (0.50 m x 0.50 m), el cual se colocó en el fondo del mar y se colectaron todas las plantas de *Sargassum* contenidas en esta área. Las muestras se obtuvieron en la parte central del manto cada 3 m en toda su longitud, tomando un promedio de 14 muestras por localidad. Con los datos obtenidos en cada localidad, se calculó la biomasa promedio, la desviación estándar, el error de la estimación y el intervalo de confianza para la media al 95%; estos valores fueron asignados a otros mantos adyacentes a donde se realizó el muestreo, seleccionando aquellos en donde se observó una densidad aparentemente similar a la del punto de muestreo.

Para la estimación de la cosecha se aplicó el análisis estadístico para una población estratificada, tomando los valores de biomasa obtenidos como variable de estratificación.

Para establecer los intervalos de biomasa se aplicó la regla de Sturges (Daniel, 1982), dividiendo la diferencia entre el valor máximo y mínimo de biomasa entre el número de intervalos deseados; en este caso se decidió establecer cinco intervalos.

Una vez establecidos los intervalos de biomasa se calcularon las frecuencias relativas de cada uno y se aplicó el criterio de equipartición de Cum (Cochran, 1981), que resulta de la división en partes iguales de la suma de las raíces de las frecuencias de la variable de estratificación (biomasa), con el fin de que los intervalos poco frecuentes se agruparan en un mismo estrato.

Para el cálculo de la cosecha por estrato y la cosecha total se emplearon las fórmulas descritas por Cochran (1981), para un muestreo estratificado.

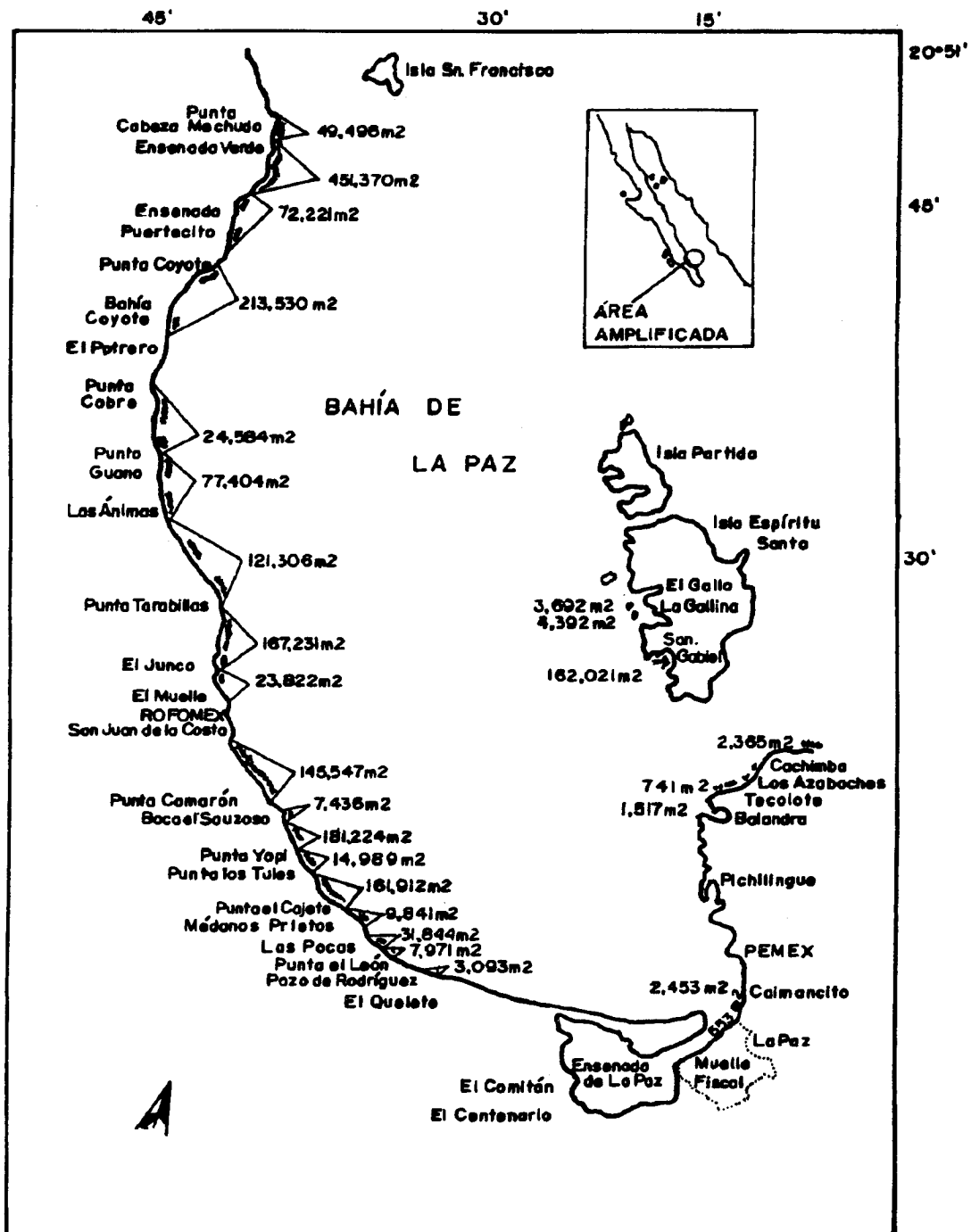


Figura 1. Localización del área de estudio de los mantos de *Sargassum* spp. en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Primavera de 1988.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra la localización y el área de los mantos en la Bahía de La Paz, B.C.S. Se encontró que las mayores áreas cubiertas por mantos se localizan en la costa oeste de la Bahía, desde la localidad conocida como Pozo de Rodríguez hasta Punta Cabeza de Mechudo, al norte de la Bahía, en una franja discontinua. La costa oeste presentó pequeños mantos aislados y en la Isla Espíritu Santo se encontraron algunos mantos importantes con las mayores áreas en la Ensenada de San Gabriel.

La Figura 2 muestra los valores de biomasa media por zona, se encontró que los valores de biomasa fueron muy variables fluctuando de un mínimo de 568 g/0.25 m² en Punta de León a un máximo de 4154 g/0.25 m² en Boca El Sauzoso, sin embargo los mantos adyacentes a los puntos de muestreo presentaron una densidad aparente

similar, lo cual permitió asignar los valores promedio a áreas más extensas.

La Tabla 1 muestra las localidades donde se ubican los mantos, el área estimada, la biomasa promedio asignada a cada localidad y la variancia. Debido a la diferencia entre los valores de biomasa entre áreas cercanas, se decidió que la estratificación estuviera basada en los valores de biomasa.

La aplicación de la regla de Sturges se realizó considerando cinco intervalos de biomasa, resultando una amplitud de 717 g/0.25 m². La Tabla 2 muestra los intervalos de biomasa obtenidos, las frecuencias y la suma de las raíces de las frecuencias. Al dividir este último valor entre el número de estratos deseados se obtuvo un intervalo para las raíces de las frecuencias de 1.8. Con este último valor se elaboraron los estratos correspondientes. El

TABLA 1. ÁREA DE LOS MANTOS DE *Sargussum spp* Y BIOMASA MEDIA POR ZONA EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S.

LOCALIDAD	ÁREA POR MANTO (m ²)	BIOMASA MEDIA (g/0.25m ²)	DESVIACIÓN ESTANDAR
Punta Cabeza de Mechudo-Ensenada Verde	49496	1575	639.7
Ensenada Verde-Puertecito	451370	1575	639.7
Puertecito-Punta Coyote	72221	2806	535.1
Punta Coyote-Potrero (Bahía Coyote)	213530	2806	535.1
Punta Cobre-Punta Guano	24554	2373	402.6
Punta Guano-Las Animas	77406	2373	402.6
Las Animas-Punta Tarabillas	121906	2373	402.6
Punta Tarabillas-El Junco	167231	2373	402.6
El Junco-Muelle ROFOMEX	23822	2373	402.6
Muelle ROFOMEX-Punta Camarón	145547	1360.7	204
Boca El Sauzoso	7436	4154.5	1132
Boca El Sauzoso-Punta Yepi	131224	1360.7	204
Punta Yepi-Punta Los Tules	16989	1360.7	204
Punta Los Tules-Punta El Cajete	161912	1360.7	204
Médanos Prietos	9841	2620	494
Las Pacas-Punta León norte	311844	1360.7	204
Punta León sur	7971	568.4	385.2
Pozo de Rodríguez	3073	1007.8	604.6
Malecón	2653	858.3	409.6
El Caimancito	2453	1402.2	556.1
Punta norte de Baldra	1917	1923.3	860.2
Cabo Tecolotes-Playa sur Tecolotes	741	1314.3	537.6
Los Azabaches 1	689	1132.5	246.7
Los Azabaches 2	2365	1872.5	645
Playa Cachimba	399702	858.3	219.3
Ensenada San Gabriel (Isla Espíritu Santo)	162021	2253.3	297.3
Punta La Gallina (Isla Espíritu Santo)	4392	2677	1468
Ensenada El Gallo (Isla Espíritu Santo)	5692	2300	1255.8

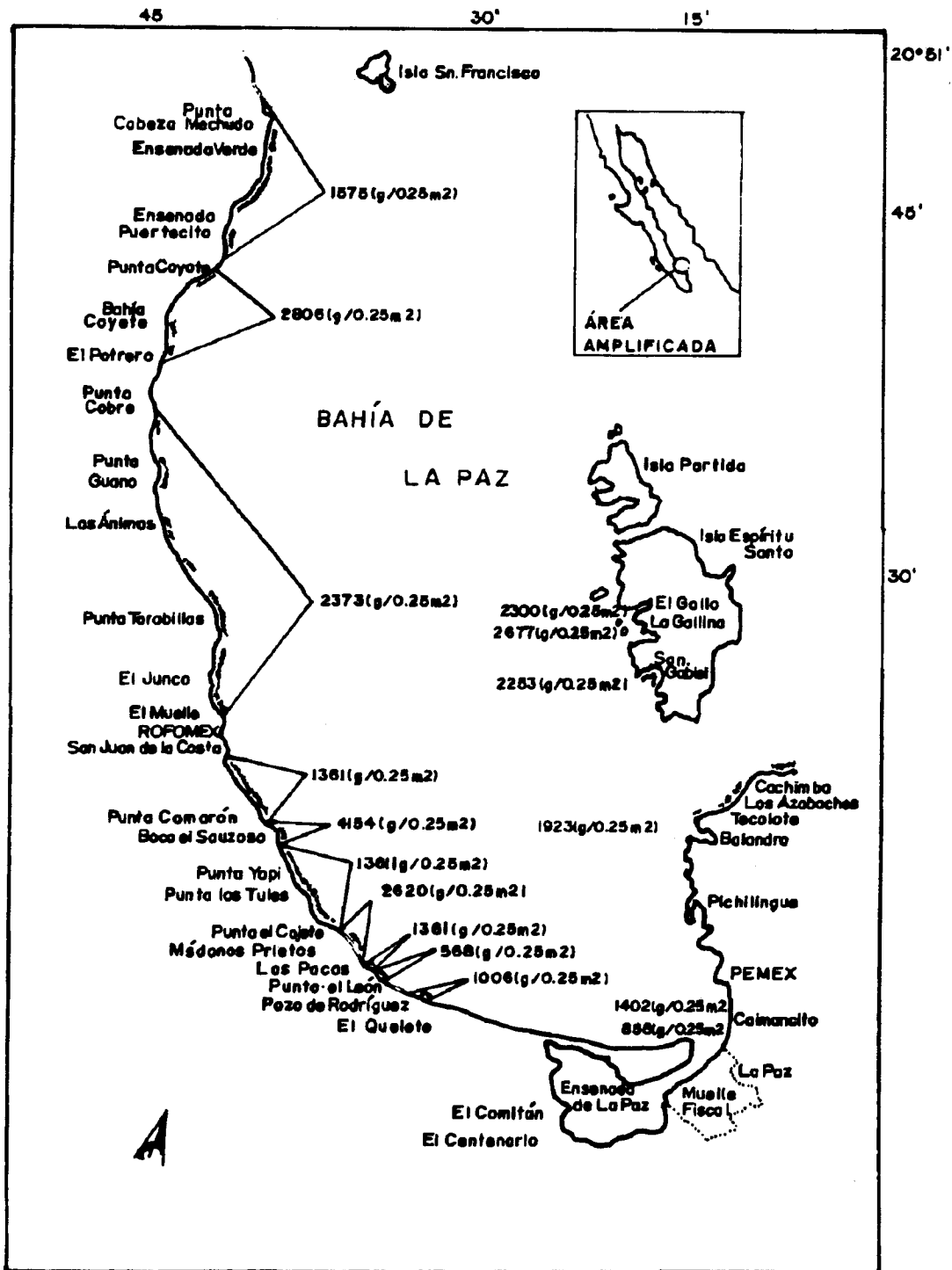


Figura 2. Biomasa media por zona (g/0.25 m²) de *Sargassum* spp. en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Primavera de 1988.

TABLA 2. DATOS ESTADÍSTICOS DE LOS INTERVALOS DE BIOMASA, LAS FRECUENCIAS Y LA SUMA ACUMULADA DE LAS RAICES DE LAS FRECUENCIAS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTRATOS.

BIOMASA (g/0.25m ²)	FREC. f	RAÍZ DE f R(f)	ΣR(f)	ESTRATO	LÍMITES DE FREC.	FREC.	INTERVALO DE BIOMASA
0568.4-1284.6	5	2.24	2.24	I	0.0-1.8	0	-----
1285.6-2002.8	6	2.45	4.69	II	1.8-3.6	5	568 - 1132
2003.9-2721.1	5	2.24	6.93	III	3.6-5.4	6	1133-1923
2722.1-3439.3	1	1.00	7.93	IV	5.4-7.2	5	1924-2677
3440.3-4157.5	1	1.00	8.93	V	7.2-9.0	2	2678-4154

8.93/ No. DE ESTRATOS DESEADOS (5)=1.8

primer intervalo no estuvo representado, por lo que los intervalos de biomasa fueron agrupados en cuatro estratos.

La Tabla 3 muestra los datos estadísticos por estrato para el cálculo de la cosecha. A partir de estos datos, se calculó una media estratificada de 1831 g/0.25 m², que extrapolándola a un metro cuadrado corresponde a 7326 g/m², con un intervalo de confianza de 6966 g/m² a 7689 g/m². Con la suma del área para los cuatro estratos, se obtuvo un tamaño total de la población de 2'579,997 m². El valor total de cosecha estimado fue de 18,901 t, con un intervalo de confianza de 17,973 a 19,828 t.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La selección del método de evaluación es de suma importancia en la estimación de cualquier recurso. En este caso la estimación de la biomasa promedio no representó un gran problema, ya que los mantos se localizan cerca de la costa a profundidades entre 1 m y 6 m, de manera que las muestras pudieron tomarse con relativa facilidad; sin embargo la estimación del área cubierta requiere mayor esfuerzo, debido a que los mantos no pueden ser observados desde la superficie y en algunos casos su distribución no es homogénea, ya que presentan espacios vacíos en las áreas donde se encuentra sustrato arenoso, las cuales en ocasiones se presentan en forma irregular dentro de la periferia del manto. Con este tipo de distribución sólo es posible

estimar las áreas por buceo sobre los mantos, delimitando su longitud y describiendo su contorno mediante mediciones paralelas a ésta. Si bien este método no permite tener una estimación exacta del área del manto, proporciona información lo suficientemente confiable para establecer el área cubierta por las algas de este género, por lo que se puede concluir que este método puede ser aplicado para las estimaciones del área del género *Sargassum* con un costo relativamente bajo sin consumir demasiado tiempo.

Si se realiza una división sobre la línea Norte-Sur, que pase por la parte más estrecha de la barra de El Mogote, se pueden separar los mantos que se localizan en la costa oeste, los de la costa este y los mantos del norte que corresponden a la Isla Espíritu Santo. En los mapas de distribución se puede observar que los mantos de la parte norte (Isla Espíritu Santo) son los que tienen una menor área, que representa el 6.7% del área total, los mantos de la costa este también son mantos pequeños y aislados, que representan el 15% del área total. En estas dos zonas fue posible realizar las mediciones de área utilizando sólo cabos, sin embargo, los mantos de la costa oeste son de mayor extensión y cubren la mayor parte del área, representando el 77% del total. Las dimensiones de estos mantos hizo impráctico su medición longitudinal con cabos, por lo que fue necesario cambiar el método por el de la dis-

TABLA 3. DATOS ESTADÍSTICOS POR ESTRATO PARA EL CÁLCULO DE LA COSECHA DE *Sargassum* spp. EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO.

ESTRATO	MEDIA (g/0.25m ²)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIANCIA	TAMAÑO DEL ESTRATO (m ²)	PONDERACIÓN DEL ESTRATO
1	852.9	510.2	260100.0	414088	0.1605 (16 %)
2	1511.3	622.8	387879.8	1275834	0.4945 (50 %)
3	2473.9	841.8	708627.2	596868	0.2313 (23 %)
4	3376.9	1065.2	1134651.0	293187	0.1136 (11 %)
				TOTAL 2579977	

MEDIA ESTRATIFICADA = 1831 g/0.25 m²

tancia corrida por tiempo y el uso de mapas, con lo cual se logró obtener una estimación bastante confiable.

Debido a que los costos del muestreo para la determinación de biomasa media no se incrementaban si se realizaban simultáneamente durante la medición del área, se decidió asignar un tamaño de muestra que fuera lo suficientemente grande como para que la desviación estándar de las medias fuera pequeña, de manera que el error de la estimación fuera reducido y se evitara un segundo muestreo.

Al procesar las muestras obtenidas se encontró que los valores de biomasa fueron muy variables, fluctuando entre 568 g/0.25 m² y 4154 g/0.25 m². No se encontró coincidencia entre los valores de biomasa media entre puntos de muestreo contiguos, lo cual significa que las algas pueden tener un desarrollo diferente aún para localidades muy cercanas. Debido a esta diferencia se decidió que la estratificación estuviera basada en los valores de biomasa obtenidos, sin que esto implique que dos zonas pertenecientes al mismo estrato se encuentren cercanas. Mediante la observación de los resultados, se decidió que los valores de biomasa podían ser agrupados en cinco intervalos, y con el uso de la regla de CUM, se realizó la equipartición de las raíces de las frecuencias para cada intervalo. Este método permitió eliminar el primer intervalo que presentó valores de biomasa muy bajos; el último con valores muy altos sólo estuvo representado por dos localidades con biomasa de 2678 g/0.25 m² a 4154 g/0.25 m², de manera que las mayores frecuencias se ubicaron en los tres estratos restantes, el primero con biomasa de 568 g/0.25 m² a 1132 g/0.25 m² con 5 frecuencias, el segundo con 1133 g/0.25 m² a 1923 g/0.25 m² con 6 frecuencias y el tercer estrato con 1924 g/0.25 m² a 2677 g/0.25 m² con 5 frecuencias, lo cual tiene un efecto significativo durante la ponderación, ya que los mayores valores de área por estrato correspondieron al mayor número de frecuencias obtenidas. Como consecuencia, el valor de biomasa media estratificada resultante de 1831 g/0.25 m², se ubicó en el segundo estrato que fue el más representado. Este valor al ser extrapolado a 1 m dió una estimación de 7326 g/m². Como se esperaba el error de la estimación fue muy pequeño, por lo que el intervalo de confianza para la media también fue reducido (6966 g/m² a 7689 g/m²).

El valor total de cosecha estimada de 18901 t (17973-19823 t), indica que la biomasa cose-

chable existente de los organismos de este género en la Bahía de La Paz debe considerarse como un recurso potencial como fuente para la obtención de alginatos o como complemento alimenticio para animales o el hombre. Sin embargo deberá realizarse primero un estudio de rentabilidad para establecer si las cantidades encontradas pueden superar el punto de equilibrio de una industria de este tipo. Otro aspecto que deberá estudiarse antes de realizar cualquier inversión es lo relacionado con la calidad de las algas, ya sea en cuanto a su composición química, en caso de pensar en su uso como complemento alimenticio, o en la calidad de los alginatos obtenidos, ya que algunos autores encuentran que en general las algas de este género contienen alginatos que producen baja viscosidad (Sadasiyan, 1958), además de que la población contiene varias especies que deben ser analizadas por separado.

También debe considerarse que la biomasa cosechable estimada corresponde a una sola época del año (primavera), la cual fue seleccionada debido a que en esta estación es cuando estas algas se encuentran en su máximo desarrollo y por lo tanto tienen los más altos valores de biomasa (Muñetón, 1987). El hecho de que la mayoría de las especies de este género en la Bahía de La Paz tengan un ciclo anual de abundancia indica que sólo es posible cosecharlas una vez al año.

Finalmente es importante resaltar que la estimación obtenida fue realizada sobre varias especies de *Sargassum* y se han detectado en la Bahía cinco especies, que pueden estar presentes en el mismo manto, aparentemente *S. sinicola* y *S. horridum* son las especies más representativas (Fajardo, comunicación personal). Se propone que como continuación a este estudio se identifiquen las especies que constituyen los mantos de *Sargassum* en la Bahía de La Paz, B.C.S. y se obtenga una estimación de las proporciones en que éstas se encuentran.

REFERENCIAS

- CASAS VALDEZ, M.M., 1981. Las algas café. Un recurso potencial para Baja California. Mem. Simp. "La Pesca en México". I.P.N. 13-15 de mayo de 1981, La Paz, B.C.S., 130-136.
- CASAS VALDEZ, M.M. & HERNÁNDEZ-CARMONA, G., 1982. Avance en el análisis bromatológico de *Sargassum sinicola* de la Bahía de La Paz,

- B.C.S. Informe Técnico Interno CICIMAR-IPN, 15 p.
- CASAS VALDEZ, M.M., M. TERRAZAS F. & R. GARCÍA, 1988. Aprovechamiento de las algas marinas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum* spp. como fuentes alternas de alimento en explotaciones pecuarias. Informe Técnico Interno. CICIMAR-IPN, 27 p.
- COCHRAN, W.G., 1981. Técnicas de Muestreo. C.E.C.S.A., México, 513 p.
- DANIEL, W.W., 1982. BIOESTADÍSTICA. Limusa., México, 485 p.
- GALLI OLIVIER, C. & GARCÍA DOMÍNGUEZ, F., 1982. Dispersión de sedimentos por *Sargassum sinicola*, Barra el Mogote, La Paz, Baja California Sur, México. CICIMAR, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, 16 p.
- HERNÁNDEZ-CARMONA, G., 1985. Variación estacional del contenido de alginatos en tres especies de feofitas de B.C.S., México. Inv. Mar. CICIMAR, 1(2):30-40.
- HOLGUÍN, Q.O., 1971. Estudio florístico estacional de las algas marinas del sur de la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis Profesional, E.N.C.B. IPN, 115 p.
- HUERTA M., L., 1978. Vegetación acuática y subacuática. In: Rzedowski, J. Vegetación de México. Ed. Limusa, 238-340.
- HUERTA M., L., & A.C. MENDOZA G., 1985. Las algas marinas de la parte sur de la Bahía de La Paz, Phytología 59(1):35-37.
- MUÑETÓN, M., 1987. Fenología de *Sargassum horridum* (Setchel y Gardner) en tres localidades de La Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México. 71 p.
- NORRIS, J.N., 1975. Marine algae of the Northern Gulf of California, Ph. D. Tesis. University of California Santa Bárbara, 575 p.
- PRINCE, J.S. & S.W. O'NEAL, 1979. The ecology of *Sargassum pteropleuron* Grunow (Phaeophyceae, Fucales) in the waters of South Florida, I. Growth, reproduction and population structure. Phycologia, 18(2):109-114.
- RODRÍGUEZ, G.H., 1985. Diferencias de longitud, crecimiento, reproducción y dimensiones de filoides entre dos grupos poblacionales de *Sargassum sinicola* (Setchell & Gardner) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México, Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 67 p.
- SADASIVAN PILLAY, K., 1958. Alginic acid from the *Sargassum* seaweed of Indian coast. Its extraction on cottage industry basis. Abstracts, Third International Seaweed Symposium, Galway. 44 p.