

EVALUACION DE MANTOS DE *MACROCYSTIS PYRIFERA*

"SARGAZO GIGANTE" EN LA PENINSULA
DE BAJA CALIFORNIA (VERANO DE 1982)

Ma. Margarita Casas Valdez *
Gustavo Hernández Carmona *
Julián René Torres-Villegas**
Ignacio Sánchez Rodríguez *

RESUMEN

Se realizó una evaluación de los mantos de *Macrocystis pyrifera* ("Sargazo gigante") a lo largo de su distribución en la Península de Baja California. Las superficies cubiertas por los mantos se estimaron mediante fotografía aérea con película infrarroja y la biomasa se determinó mediante muestreos de campo en seis zonas diferentes.

Se encontró que tanto las mayores superficies cubiertas por los mantos, como las mayores cosechas calculadas, corresponden a la zona sur (de la Isla Cedros a San Hipólito) con 64,722 ton.; le siguen en abundancia la zona centro (de Cabo San Quintín a Santa María en el Arrecife Sacramento) con 11,643 ton.; y la zona más pobre fue la norte (de Islas Coronado a Cabo San Quintín) con 3,322 ton. La cosecha total estimada para el verano de 1982 fue de 80,000 ton. + 15,000 ton.

ABSTRACT

An evaluation of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* was conducted along its range, along the Baja California Peninsula. The surface covered by the kelp beds were estimated by means of infrared aerial photography and the biomass was determined by means of field sampling in six different zones.

The largest surfaces as well as the highest crops were found at the southern zone (from Cedros Is. to San Hipólito)

*Depto. de Pesquerías **Depto. de Biología Marina
CICIMAR. Apdo. postal 476, La Paz, B.C.S.

with 64,722 tons.; followed by the central zone (Cape San Quintín to Santa María at the Sacramento Reef) with 11,643 tons.; the northern zone, the poorest one (from Coronado Is. to Cape San Quintín) had 3,322 tons. Total standing crop for summer 1982, was estimated at 80,000 ton. \pm 15,000 ton.

INTRODUCCION

En la Costa Occidental de la Península de Baja California, México cuenta con una importante existencia de "Sargazo gigante" (*Macrocystis pyrifera*), que se distribuye desde la frontera con los Estados Unidos en las Islas Coronado, B.C., hasta Punta San Hipólito, B.C.S., Guzmán et. al. (1971), incluyendo las islas cercanas a la costa. (Fig. 1).

Desde 1956 hasta la fecha, este recurso se cosecha en nuestro país en forma limitada en la zona norte (desde las Islas Coronado hasta Islas San Martín), y es exportado íntegramente como materia prima a Estados Unidos de Norteamérica para la producción de ácido algínico y sus derivados.

A nivel internacional se le ha dedicado mucha atención a la evaluación de este recurso. North (1967, 1968, 1969, 1970, 1971a, 1971b y 1972) encontró que un método eficiente y preciso para la evaluación de los mantos de esta especie, es a través de la fotografía aérea empleando película infrarroja y haciendo estimaciones de biomasa. Hall (1976) y Krepper y Hall (1976), emplearon este método en Argentina con resultados satisfactorios. En Noruega se ha utilizado otro método que desarrolló Baardseth (1970) para estimar la biomasa de *Ascophyllum nodosum*, *Fucus serratus* y *Laminaria digitata*, el cual se basa en un muestreo bietápico.

En México, existen algunos trabajos, principalmente sobre la explotación de las algas como un recurso natural. (Guzmán, 1963). Chapa (1963) aporta algunos datos biológicos de *M. pyrifera* y de su cosecha, y menciona observaciones aéreas sobre los mantos, efectuados por la empresa cosechadora, y posteriormente Guzmán (1968) localiza los mantos de esta especie por medio de observaciones directas desde un barco cosechador, y en 1971 hace un análisis general del estado de este recurso, también establece sus límites de distribución y ubica los mantos por medio de fotografías aéreas, sin llegar a estimar las superficies de éstos. Recientemente se analizó la factibilidad de

detectar y cuantificar los mantos de esta especie, mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes multispectrales de satélite y avión, (Arredondo, 1981).

Es necesario el conocimiento de las existencias de *M. pyrifera* susceptibles de ser aprovechadas, así como sus variaciones estacionales y anuales, con el fin de que el planteamiento para su industrialización guarde proporción con su magnitud.

Tomando en cuenta lo anterior y que en la actualidad este recurso es aprovechado a nivel mundial y que representa un potencial para México, en este trabajo se realizó la evaluación de los mantos de *Macrocystis pyrifera* en la costa occidental de la Península de Baja California en el verano de 1982, mediante estimaciones de la biomasa y de las áreas cubiertas por los mantos.

MÉTODOS

La evaluación de los mantos de *Macrocystis pyrifera* se obtuvo al multiplicar el área cubierta por los mantos por la biomasa estimada en cada una de las zonas muestreadas.

a) Estimación de la biomasa.- Considerando que la parte disponible del recurso se encuentra en la capa superficial, se determinó como unidad de muestreo un metro cuadrado de superficie, tamaño que además permite que el corte y recuperación de las algas sea práctico y rápido. Las muestras se obtuvieron sobre el manto de estudio, cortando al margen del cuadrado y por debajo de éste hasta un metro de profundidad; registrando el peso total por metro cúbico. (Fig. 2).

Se eligieron seis zonas de muestreo a lo largo de la Península, y en cada una de ellas se seleccionó una localidad representativa y de fácil acceso en la cual se efectuaron los muestreos de campo. En el extremo norte en San Miguel, Ensenada (zona 1) y Santo Tomás (zona 2), en la porción central norte El Rosario (zona 3), en la porción central sur Bahía Tortugas (zona 4), y en el extremo sur Bahía Asunción (zona 5) y Punta Prieta (zona 6). (Fig. 3).

Para efectos de estimación se eligieron tres estratos, en función de la densidad, esto es parte de un criterio práctico y arbitrario; así, se han denominado mantos de densidad alta

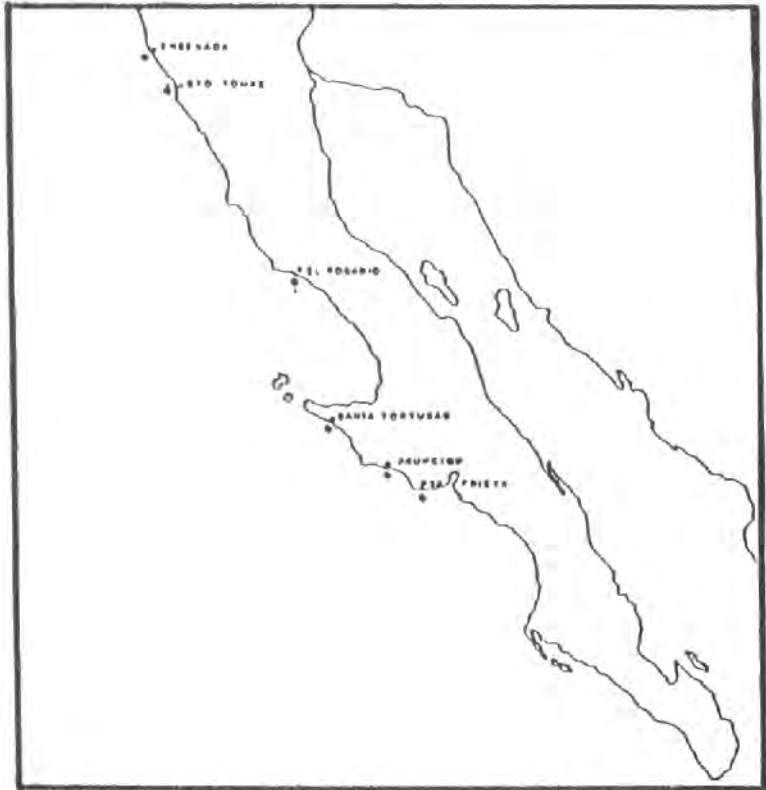


Fig. 3 Zonas de muestreo para la determinación de la biomasa

TABLA II. BIOMASA CALCULADA PARA LAS 6 ZONAS EN QUE SE DIVIDIO LA PENINSULA, OBTENIDAS DE LOS MUESTREOS EN LOCALIDADES REPRESENTATIVAS

		DENSIDAD	BIOMASA
ZONA 1	Isla Cochoyá a caleta de caliza	Alta	12.85
		Media	10.50
		Baja	8.15
ZONA 2	Sanito Tomás a Daba Colnett	Alta	12.20
		Media	10.20
		Baja	4.70
ZONA 3	Punta Baja a Punta María en el Arrecife Sacramento	Alta	9.08
		Media	6.40
		Baja	5.50
ZONA 4	Suroeste de Isla Cedros al sur de Bahía Tortugas	Alta	8.59
		Media	8.04
		Baja	7.82
ZONA 5	San Roque a Isla Asunción	Alta	12.70
		Media	10.60
		Baja	8.60
ZONA 6	Sur de Asunción a Punta San Hipólito	Alta	9.13
		Media	7.32
		Baja	5.72

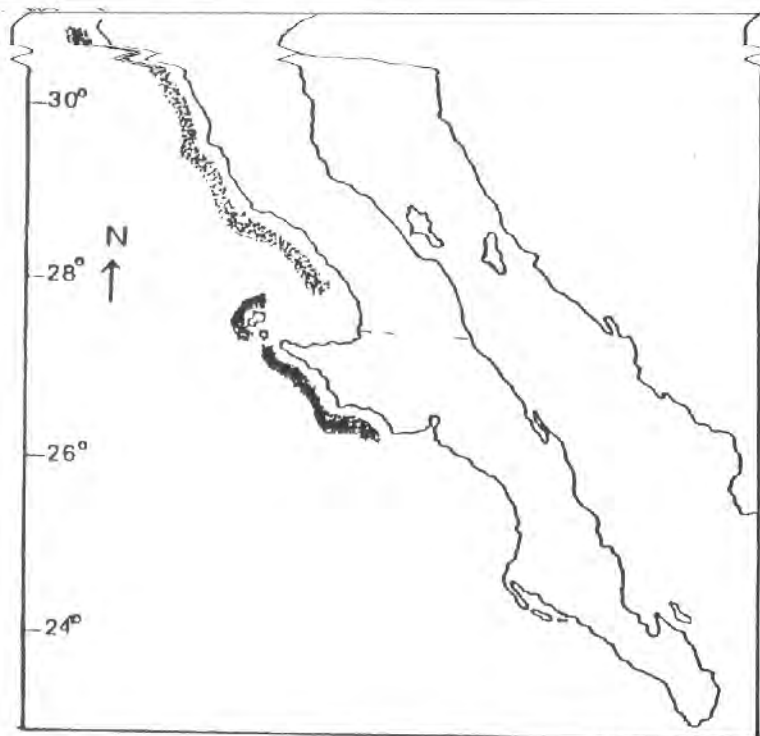


Fig. 1 Distribución de "Sargaso gigante" (*Macrocystis pyrifera*) en México.

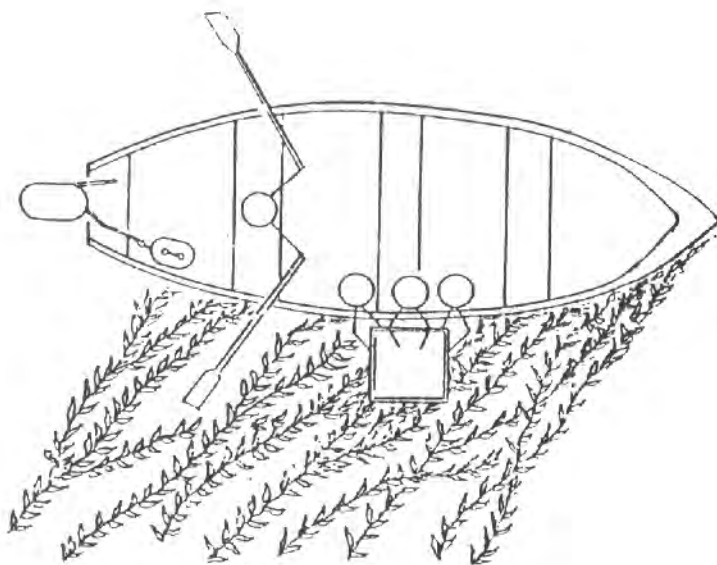


Fig. 2 Esquema que ilustra la forma de coleccionar la muestra para determinación de la biomasa.

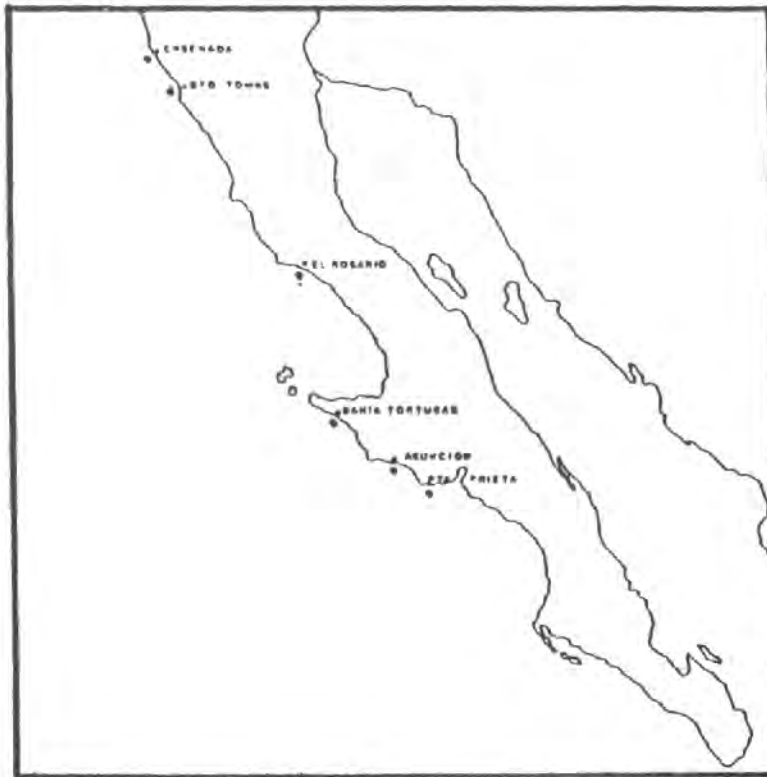


Fig. 3 Zonas de muestreo para la determinación de la biomasa

TABLA II. BIOMASA CALCULADA PARA LAS 6 ZONAS EN QUE SE DIVIDIO LA PENINSULA, OBTENIDAS DE LOS MUESTREOS EN LOCALIDADES REPRESENTATIVAS

		DENSIDAD	BIOMASA
ZONA 1	Isla Coronado a caxeta de cobro	Alta	12.85
		Medio	10.50
		Baja	8.15
ZONA 2	Santo Tomás a Cabo Colnett	Alta	12.20
		Medio	10.20
		Baja	4.70
ZONA 3	Punta Beja a Punta María en el Arrecife Sacramento	Alta	9.88
		Medio	6.40
		Baja	5.50
ZONA 4	Suroeste de Isla Cedron al sur de Bahía Tortugas	Alta	8.59
		Medio	8.04
		Baja	7.82
ZONA 5	San Roque a Isla Asunción	Alta	12.70
		Medio	10.40
		Baja	8.60
ZONA 6	Sur de Asunción a Punta San Hipólito	Alta	9.13
		Medio	7.32
		Baja	5.72

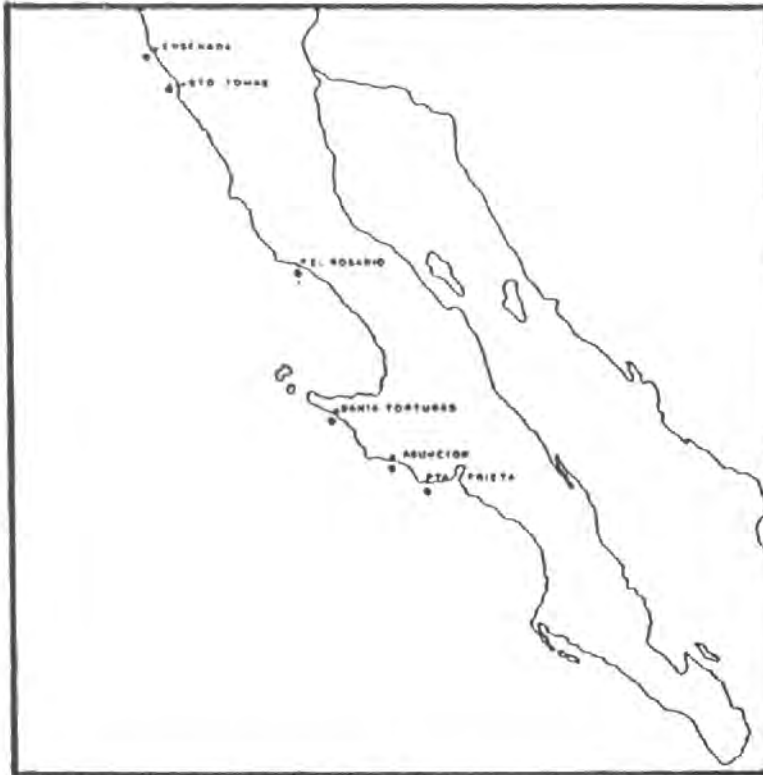


Fig. 3 Zonas de muestreo para la determinación de la biomasa

TABLA II. BIOMASA CALCULADA PARA LAS 6 ZONAS EN QUE SE DIVIDIO LA PENINSULA, OBTENIDAS DE LOS MUESTREOS EN LOCALIDADES REPRESENTATIVAS

		DENSIDAD	BIOMASA
ZONA 1	Isla Coronado a caseta de cobro	Alta	12.85
		Media	10.50
		Baja	8.15
ZONA 2	Santo Tomás a Cabo Colimelt	Alta	12.20
		Media	10.20
		Baja	4.70
ZONA 3	Punta Beja a Punta María en el Arrecife Sacramento	Alta	9.88
		Media	6.40
		Baja	5.50
ZONA 4	Suroeste de Isla Cedros al sur de Bahía Tortugas	Alta	8.59
		Media	8.04
		Baja	7.02
ZONA 5	San Roque a Isla Asunción	Alta	12.70
		Media	10.40
		Baja	8.60
ZONA 6	Sur de Asunción a Punta San Hipólito	Alta	9.13
		Media	7.32
		Baja	5.72

(D.A.) a aquellos en los cuales no se observan espacios vacíos dentro de toda su área, mantos de densidad media (D.M.) los que presentan espacios vacíos dentro de toda su área y mantos de densidad baja (D.B.) a aquellos formados por individuos un poco más aislados.

b) Estimación de las áreas.- Se efectuó mediante fotografías tomadas desde un avión a una altitud constante de 3,500 pies y una velocidad de 140 km/h., se empleó una cámara con lente f/1.2 50 mm., con película infrarroja de alta velocidad No. HIE-135-20 y un filtro R-2 con el cual se elimina la luz visible y se obtiene un mejor contraste en las fotografías. La velocidad de obturación fue de 1/250 seg. y la abertura del diafragma se determinó según la hora del día. La escala de la fotografía se obtiene de la razón entre la distancia focal del objetivo y la altura a la que se realiza el vuelo, además del aumento en la impresión. En nuestro caso las fotografías fueron amplificadas a 2.5 veces el negativo, con lo que se obtuvo una escala de trabajo de 1:8,540. Con el fin de corregir las estimaciones de las áreas, se tomaron medidas directamente en tierra con lo cual se hicieron las correcciones pertinentes.

Los mosaicos se elaboraron uniendo las fotografías tomando como referencia la línea de costa o las características del contorno del manto por medio de una lupa, con el fin de hacer lo más preciso posible las determinaciones posteriores.

En los mosaicos se delimitaron las diferentes densidades de los mantos, dibujándolos en hojas de acetato y sobre éstas se calcularon las áreas cubiertas y se estimó el área en cada caso.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de las estimaciones de biomasa de acuerdo a la metodología descrita. Debido a la posición que guardan las zonas de muestreo se considera que éstas son representativas de un área mayor a la cual se le asignan los valores encontrados, obteniendo de esta manera la biomasa de seis grandes zonas en las que se ha dividido la Península. (Tabla II, Fig. 4).

En la zona 1 no se encontraron mantos completos de densidad alta y baja, por lo que se tomaron los valores máximos y mínimos del intervalo de confianza (al 95%) de la media de un man-

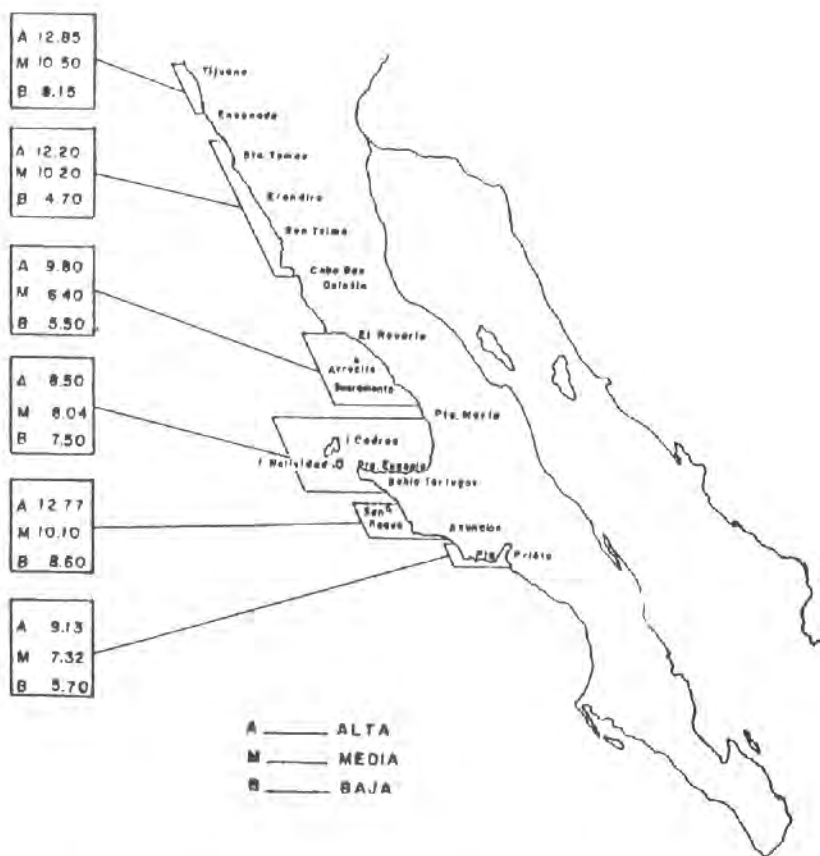


Fig. 4 Valores de biomasa - (Kg/m^2) por zonas de muestreo.

to de densidad media para representar estas densidades. El mismo criterio se empleó para la densidad baja en la zona 6.

La tabla III muestra los valores estimados de las áreas cubiertas por los mantos para las tres densidades y la cosecha en cada una de las zonas de muestreo, la cual se estimó multiplicando la superficie de los mantos de cada densidad por su biomasa correspondiente; este mismo procedimiento se aplicó para calcular el intervalo de confianza para la media. En el presente trabajo y como resultado del estudio de la distribución de los mantos de *M. pyrifera*, ésta se dividió en tres grandes zonas: Norte (Islas Coronado a Cabo San Quintín), Centro (Cabo San Quintín a Santa María en el Arrecife Sacramento) y Sur (Isla Cedros a San Hipólito); las cosechas estimadas para cada una de éstas áreas con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, se muestran en la tabla IV, Fig. 5.

DISCUSION

Para la evaluación de las algas se han probado diferentes métodos de acuerdo a la especie y al habitat; en el caso de *Macrocystis pyrifera*, en Estados Unidos y Argentina se determina por separado la superficie cubierta por los mantos mediante fotografía aérea usando película infrarroja, y la biomasa es obtenida estimando el peso promedio de las frondas, el cual es multiplicado por el número total de éstas en una superficie dada, las cuales son contadas directamente en la base de la planta - por buzos, North (1971), y obteniendo el peso promedio por planta, Hall (1976), Krepper y Hall (1976).

En México se ha intentado estimar las superficies de los mantos mediante imágenes multiespectrales obtenidas de satélite y avión, (Arredondo, 1981), concluyéndose que esta especie es detectable y cuantificable mediante estas técnicas, que el avión proporciona información con alta precisión y su disponibilidad es inmediata pero su costo de obtención, almacenaje y procesamiento es muy elevado, mientras que con el satélite aunque no se tienen las ventajas antes mencionadas los costos son mucho más reducidos; dicho autor sugiere que se integre un sistema de obtención de información con ambos.

El uso de la fotografía aérea permitió estimar la superficie de los mantos casi simultáneamente en una zona muy extensa, esto es importante porque evita errores debido a variaciones -

TABLA III. SUPERFICIE DE LOS MANTOS Y COSECHA ESTIMADA POR ZONA DE MUESTREO.

ZONA	SUPERFICIE DE LOS MANTOS m ²	BIDMISA Kg/m ²	COSECHA Kg
ZONA 1			
Isla Coronado a caleta de cobro			
Densidad alta	25,313	12.65	325,272
Densidad media	41,515	10.50	435,907
Densidad baja	22,852	6.15	146,244
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	89,680		947,423
ZONA 2			
Santo Tomás a Cabo Colnett			
Densidad alta	160,006	12.20	1,952,073
Densidad media	76,765	10.20	783,003
Densidad baja	62,273	4.70	292,683
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	299,044		3,027,759
ZONA 3			
Punta Baja a Punta María en el Arrecife Sacramento			
Densidad alta	724,094	9.68	7,154,048
Densidad media	579,156	6.40	3,706,598
Densidad baja	142,401	5.50	783,205
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	1,445,651		11,643,851
ZONA 4			
Suroeste de Isla Cedros al sur de Bahía Tortugas			
Densidad alta	2,649,015	8.59	22,755,039
Densidad media	1,047,490	8.04	8,421,820
Densidad baja	673,526	7.82	5,266,973
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	4,370,031		36,443,832
ZONA 5			
San Roque a Isla Asunción			
Densidad alta	1,313,822	12.70	16,764,736
Densidad media	538,429	10.40	5,438,133
Densidad baja	246,227	8.60	2,117,522
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	2,097,478		24,320,391
ZONA 6			
Sur de Asunción a Punta San Hipólito			
Densidad alta	237,309	9.13	2,166,631
Densidad media	180,187	7.32	1,318,969
Densidad baja	83,780	5.72	477,546
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	501,276		3,963,146
TOTAL	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	8,803,160		80,346,402

en el tiempo, las cuales en ocasiones suelen ser muy pronunciadas. Con las series de fotografías fue posible elaborar mosaicos fotográficos en los cuales se diferenciaron los tres tipos de densidades. Para el cálculo de las áreas es indispensable que las fotografías sean tomadas verticalmente y cuando la inclinación de los rayos del sol no cause reflejo excesivo sobre la superficie del mar, mediante el empleo de un filtro que permite la eliminación de la luz visible y un mayor contraste en las fotografías.

En contraste con los métodos de fotografía aérea, los muestreos de campo y su evaluación presentaron otra problemática, la cual fue resuelta aprovechando la forma de vida de estos organismos. Las frondas de esta especie emergen a la superficie debido a los aerocistos que se localizan en la base de la lámina, por lo que gran parte de la planta se encuentra flotando en la superficie (aprox. al 80%) y entrelazándose con frondas de plantas vecinas formando una gruesa capa vegetal; tomando en consideración este hecho y debido a la dificultad que representa trabajar con las plantas completas, se decidió determinar la biomasa de la capa superficial hasta un metro de profundidad, que además es la parte disponible del recurso para su explotación.

El tamaño de la unidad de muestreo juega una parte importante en la ejecución práctica de cualquier método de estimación. Las algas dentro de una unidad de muestreo pequeña, son fácilmente cortadas y pesadas, de manera que la serie de observaciones de la biomasa son obtenidas con relativa facilidad, sin embargo las unidades pequeñas tienen dos desventajas: es muy difícil localizarlas mediante cartas náuticas y deben ser obtenidas de las observaciones de campo, además, no es fácil ajustar un muestreo al azar con unidades pequeñas sobre una amplia extensión de la costa. Por el contrario una unidad de muestreo grande puede ser ubicada en las cartas, es fácil seleccionar un muestreo al azar de tales unidades; sin embargo el cortado y el registro del peso de las algas dentro de estas unidades consume demasiado tiempo y recursos, lo que lo hace impracticable (Baardseth, 1970).

En nuestro caso se decidió trabajar con muestras pequeñas de un metro cuadrado, las cuales fueron obtenidas al azar, sobre los mantos de tres densidades diferentes.

El análisis que resultó al aplicar la fotografía aérea y el muestreo de campo demuestra que no se presenta variación la-

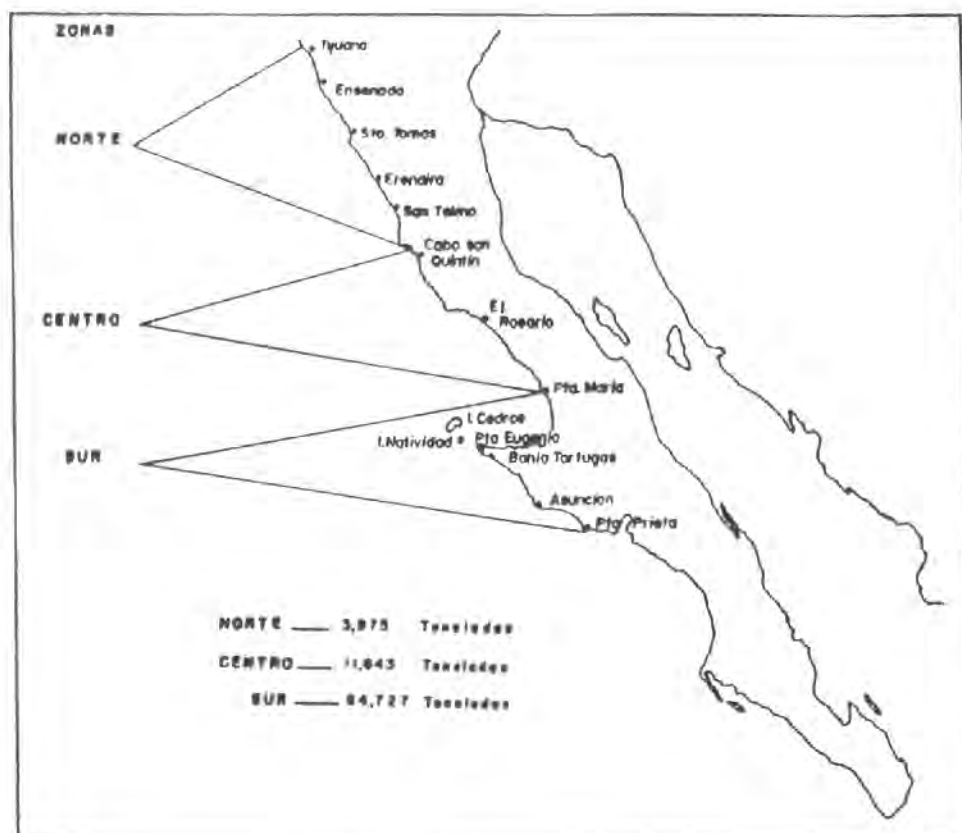


Fig. 5 Cosecha en toneladas de la zona norte, zona centro y zona sur, para el verano de 1982.

TABLA IV. COSECHA TOTAL Y POR ZONAS CON SUS INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95 %

	COSECHA	INTERVALO DE CONFIANZA AL 95 %
ZONA NORTE (Isla Coronado a Cabo San Quintín)	3,975,182 kg.	(3,322-4,608)
ZONA CENTRO (Cabo San Quintín a Santa María)	11,643,851 kg.	(10,154-13,191)
ZONA SUR (Isla Cedral a San Hipólito)	64,727,369 kg.	(52,014-77,980)
	<u>80,346,640 kg.</u>	
COSECHA TOTAL	80,346 TON.	(65,212-95,480)

titudinal progresiva en los valores de biomasa y que la variabilidad probable corresponde a las características locales de cada zona (sustrato, temperatura del agua, nutrientes, etc.), North (1971), encontrándose para un mismo tipo de densidad diferentes valores de biomasa. En toda el área de muestreo los valores de biomasa para la densidad alta fluctuaron entre 8.58 - 12.70 kg/m², para la densidad media entre 6.40 - 10.40 kg/m² y para la densidad baja 4.70 - 7.80 kg/m². En las zonas de San Miguel, Santo Tomás y Bahía Asunción se obtuvieron valores de biomasa altos, El Rosario, Bahía Tortugas y Punta Prieta presentaron valores de biomasa medios; no se encontraron zonas donde predominaran valores de biomasa bajos, sino que éstos solo se presentan en los mantos de densidad baja de las diferentes localidades.

Se han reportado algunos valores de biomasa para *Macrocystis pyrifera* en La Jolla, Cal. EE. UU. Aleem (1956), citado por North (1971), menciona un intervalo de 5-9 kg/m². North op. cit. 22 kg/m² y Grua (1964) citado por North op. cit. encuentra un valor de 104 kg/m² en plantas con una cantidad de frondas muy alta (20-290). El valor citado por Aleem (op. cit.) es semejante a los valores obtenidos en este trabajo para la densidad media, el obtenido por Grua (op. cit.) es muy superior a los reportados en este trabajo, mientras que, el citado por North (op. cit.) aunque es más alto que los encontrados en el presente estudio puede ser aproximado ya que él determina biomasa total, mientras que en este trabajo se reporta la biomasa cosechable, o sea la de la capa superior (a un metro de profundidad).

Hay variación considerable en las superficies ocupadas por los mantos en las diferentes zonas, la de mayor superficie es la cuatro, que corresponde del Suroeste de Isla Cedros al Sur de Bahía Tortugas con 4,370,031 m², le siguen en orden decreciente: zona cinco de San Roque a Isla Asunción 2,097,478 m², zona tres Arrecife Sacramento 1,445,651 m², zona seis del sur de Bahía Asunción a Punta San Hipólito 501,276 m², zona dos de Santo Tomás a Cabo Colnet 299,044 m² y zona uno de Islas Coronado a la caseta de cobro 89,680 m², es muy notorio que la zona Norte es la que presenta la menor superficie cubierta por mantos (388,724 m²), en contraste con la zona Sur (6,968,785 m²) y Centro (1,445,651 m²); esto podría deberse a que la zona Norte es la única que está sujeta a explotación, Guzmán (1968). - Además se observa que en la zona Sur las mayores superficies corresponden a la densidad alta y media.

La información de las superficies de los mantos y la de la

Las mayores superficies cubiertas por los mantos se localizaron en la zona Sur que comprende de Isla Cedros a San Hipólito con una superficie de 6,968,785 m² y la zona que presentó la menor superficie fue la Norte de Islas Coronado a San Quintín con una superficie de 388,724 m².

Acorde con lo anterior las mayores cosechas estimadas corresponden a la zona Sur con 64,722 ton., le sigue en abundancia la zona Centro con 11,643 ton. y la zona más pobre es la Norte con 3,322 ton.

La cosecha total estimada de *Macrocystis pyrifera* en el verano de 1982 fue de 80,346 ton. con un intervalo de $\pm 15,134$ ton.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Biól. Germán Ponce Díaz su colaboración en la realización del muestreo de campo; así como a los pescadores de las Cooperativas Ensenada, Bahía Tortugas, California, San Ignacio y Leyes de Reforma quienes participaron en la realización del mismo.

El vuelo efectuado fue financiado por la Federación Regional de Cooperativas de Producción Pesquera, Ensenada, F. R. de C. L. como parte de un convenio con IPN-CICIMAR.

BIBLIOGRAFIA

- Arredondo, G., 1981. Estudio sobre la factibilidad de detectar y cuantificar mantos de sargazo mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes multiespectrales. S.P.F. Coord. Gral. de Serv. Nales. de Estadística, Geografía e Informática. ed.: Dir. Gral. de Geog. del Terr. Nal. México. 20 p.
- Bardseth, E.G., 1970. A square-scanning, two stage sampling method of estimating seaweed quantities. Report No. 33, Inst. of Marine Biochemistry, Univ. of trondheim, Norway. 41 p.

- Chapa-Saldaña, H., 1963. La explotación de algas de Baja California, Trab. Divulg. Dir. Gral. Pesca e Ind. Conexas. México, 9(84):1-32.
- Guzmán del Proo, S., 1963. Las algas marinas como recurso natural explotable. La necesidad de realizar en México estudios sistemáticos y bioquímicos de este recurso. Trab. Divulg. Dir. Gral. Pesca e Inds. Conexas. México 6(53):1-12.
- Guzmán del Proo, S., 1968. Programa Nacional sobre algas marinas mexicanas. Avances de investigación. Trab. Divulg. Dir. Gral. Pesca e Inds. Conexas, México, 13 (130):1-40.
- Guzmán del Proo, S., S. de la Campa, J.L., Granados, G., 1971. El sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*) y su explotación en Baja California. Rev. Soc. Mex. de Hist. Nat. México, 32:15-49.
- Hall, A.M. 1976. Método para la evaluación de recursos de *Macrocystis pyrifera*. Parte I. El uso de película infrarroja en la medición de densidad con fotografía aérea. Com. Nal. de Estudios Geo-Heliofísicos en el Cent. Nal. Patagónico. Argentina, 35(91):103-107.
- Krepper, C.M. y M.A. Hall, 1976. Método para la evaluación de los recursos de *Macrocystis pyrifera*. Parte II. El uso de filtros en fotografía aérea para la medición del área de bosques. Comisión Nal. de estudios Geo-Heliofísicos en el Centro Nal. Patagónico. Argentina, 35(91):109-113.
- Michanek, G., 1975. Seaweed resources of the ocean. FAO. Fisheries Technical paper. (138):127 p.
- North, W.J., 1967. Annual Report 1 April, 1966-30 June, 1967. Kelp Habitat Improvement Project, W.M. Keck Laboratory of Environmental Health Engineering, California Inst. of Technology, U.S.A., 5-32.
- North, W.J. 1968. Annual Report 1 July, 1967 - 30 June, 1968.

Kelp Habitat Improvement Project. W.M. Keck Laboratory of Environmental Health Engineering; California Inst. of Technology U.S.A. 6-27.

North, W.J., 1969. Annual Report 1 July 1968-30 June, 1969, - Kelp Habitat Improvement Project. W.M. Keck Laboratory of Environmental Health Engineering, California Inst. of Technology, U.S.A. 6-21.

North, W.J., 1970. Annual Report 1 July, 1969-30, 1970. Kelp Habitat Improvement Project. W.M. Keck Laboratory of Environmental Health Engineering, California Inst. of Technology U.S.A. 6-22

North, W.J., 1971(a) Annual Report 1 July, 1970-30 June, 1971. Kelp Habitat Improvement Project. W.M. Keck Laboratory of Environmental Health Engineering, California Inst. of Technology, U.S.A. 16-26

North, W.J., 1971(b) The Biology of Giant Kelp Beds (*Macrocystis*) in California. Nova Hedwigia, Alemania 600 p.

North, W.L., 1972. Annual Report July, 1971-30 June 1972. Kelp Habitat Improvement Project. W.M. Keck Laboratory of Environmental Health Engineering, California Inst. of Technology, U.S.A. 6-33.