

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



MÉTODO DE CONSERVACIÓN CON SAL DEL ALGA PARDA
Macrocystis pyrifera (Linnaeus) C. Agardh

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE OCEANÓLOGO



PRESENTA

JUAN PABLO RODRÍGUEZ CORTÉS

ENSENADA, B.C.

OCTUBRE 2015

Agradecimientos

- Quiero dar gracias a Dios primeramente por guiarme con sabiduría y amor durante este trayecto de mi vida.
- También a mis padres ya que sin su apoyo incondicional nada de esto hubiera sido posible. Gracias por echarme porras a lo largo de la carrera para continuar, y sobre todo por creer en mí, por los consejos que me daban cuando platicábamos sobre esto y por ese amor incondicional que me dieron, los amo con todo mi corazón.
- A mi familia, mi Tía Lourdes, mis primos Darío y Tirsa, mis hermanos David, Laura y Beto, y a mis sobrinos, gracias por ser parte también de esto, los amo.
- A mis amigos Miriam, Diego, Tania, por fin lo he logrado, gracias por estar en esta etapa de mi vida, por ser parte de esto, por escucharme, y darme ánimos y un abrazo cuando lo necesite.
- A mí amor Imelda aunque no estuviste durante todo este proceso te volviste una de las personas más importantes en mi vida, Gracias por todo ese amor que me tuviste, por esos consejos y por tus porras para seguir adelante tu sabes cuánto significa eso para mí. Te amo mi vida, GRACIAS.
- A mi director de Tesis el Dr. Enrique Hernández Garibay gracias por ser mi guía durante este proyecto, por tenerme tanta paciencia, y por seguir siendo mi maestro durante este proyecto, de verdad muchas gracias por ese ánimo que me inyectaba para seguir adelante y de sus amables consejos.
- A mis sinodales Dr. José A. Zertuche, Dr. Isaí Pacheco sin sus consejos y correcciones esta Tesis no se hubiera terminado, y sobre todo por la paciencia que me tuvieron Gracias por todo doctores.
- Y un especial agradecimiento al Oc. Pepe Guzmán, y a los buzos que colectaron las muestras, gracias de todo corazón por todo.
- También al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la UABC y al Instituto Nacional de Pesca Ensenada (INAPESCA), por facilitarme sus instalaciones para la realización de este proyecto y poder concluirlo.

MÉTODO DE CONSERVACIÓN CON SAL DEL ALGA PARDA ***Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh**

Macrocystis pyrifera o "sargazo gigante", es una alga parda que crece en las aguas frías del Pacífico de Baja California; especie tradicionalmente empleada en la producción de alginatos, en la actualidad esto ha cambiado y sus aplicaciones como alimento para organismos en cultivo de alto valor comercial como el abulón y el erizo de mar se incrementa día a día. Debido a que ocurren fluctuaciones naturales en la biomasa de *M. pyrifera* por efecto de los parámetros ambientales, es necesario asegurar en los cultivos, el suministro ininterrumpido de alimento. El presente trabajo tiene como objetivo realizar un método que permita conservar en almacenamiento en condiciones óptimas al alga parda *M. pyrifera*. El estudio se realizó en 2 etapas, en la primera, se buscó determinar la concentración óptima de sal para conservar las características organolépticas y nutricionales del alga; el proceso, se realizó mediante tratamiento del alga con diferentes cantidades de sal (10, 20 y 40% peso/peso). En función de las características evaluadas, se determinó como óptimo el tratamiento con 20% de sal. En la segunda etapa del estudio, empleando el tratamiento con la cantidad óptima de sal, se determinó la cinética del proceso de conservación, para definir los tiempos mínimos de procesamiento. El método desarrollado, probó ser efectivo al conservar las características organolépticas y nutricionales del alga parda *Macrocystis pyrifera* ya que la sal además de incorporarse al tejido algal, provoca deshidratación, disminuyendo la posible actividad bacteriana y a su vez disminuye el volumen y peso de la materia, lo que facilita su almacenamiento. El material tratado con este proceso se mantuvo en óptimas condiciones por más de 1 año, sin presentar mal olor ni degradación visible, el tejido se mantuvo firme después de rehidratado para su uso final.

Palabras Clave: Algas en cultivo, algas pardas, Conservación de algas, *Macrocystis pyrifera*, salado de algas.

Índice

1.-INTRODUCCIÓN	1
3.-HIPÓTESIS:	6
4.-OBJETIVO GENERAL:	6
4.1.-OBJETIVOS PARTICULARES:	6
5.-MATERIALES Y MÉTODOS:	6
5.1.-MATERIAS PRIMAS:	7
5.2.-ETAPA II	9
5.3.- <i>Humedad AOAC 1994:</i>	10
5.4.- <i>Cenizas (AOAC 1994):</i>	10
5.5.- <i>Proteínas (AOAC 1994):</i>	11
5.6.- <i>Contenido de sal en el tejido algal y en el líquido:</i>	12
5.7.- <i>Determinación del tiempo mínimo de tratamiento.</i>	13
5.8 EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE ESTABILIDAD DEL PRODUCTO TRATADO.	13
6.-RESULTADOS	14
ETAPA II	17
7.-DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE TRATAMIENTO.	19
9.-ESCALAMIENTO	21
10.-DISCUSIONES	23
CINÉTICA DEL PROCESO DE SALADO:	26
EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE RESISTENCIA DEL PRODUCTO RECONSTITUIDO.	26
11.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
12.-LITERATURA CITADA	29
13.-ANEXOS	34
13.1.- <i>PROCESO DE SALADO DE MACROCYSTIS PYRIFERA.</i>	34
13.2.- <i>EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA EN EL MAR DE ALGA CONSERVADA CON SAL....</i>	37

1.-Introducción

Las macroalgas constituyen una parte importante del ecosistema marino, principalmente en la zona costera, ya que proveen de alimento y refugio a numerosas especies (Dawson, 1969; Dawes, 1986). Las macroalgas se clasifican en tres grandes grupos basados en su pigmentación: pardas (feofíceas), rojas (rodofíceas) y verdes (clorofíceas). Las algas pardas suelen ser las de mayor tamaño y comprenden desde los filamentos simples hasta los grandes y complejos sargazos (kelp) tales como el sargazo gigante que puede llegar a medir hasta 60 metros de longitud (Dawson, 1969; Druehl, 2000).

Por otro lado, la composición y características de las macroalgas están condicionadas por el efecto que ejercen los factores bióticos y abióticos en el lugar donde crecen (Lobban y Harrison, 1994). A pesar de que las macroalgas, crecen en todos los mares del mundo, su diversidad y abundancia varía en relación a la latitud geográfica (Druehl, 2000); de esta manera las latitudes frías y templadas son propicias para el desarrollo de los grandes bosques y praderas de macroalgas; también, en aguas frías las algas pardas alcanzan sus mayores biomásas mientras que en las zonas tropicales generalmente es donde ocurre una mayor diversidad de especies, sin embargo, las biomásas son menores (Dawes, 1986; Santalices y Marquet 1998).

Las especies de algas pardas *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis, *Laminaria digitata* (Hudson) J.V. Lamouroux, *Laminaria hyperborea* (Gunnerus)

Foslie, *Macrocystis pyrifera*, *Ecklonia cava* (Linnaeus) Hornemann, *Lessonia* spp, entre otras, son algas de zonas templadas y frías que forman bosques submareales; de las macroalgas anteriores, *Macrocystis pyrifera*, es el género más ampliamente distribuido en el mundo, con una distribución bipolar se distribuye en la costa occidental del pacífico, en el Norte y Sur de América incluyendo Perú, Chile y Argentina: en Australia, Nueva Zelanda, Sud África y muchas islas subantárticas (Neushul, 1971; Dayton, 1985; Piriz, 1986).

En América del Norte se distribuye desde Alaska hasta las cercanías de Bahía Tortugas en Baja California Sur, México (Guzmán del Prío *et al.*, 1971; North, 1987; Ladah *et al.*, 1999; Hernández-Carmona *et al.*, 2001; Pacheco-Ruiz *et al.*, 2002; Graham *et al.*, 2007; Lindeberg y Lindstrom, 2010).

Macrocystis pyrifera, llega a alcanzar longitudes de 50 m o más; la planta está conformada por un conjunto de estipes o frondas que se fijan al sustrato preferentemente rocoso, por medio de un rizoide o haptera. De esta estructura de fijación se desarrollan los estipes cuyo número incrementa con la edad de la planta pudiendo tener hasta más de 40 estipes por rizoide (North, 1987; Graham *et al.*, 2007). Del estipe surgen los canuloides (ramas coriáceas), que cuentan con estructuras flotadoras llamadas pneumatocistos, de donde se despliegan las láminas. El conjunto de estas estructuras forman una fronda o dosel que cubre una extensa superficie, mucho mayor que la cobertura que la planta tiene en el fondo (North, 1968; North, 1971). Dentro de los principales factores ecológicos, que afectan la supervivencia de esta especie, se encuentran los movimientos del agua, la acción del oleaje, la disponibilidad de nutrientes, temperatura del agua,

disponibilidad de esporas viables, competencia, organismos ramoneadores, iluminación de fondo y sedimentación (Van den Hoek, 1975; Foster y Schiel, 1985; North, 1987; Graham *et al.*, 1997; Vásquez-Castro, 1999; Buschmann *et al.*, 2004; Graham *et al.*, 2007).

Esta especie en particular funge como albergue, protección y alimento a una amplia diversidad de organismos, incluyendo algas, peces y moluscos, entre otros (Foster y Schiel, 1985; Hernández-Carmona *et al.*, 1989; Adami y Gordillo, 1999; Graham, 2004; Parnell *et al.*, 2010). Sin embargo las praderas naturales, tanto de pastos como de algas se caracterizan por una marcada estacionalidad en su tasa de crecimiento, lo que se traduce en que la disponibilidad de biomasa sea alta en algunas estaciones del año y escasa en otras. En este sentido cuando se requiere alimentar organismos marinos en cultivo y debido a que los requerimientos alimenticios de los animales son constantes a lo largo del año, cuando hay escasez de macroalgas, se hace necesario suplir esta necesidad de alimento, una alternativa de solución es recolectar el insumo en la temporada de alto crecimiento de la pradera y conservarlo por algún medio para usarse en la época de poca disponibilidad (North, 1987; Vásquez-Castro, 1999).

México cuenta con una actividad comercial e industrial de macroalgas productoras de ficocoloides que data de mediados de los cincuenta cuando comenzaron a extraerse algas para su comercialización, esto ha seguido en forma continua hasta el presente (Molina-Martínez, 1986; Hernández-Garibay *et al.*, 2006; Casas-Valdez *et al.*, 1999; McHugh, 2002). El aprovechamiento de especies de macroalgas en

México, se concentra en el Pacífico noroccidental, que es la zona más productiva del país en cuanto a biomasa de macroalgas de valor comercial se refiere (Zertuche-González *et al.*, 1993; Vozzhinskaya y Kuzin, 1994; Casa-Valdez *et al.*, 1999).

M. pyrifera desde sus inicios de aprovechamiento, se cosechó principalmente para la obtención de alginatos, los cuales son polisacáridos de alto valor comercial que se encuentran en la matriz intracelular y la pared celular de las algas caféas. (Dawes, 1986; Lobban y Harrison, 1994; Gutiérrez, 2001).

Otro de los intereses en las algas marinas es que constituyen la dieta principal de varios herbívoros de interés comercial como el abulón y el erizo. A partir del desarrollo del cultivo de abulón en Baja California, *M. pyrifera* comenzó a cosecharse de manera regular como alimento principal de éste gasterópodo. En este sentido, el crecimiento de los organismos en cultivo, se relaciona directamente con la cantidad de proteína en la dieta suministrada (Viana *et al.*, 2003; Durazo-Beltran *et al.*, 2003; Peña-Ortega, 2002). Sin embargo, de forma natural el contenido de proteína en las algas marinas es bajo ($\leq 3\%$ en peso fresco) y varía de acuerdo a la especie, el medio ambiente donde se desarrolle y la estacionalidad (Baeza-López *et al.*, 2004; Casa-Valdez *et al.*, 2005; Fowden, 1962; Hanisak, 1983; Lobban y Harrison, 1994).

Por otra parte, la variabilidad en la disponibilidad de biomasa del alga, así como su variación nutricional a lo largo del año, representa uno de los principales inconvenientes en utilizar a las algas marinas como dieta para organismos de valor comercial en cultivo. Como solución a esta problemática, para conservar las algas sin que pierdan sus propiedades nutrimentales, se emplean varios métodos, donde el más generalizado es el de secado, que básicamente consiste en disminuir el contenido de humedad a valores inferiores al 17%, con ello se evita el deterioro de las algas. Sin embargo, para el uso de este material en forma directa en acuicultura, antes de su uso, debe pasar por un proceso de rehidratación en donde se pudieran perder algunos componentes solubles.

Otro de los procesos de conservación de los que se tiene información, es el empleado en Perú, donde el principio básico consiste en mantener las algas en un estado anaeróbico para evitar el crecimiento bacteriano, con esto se obtiene una conservación óptima del alga hasta por 55 días (Pizarro, 2003). Otro método de conservación es el usado en California (EUA), que utiliza sal para la conservación de las algas, las que posteriormente se almacenan en bolsas al vacío; es un buen método para conservarlas en buen estado, sin embargo, se desconocen las condiciones generales del tratamiento y las características del producto obtenido (Zertuche-González, comunicación personal).

En este trabajo, aprovechando las propiedades de conservación de la sal, se empleó un proceso de salado similar al que se usa para la conservación de carnes y pescados, consistente en la aplicación de sal de grano que se mezcla directamente con algas frescas recién cosechadas (Buxade, 1995; Sánchez-Fernández *et al.*, 2005; Coello, 2007; Dávalo-Mecalco *et al.*, 2005).

3.-Hipótesis:

- Es factible la conservación post-cosecha, de las características nutricionales y organolépticas del alga parda *Macrocystis pyrifera* mediante salación.

4.-Objetivo General:

- Desarrollar un método práctico para la conservación post-cosecha del alga parda *Macrocystis pyrifera* con sal de grano.

4.1.-Objetivos particulares:

- Determinar las condiciones óptimas de tratamiento
 - a) Concentración de sal.
 - b) Tiempo de tratamiento.
- Evaluar las características químicas del producto en conservación.
- Determinar el tiempo mínimo de tratamiento.
- Evaluar el tiempo de resistencia en el mar del producto reconstituido.

5.-Materiales y Métodos:

Este estudio se desarrolló en dos etapas; la primera, consistió en determinar la cantidad de sal necesaria para conservar de manera óptima las algas tratadas;

mientras que la segunda, una vez determinada la concentración de sal óptima, se evaluó la cinética del proceso de conservación.

5.1.-Materias primas:

En un manto del alga parda *Macrocystis pyrifera* ubicado en Punta Morro dentro de la Bahía de Todos Santos en Ensenada Baja California, el 24 de octubre de 2012 (otoño), de la porción superficial del manto se colectó manualmente un lote de 37 Kg frescos de esta alga. un .

Metodología:

Las algas recién cortadas, se transportaron a tierra en una bolsa de red y en un lapso menor a 2 horas de haber sido colectadas se separaron en varios lotes según los tratamientos a aplicar, cuidando de dejar un lote testigo como control para evaluar los cambios en las características químicas de las materias primas, antes y después de los tratamientos.

5.1.- Etapa I

El total de las algas colectadas frescas, para realizar los diferentes tratamientos, se separó en lotes de 5 Kg, los cuales se colocaron en bolsas de plástico flexible (35 x 40 cm),; a cada bolsa se le añadió sal de grano en la cantidad apropiada según el tratamiento correspondiente: T0= 0%, T1= 10%(0.5 kg de sal), T2= 20%

(1 kg de sal) y T3= 40 % (2 kg de sal) (todos los tratamientos se hicieron por duplicado).

Procedimiento:

Una vez que el material algas y la sal estuvieron en la bolsa, se homogenizó manualmente por el tiempo necesario (5 a 10 minutos) para lograr que toda el alga entre en contacto con la sal agregada. Posteriormente las bolsas cerradas, se colocaron dentro de cubetas de 20L por 24hr. Transcurrido este tiempo, se drenó el líquido liberado por la muestra, y se midió su volumen en una probeta con graduación. Para facilitar el drenado, se colocó una tapa de madera sobre cada cubeta para aplicar presión mediante un objeto pesado. Para realizar el balance de materia del proceso, cada 24 hrs, se evaluó la cantidad de líquido drenado y los cambios en el peso del alga contra el tiempo de tratamiento.

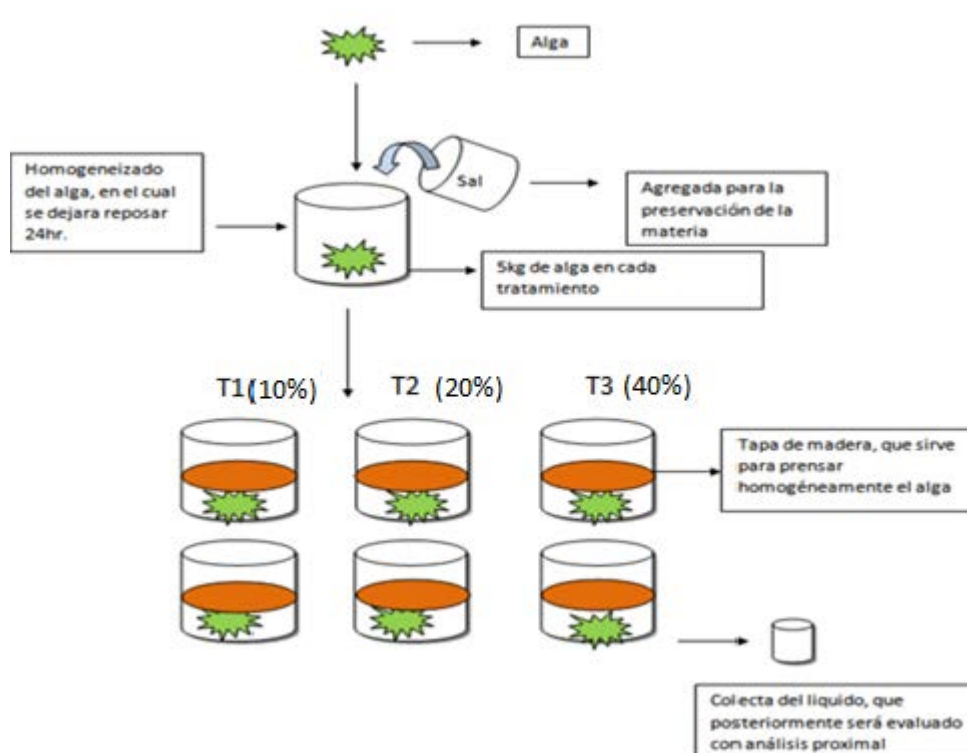


Fig 1.- Diagrama de flujo del tratamiento de *Macrocystis pyrifera* con sal.

5.2.-Etapa II

Una vez obtenida la concentración óptima de sal en el procedimiento anterior, se procedió a determinar la cinética del proceso de conservación, evaluando las siguientes variables:

- a) Cambio del peso de materias primas contra el tiempo de tratamiento.
- b) Volumen de líquido drenado contra tiempo.
- c) Balance de sal en el material sólido y en el líquido escurrido.
- d) Análisis proximal de materias primas y productos.

Para realizar la etapa II, fue necesario hacer una nueva colecta de algas frescas, esto fue realizado en el mismo lugar y bajo las mismas condiciones que la colecta anterior.

Igual que en la primera etapa el procedimiento consistió en mezclar algas frescas con sal de grano, dentro de una bolsa de plástico: pero en ésta etapa solamente se utilizó la concentración de sal óptima, determinada en la etapa 1. Al finalizar el proceso de homogenizado se agregó un paso adicional, que consistió en retirar el líquido drenado cada 30 minutos dentro de la primera hora, este paso se repitió cada 24 horas, durante 7 días. En las pruebas realizadas se evaluó la cinética del proceso de salado así como la evaluación química de los líquidos escurridos y del alga tratada.

Para caracterizar más detalladamente las muestras, se realizaron análisis proximales, se evaluó la cantidad de ceniza, humedad y proteínas, así como la cantidad de sal presente en ambas fracciones, sólido y líquido.

5.3.-Humedad AOAC 1994:

Para determinar la humedad se tomaron 5 g de alga fresca, se colocó en una cápsula y se tomó el peso, posteriormente se deshidrató en una estufa por 24 hrs a 60 °C. Pasado el tiempo, se retiró de la estufa y se enfrió en desecador por 15 minutos, posteriormente se tomó el peso final. La humedad se determinó mediante la fórmula siguiente:

$$H = (Mi - Mf) / Mi * 100$$

Dónde:

H= Humedad

Mi= peso inicial de la muestra

Mf= peso final de la muestra

5.4.-Cenizas (AOAC 1994):

El método consistió en tomar 5 g de muestra seca, se colocaron en una cápsula de aluminio de peso conocido y se introdujeron en la mufla para calcinar la materia orgánica por 4 hrs a una temperatura de 450 °C, una vez transcurrido el tiempo se colocó en desecador por 15 min y se tomó el peso final de la muestra. El porcentaje de ceniza se calculó con la siguiente fórmula.

$$\frac{(Pf - PI)}{PI} * 100$$

Dónde:

%C = es el porcentaje de ceniza

PI = es el peso inicial de la muestra.

PF = es el peso final de la muestra.

Nota: En ambos pesos se restó el peso de la cápsula.

5.5.-Proteínas (AOAC 1994):

Para determinar proteínas, se usó el método microkjeldahl. Para la digestión se emplearon matraces microkjeldahl donde se agregaron 1 g de alga fresca, 0.5 g de sulfato de potasio y algunos granos de sulfato de cobre (como agente oxidante), posteriormente se agregan 2 mL de ácido sulfúrico concentrado y el matraz se coloca en un digestor microkjeldahl (Labconco); el final de la digestión ocurre cuando el líquido queda claro y libre de partículas negras. Una vez finalizado este proceso, la muestra se aforó con agua destilada a 25 mL para realizar la destilación en un destilador microkjeldahl marca Labconco. Para la destilación, se tomó una alícuota del digerido de 5 mL, se agregan 5 mL de hidróxido de sodio al 40 % y se procedió a destilar. Previamente en la salida del destilador se colocó un matraz Erlenmeyer de 100 mL con 10 mL de una solución saturada de ácido bórico con unas gotas de indicador shiro-tashiro para recibir la muestra (75 mL). La muestra obtenida, se tituló con ácido clorhídrico 0.01 N.

Para el cálculo de nitrógeno total se empleó la fórmula siguiente:

$$\% NT = \frac{(V. \text{ácido utilizado} - \text{Blanco}) * (N) * (1.4) * (F. \text{alícuota})}{gr \text{ de muestra}}$$

$$\% \text{ Proteínas} = \% NT * 6.25$$

Dónde: % NT= porcentaje de nitrógeno total; V. ácido utilizado = volumen que se utilizó de ácido para titular la muestra; Blanco = Volumen de ácido usado para titular el blanco; N = normalidad del ácido; 1.4 proviene del peso molecular del nitrógeno; F. alícuota = factor de alícuota = Volumen total del digerido/ml usados para destilar.

Para convertir a proteínas, se multiplicó por el factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6.25 (A.O.A.C.1994)

5.6.-Contenido de sal en el tejido algal y en el líquido:

El procedimiento para medir el contenido de sal en el líquido consistió en tomar una gota del líquido y medir la salinidad en un refractómetro manual (Mitutoyo con divisiones de 0.1%); para la muestra sólida (alga salada), el contenido de sal se analizó mediante el método volumétrico de Mohr, para ello, se tomó 1 g de muestra que se coloca en un vaso con 100 ml de agua hirviendo, posteriormente se dejó reposar hasta una temperatura de 55 a 60 °C, después se le agregan unas gotas de dicromato de potasio al 5 %, se toma una alícuota de 10 mL y se titula con nitrato de plata 0.1 N (AgNO₃).

El contenido de sal se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Cl} = (0.585)*(V)$$

Dónde:

$V =$ Volumen de AgNO_3 utilizado en la titulación

$0.585 =$ Peso molecular del $\text{NaCl} / 100$

5.7.-Determinación del tiempo mínimo de tratamiento.

Debido a que se consideró el 20 % de sal como el tratamiento óptimo, se trabajó con esta concentración para evaluar el tiempo mínimo de tratamiento. Para ello se prepararon muestras por triplicado de 1 kg de alga, y con el procedimiento descrito anteriormente se trataron con 200 g de sal de grano (20 % p/p); se drenó el líquido generado en la muestra a los siguientes tiempos: 3, 6, 12 y 24 hrs., hasta que se observó que el líquido drenado era mínimo. En cada tiempo, se midió el volumen de líquido drenado, el peso del alga, así como la cantidad de sal presente en el sólido y el líquido; la muestra se pesó y se colocó en una nueva bolsa de plástico.

5.8 Evaluación del tiempo de estabilidad del producto tratado.

Para comprobar la estabilidad del alga salada, se probó en condiciones parecidas a las encontradas en el medio marino; para ello se empleó un tanque rectangular de 1m^3 llenó de agua de mar con aireación (área de cultivo de macroalgas en el IIO de la UABC) , Posteriormente se introdujo una jaula de cultivo para abulón y en cada una de sus rendijas, se colocó 1kg de alga tratada(muestras de los tratamientos con 40%, 20% y 10% de sal), cada uno con sus réplicas respectivas; la temperatura se monitoreo diariamente, la jaula se estuvo rotando cada 24 hrs.

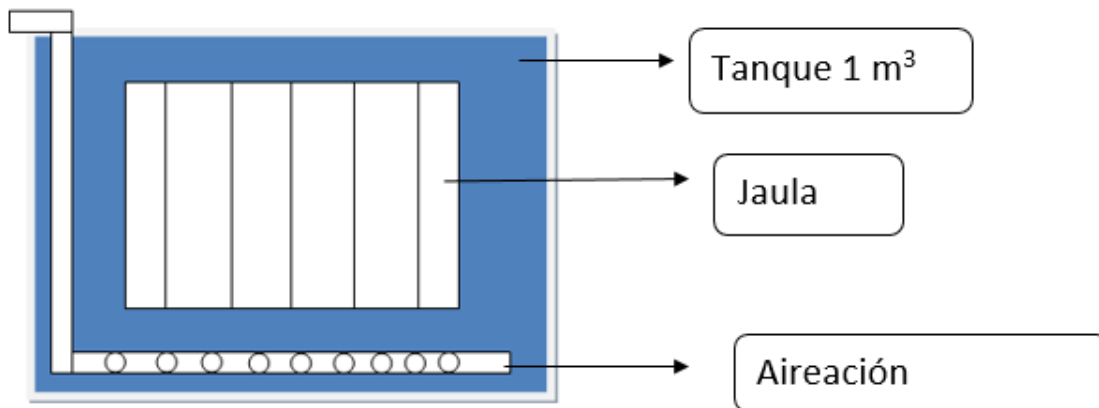


Figura 2.- Esquema del tanque donde se realizó el experimento de resistencia del alga en agua de mar en circulación.

6.-Resultados

En el tratamiento del alga parda *M. pyrifera* con sal de grano, los resultados obtenidos mostraron que existe una relación directa entre la concentración de sal añadida y la cantidad de líquido liberado. En el tratamiento con la más alta cantidad de sal (40%) quedó sal sin disolver, este fue el único tratamiento que mostró este comportamiento, aunque esto no afectó la efectividad del tratamiento aplicado; en los otros casos del 10 y del 20%, la sal se disolvió por completo. (Tabla I)

Durante el proceso de salado, se observó que desde el momento en que se añade la sal y comienza la homogenización, las algas comienzan a liberar líquido; el cambio más importante en el volumen del líquido liberado y peso de las algas se registra en el primer día de tratamiento, donde, se observa que cada tratamiento pierde hasta el 20% de su peso inicial. En los días posteriores el alga sigue perdiendo peso paulatinamente, hasta al día 4 donde T₁ y T₂ se estabilizan, mientras que T₃ continua drenando líquido (Figura 3).

Tabla I.- Balance de materia obtenido en los diferentes tratamientos.

Tratamientos		T ₀ (0 %)	T ₁ (10 %)	T ₂ (20 %)	T ₃ (40 %)
Entrada (g)	Algas	3500	5000	5000	5000
	Sal	0	500	1000	2000
Salida (g)	Algas	2800	3925	4387	4426
	Líquido escurrido	0	1410	1660	2280
	Sal No disuelta	0	0	0	437

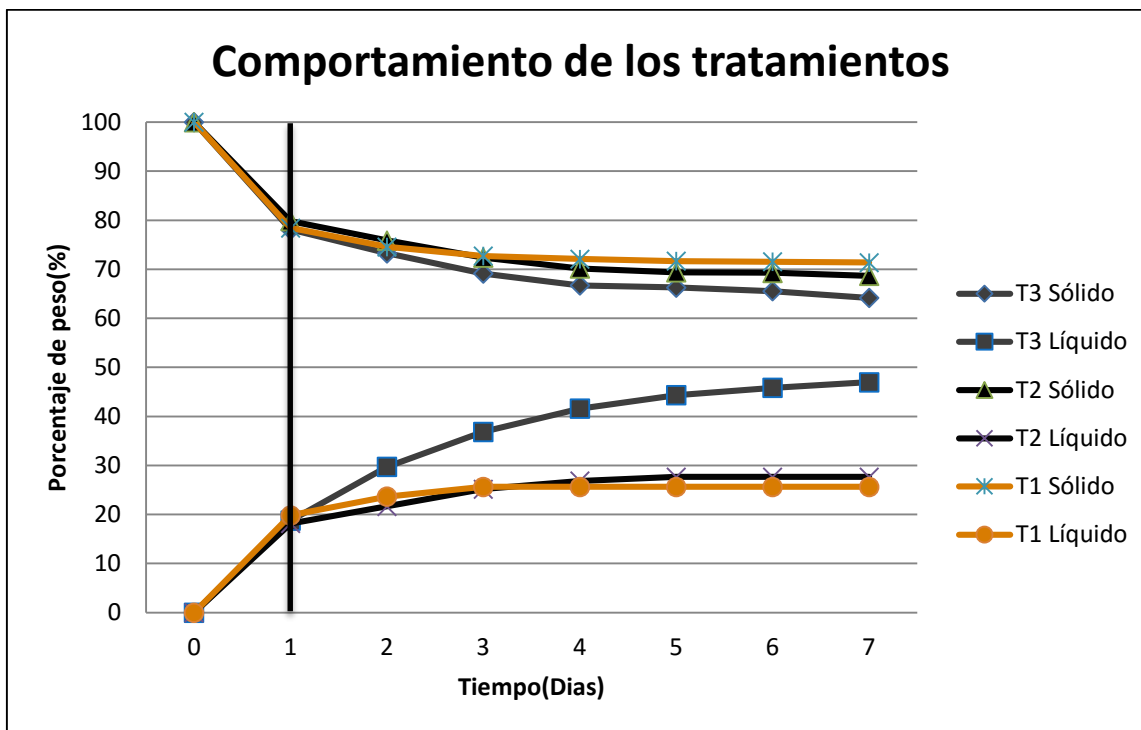


Figura 3.- Comportamiento del tratamiento del alga parda *M. pyrifera* con tres concentraciones de sal de grano (T₁-10%, T₂-20% y T₃-40%), donde las líneas inferiores muestran el valor acumulativo de líquido drenado en cada tratamiento, mientras que las líneas superiores decrecientes corresponden a la pérdida acumulativa de peso, las barras verticales muestran la desviación estándar, n=2.

El tratamiento con sal provoca algunos cambios visibles en el color y textura de las algas tratadas; el color marrón natural de *Macrocystis* adquiere una tonalidad más oscura, de igual manera, es evidente que ocurre una deshidratación del material y con ello la textura se vuelve más rígida. El análisis proximal nos muestra el cambio que ocurre en la composición; la humedad disminuye en relación directa a la cantidad de sal empleada, para todos los casos, ocurre un incremento considerable en las cenizas, la fracción denominada “otros”, se incrementa 2.5 veces en los tratamientos T₂ y T₃ en relación al testigo (otros. Corresponde a la

diferencia del 100% de la suma de humedad, cenizas y proteínas), por otra parte, en la fracción de proteínas solo ocurre un incremento moderado (Tabla II).

Tabla II.- Análisis proximal de *M. pyrifera* tratadas con sal para su conservación.

Tratamientos	T₀(Blanco)	T₁(10% de sal)	T₂(20% de sal)	T₃(40% de sal)
Humedad	90	72	67	53
Ceniza	5	23	22	36
Proteína	0.93	1	1	1
Otros	4	4	10	10

*Otros Obtenida por diferencia del 100% de la suma de humedad, cenizas y proteínas, incluye carbohidratos y lípidos.

En función de los resultados obtenidos en la etapa I, se determinó como concentración óptima el tratamiento T₂ (20 % de sal), ya que mostró características similares al T₃ pero sin dejar residuo de sal, y conservó en buen estado las algas tratadas, así se procedió a continuar con la experimentación pero solo utilizando la concentración de 20% de sal en las siguientes pruebas.

Etapa II

En este proceso se trabajó con un tratamiento similar al de la etapa uno, pero solo con la concentración del 20% de sal, la única diferencia en el procedimiento seguido fue que las algas después de homogeneizar no se reposó por 24hrs con el líquido liberado como en la etapa I, ya que el líquido se colecto a los 30 minutos de iniciado el proceso de homogenizado Se registró un comportamiento similar al observado en la etapa I solo que esto retrasó el cambio y en un día de tratamiento

el cambio de peso fue de solo un 10% contra el 20 % observado en la etapa I (Fig. 3 y 4) .

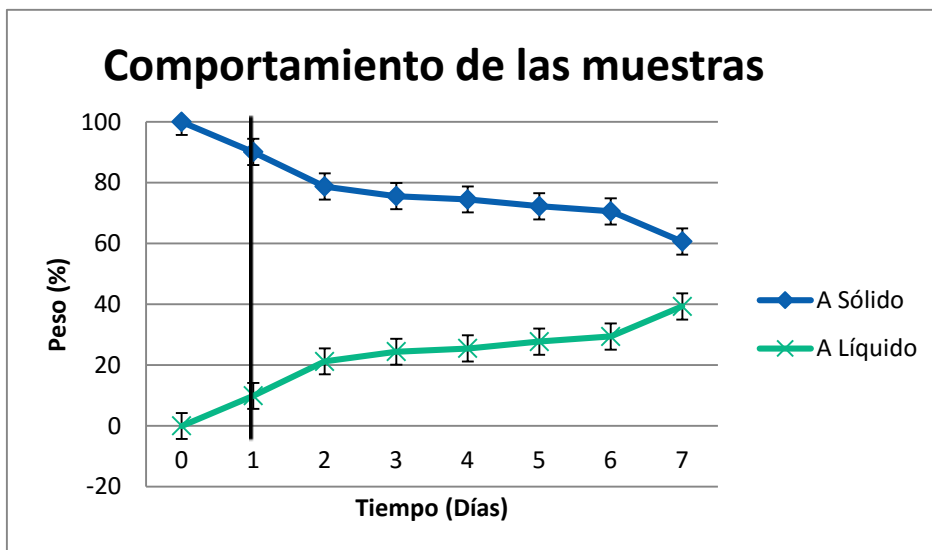


Figura 4.- Comportamiento del tratamiento del alga parda *M. pyrifera* con 20% de sal de grano (T₂) (Etapa II) donde la línea inferior muestra el valor acumulativo de líquido drenado, mientras que la línea superior corresponde a la pérdida acumulativa de peso, las barras verticales muestran la desviación estándar, n=2.

El análisis proximal de las algas tratadas mostró resultados similares a los obtenidos en la etapa I (Tabla II y III)

Tabla III.- Análisis proximal de las algas tratadas (20 % de sal).

	Tratamiento	Testigo
Humedad	69	90
Ceniza	20	5
Proteína	1	0.9
Otros	10	4

Tabla IV.- Balance de materia del proceso de conservación con sal de grano del alga parda *M. pyrifera* (T_z 20%Óptimo).

Entrada Peso inicial (g)	Algas		5000
	Sal		1000
Salida	Sólidos (Algas-Sal)	Peso total algas+sal	4196
		Algas	3624
		Sal	571
	Líquidos (Agua-Sal)	P.total Excurrido	1786
		Agua	1433
		Sal	350
	Sal Total Líquido + Sólido		921

7.-Determinación del tiempo de tratamiento.

En el procedimiento de salado tanto en la primera, como en la segunda etapa, la mayor pérdida de líquido ocurre durante los primeros días, por lo que se evaluó la cinética del proceso en el término de horas. Se observó que el cambio principal ocurre dentro de las 3 primeras horas, ya que en es cuando se incorpora la mayor cantidad de sal en el tejido, en ese lapso alcanza hasta un 68% del total de sal incorporada en el proceso completo, y a las 24 horas se alcanzó el máximo. (Fig.5)

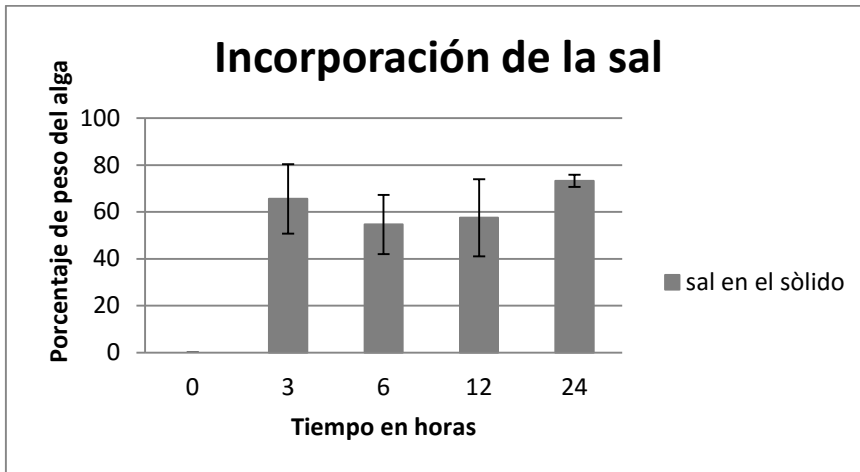


Figura 5.- Cinética de incorporación de sal por el tejido algal sometido al proceso de salado con 20% de sal; calculado en función del total de sal incorporada por el tejido. Barras verticales corresponden a la desviación estándar, n= 2.

También se observó al dejar el líquido liberado los tratamientos pierden el 20% de peso dentro de las 3 primeras horas así como la acumulación de líquido fue del 20 % como se muestra en la figura 6 . Los tratamientos muestran ligeras diferencias de porcentaje en las horas 3, 6 y 12; sin embargo, para el lapso de las 24 hrs. los tratamientos mostraron mayor estabilidad, ya que se observó una menor varianza de los pesos.

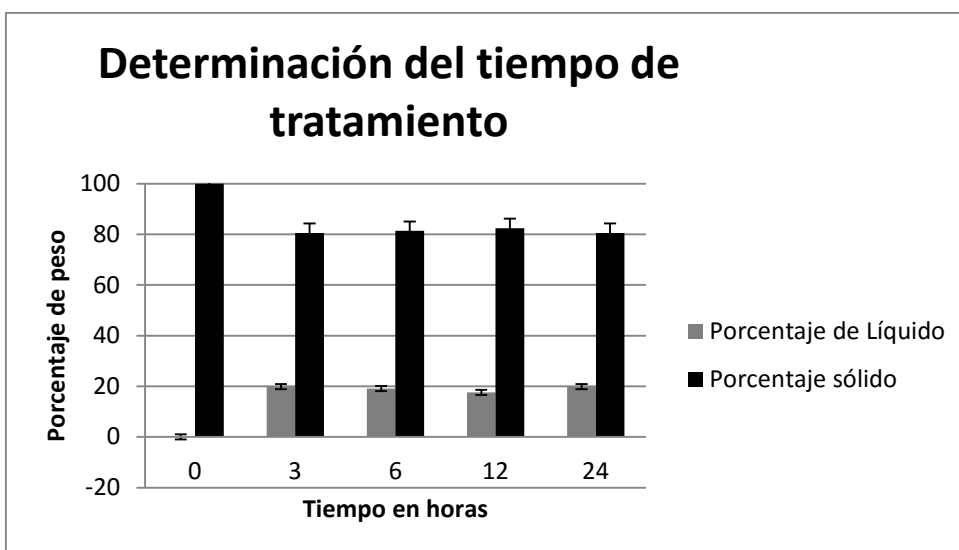


Figura 6.- Comportamiento del peso del alga y líquidos escurridos durante el proceso de salado (3, 6, 12s, y 24hrs); donde las barras verticales muestran la desviación estándar, n=2.

8.-Evaluación de la estabilidad en agua de mar del alga tratada.

En este procedimiento se observó que el alga se mantiene estable por 1 día sin desintegrarse como se aprecia en la foto 3 (II, A y B), el alga se mantuvo en observación, sin embargo conforme transcurre el tiempo el alga comienza a degradarse, el tratamiento con la menor concentración de sal (T₁-10%), se degradó antes de cumplir las 24hrs.

9.-Escalamiento

En caso de tener la necesidad de conservar una mayor cantidad de materias primas se realizó este escalamiento. Para realizar el tratamiento en una escala mayor que la de laboratorio y con el propósito de hacerlo de forma sistemática, se recomienda utilizar una revolvedora de cemento de 50 kg, esto para facilitar la mezcla de sal con el alga. Cada carga se sugiere sea de 30 kg de alga con 6 kg de sal y se mezcla por 3 minutos, posteriormente se vacía en tambos de 200 L. Cada tambo recibe un aproximado de 140 kg de producto; durante las 24 horas de reposo se estima que en el tambo se acumula una cantidad de líquido aproximada de 28 a 32 kg, el cual se drena pasadas las 24 horas del tratamiento.

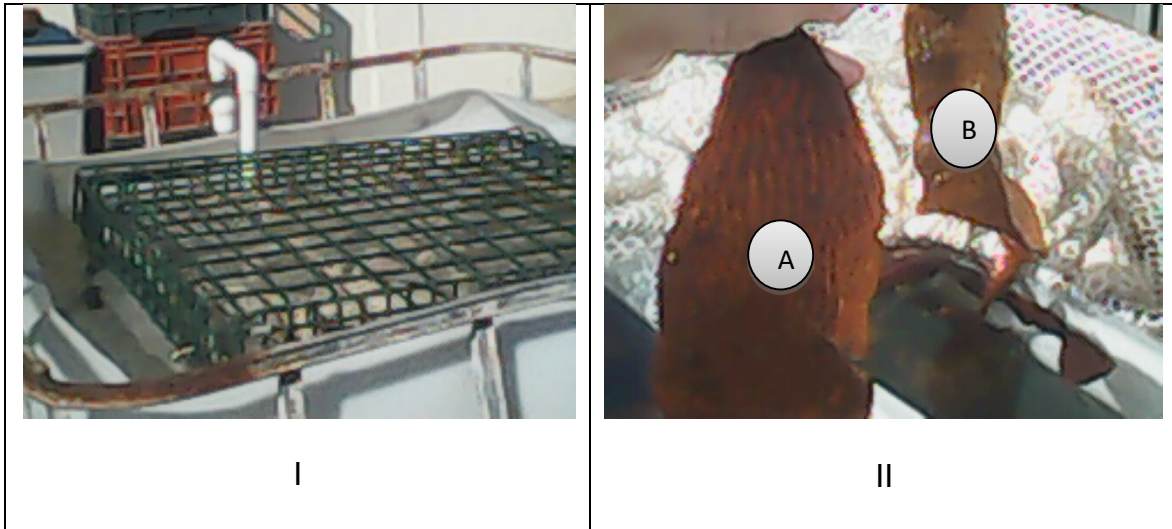


Foto 1.- (I) Acomodo de la jaula en el tanque con agua de mar y aireación de 1 m³, (II) algas después de las primeras 24 horas. (Imagen de los tratamientos, donde A es T2 y B es T3, al paso de las primeras 24 hrs)



Fotografía 2.- (I) Bote de capacidad de 200 L; (II) Revolvedora con capacidad de 50kg

El proceso completo se lleva a cabo en 2 días aproximadamente, considerando el tiempo que toma cada proceso como se muestra en las figura 6, el tiempo también depende de la materia que se quiera tratar, sin embargo se recomienda dejar reposar la materia con el líquido por un lapso de 24hr.

N./H	Horas del día																									
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6		
1 Cosecha	■	■	■																							
2 Arribo de algas				■																						
3 Transporte a planta					■	■																				
4 Almacenado						■	■																			
5 Vaciado a botes							■	■																		
6 Homogenizado									Almacenamiento por 24 H																	
7 Escurredo	■	■																								
8 Almacenado a largo plazo		Almacenado																								
9 Análisis químico	■	■																								

Figura 7.- Tiempos y movimientos en el proceso de conservación del alga fresca *M. pyrifera* con sal de grano.

10.-Discusiones

Las macroalgas en su medio natural poseen un contenido de humedad superior al 90%. Cuando se cosechan, para su conservación y posterior transporte, por lo general se deshidratan al sol hasta un contenido de humedad inferior al 20% con lo cual evitan el deterioro; este es el caso de Baja California, donde en diferentes puntos de la costa, se cosechan especies de algas rojas empleadas como

materias primas para la extracción de agar y carragenanos, donde después de la cosecha se extienden y se secan al sol. Una vez secas ($\leq 20\%$ de humedad), se llevan a centros de acopio para su embalado en pacas (80 a 100 Kg) (Molina-Martínez, 1986, Zertuche-González *et al.*, 1993; Hernández-Garibay *et al.*, 2006). Por otra parte, algas pardas como *M. pyrifera*, tradicionalmente después de cosechadas, son transportadas en fresco a los centros de consumo para producir alginatos. Así ocurrió, hasta el año 2004, cuando la cosecha se realizaba con el barco “El Sargacero” y como único tratamiento durante la cosecha, era la aplicación de un rocío de agua de mar con formol para ayudar en la conservación de las algas frescas en su trayecto desde el punto de cosecha hasta la descarga en el puerto de San Diego California (EUA), lugar donde se procesaban para la extracción de alginatos (Molina-Martínez, 1986). Actualmente, ya no se exporta como materia prima para la obtención de alginatos; ahora se cosecha y se queda en la localidad donde su principal uso es para la elaboración de fertilizantes líquidos, así como alimento directo para abulón y erizo en cultivo; la cosecha se realiza en pangas tipo “paceñas” y sin ningún tratamiento se llevan a los centros de consumo para su empleo directo. En algunos casos, si la cosecha de estas algas se realiza en sitios lejanos a los centros de consumo, de la misma manera que en algas rojas, para su conservación pudieran ser sometidas a un proceso de secado. Sin embargo, para el caso de su empleo como alimento para abulón o erizo se requiere mantener una alta calidad nutricional por lo que generalmente se suministra el alga fresca recién cosechada, en este sentido para ésta aplicación, lo ideal es contar con fuentes de alimento cercana a los centros de consumo.

En éste estudio se probaron tres tratamientos de conservación de las algas con diferentes cantidades de sal de grano: 10 % (T₁), 20 % (T₂) y 40 % (T₃); en todos los tratamientos, se observó que las algas al incorporar sal pierden líquidos en razón directa a la cantidad de sal empleada (Tabla 1); donde el mayor escurrimiento de líquido se obtiene durante el primer día de tratamiento y después ocurre una pérdida gradual menor (Figura 1). De los tres tratamientos probados, el T₂ y T₃, fueron efectivos en prevenir el deterioro de las algas; sin embargo en el T₃, la cantidad de sal empleada estuvo en exceso, esto evidenciado por la presencia en la bolsa de sal de grano sin disolver; mientras que en el T₂, no se observó su presencia, y las características organolépticas del alga se mantuvieron en aparentemente buenas condiciones de conservación. Por estas razones se consideró como condición óptima el tratamiento T₂, por lo que se optó por continuar los experimentos con las condiciones de 20 % de sal.

Se volvió a realizar el proceso de salado únicamente con el tratamiento óptimo, y se encontró un decremento menor que el observado en los primeros tratamientos (Figura 2), esto ocasionado por el procedimiento seguido en esta parte. Aunque el tratamiento alcanza una pérdida de peso y acumulación de líquido similar a los resultados encontrados en los primeros tratamientos (comparar tabla I y II), cabe mencionar que las algas no soportaron el mismo tiempo de almacenado que los tratamientos de la etapa I, presentaron problemas en el tejido después de los 5 meses de almacenamiento; se observó además, que si el líquido no es retirado completamente del alga tratada, podría afectar la calidad nutricional de esta, ya que comienzan a descomponerse (generan malos olores).

Cinética del Proceso de Salado:

Como se describió antes en el proceso de salación, desde el momento que se mezcla la sal con las algas, comienzan a producirse los cambios y estos ocurren principalmente dentro de las primeras 3hrs, el alga pierde el 20% de su peso original (Figura 3), estos resultados son similares a los encontrados en los tratamientos de la primera parte. Basados en el comportamiento observado, se considera que el tiempo mínimo en el que el alga debe dejarse con la sal y el líquido escurrido debe ser de 3hr, sin embargo, si no hay presión por tiempo y espacio, lo más recomendable es que permanezca por un lapso de 24h, y después drenar con lo que se asegura una mejor estabilidad.

Evaluación del tiempo de resistencia del producto reconstituido

El alga procesada mediante este tratamiento, se mantuvo almacenada durante 15 meses sin deterioro aparente (textura y olor). Sin embargo, en pruebas en los tanques con recirculación, las macroalgas tratadas con la menor concentración de sal (10 % -T₁) fueron las que en los tanque con recirculación mostraron la menor estabilidad, el alga se degradó rápidamente; mientras que las algas procesadas con el 20 y 40 % de sal (T₂ y T₃), las algas se conservaron bien durante el primer, el tejido se mantuvo con una consistencia firme, (Foto 6), (≤ 3 Hrs.); sin embargo, una vez que se cumple el primer día las algas comienzan a degradarse paulatinamente.

Nuestros resultados coinciden con lo encontrado para el alga parda *A. nodosum* del mar del norte, donde encontraron que un 10% de sal (p/p) no fue suficiente para prevenir su deterioro, mientras que una concentración del 20 % fue

considerada como la adecuada, ya que permitió conservar en buenas condiciones los alginatos de esta alga (Moen *et al.*, 1999). En nuestro caso con el tratamiento aplicado, se observó un ligero incremento en el contenido de proteínas, ya que pasó de 0.93% en peso fresco del alga sin tratar a 1 %; sin embargo, este incremento observado, es aparente, debido a que la incorporación de sal en el tejido algal cambia las proporciones de humedad, peso seco y cenizas en las algas tratadas.

También se observó un oscurecimiento del tejido de las algas tratadas, posiblemente debido a la polimerización de los compuestos fenólicos presentes en todas las algas pardas (McHugh, 1987), esto es un punto favorable si las algas tratadas se destinan para la obtención de alginatos; sin embargo para su uso como alimento para Abulón o erizo, aún no se tienen evidencias de si afecta su palatabilidad y o la asimilación de proteínas.

Por otra parte, en este estudio a diferencia al desarrollado en Monterey, California, donde para la conservación de las materias primas además de la sal adicionada, para su almacenamiento, a las algas tratadas, se les aplica vacío (Zertuche-González, *com. Per.*); a diferencia también del método utilizado por Pizarro-Tonioni (2003) donde secaban las algas a diferentes porcentajes y previamente cortadas en un silo pequeño de pvc sellado para mantener un estado anóxico; en nuestro caso, se obtuvieron buenos resultados de conservación almacenándose en bolsas transparentes sin eliminar el aire; sin embargo, de acuerdo a lo observado, para una mejor conservación, se recomienda protegerlas de la luz solar directa.

El proceso de escalamiento (60 sugiere unas recomendaciones para realizar el proceso de salado a una escala mayor; para aplicar la sal de manera uniforme a todo el material algal, se recomienda el uso de una mezcladora de cemento pequeña (50 kg), ya que esto facilita el proceso de homogenizado y lo hace más sistemático, ya que esta es una parte crucial del proceso y debe tenerse especial cuidado en que todas las algas entren en contacto con la sal, ya que de no hacerlo, podría implicar que las algas no se conserven adecuadamente. También se sugiere en el procesamiento usar un tambo de 200L para el almacenamiento, ya que el alga al perder peso y volumen, comienza a escurrir líquido, y es importante como parte del proceso, mantener sumergidas las algas en la salmuera escurrida durante las primeras 24 hrs., una vez completado este tiempo se recomienda drenar completamente el líquido escurrido.

Se puede observar que todos los procesos unitarios implicados en el método de salado aplicado, son de corta duración, solo el reposo por 24 horas y el almacenamiento son los que requieren más tiempo y espacio, es por ello que son los procesos que pueden limitar la escala de producción (fig. 7).

11.-Conclusiones y recomendaciones

- El método de conservación del alga *Macrocystis pyrifera* con sal de grano, probó ser efectivo, ya que se logró mantener el alga en buenas condiciones organolépticas y químicas hasta por 15 meses.
- La concentración de 20% de sal fue el que se considera como óptimo ya que las algas tratadas tienen una buena conservación, sin excedentes de

sal. El método es apropiado para tratar las algas pardas, ya que reduce considerablemente el peso y volumen, con lo que se facilita su transporte y almacenamiento.

- El método de salado es de fácil aplicación, sin embargo la economía del proceso, dependerá entre otros factores de la escala de producción y equipos utilizados.
- Es recomendable que se hagan pruebas de salado para conservar especies de algas rojas y verdes con usos potenciales como alimento para organismos en cultivo.
- Es recomendable que se hagan estudios para ver el efecto del salado sobre componentes de interés en las macroalgas (alginatos, agar, carragenanos, proteínas y pigmentos entre otros).

12.-Literatura citada

- Adami ML, Gordillo S (1999). Structure and dynamics of the biota associated with *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta) from the Beagle Channel, Tierra del Fuego. *Scientia Marina* 63-1: 183-191.
- Baeza-López J, Cervantes-Ramírez M, Figueroa-Velazco JL. y Cuca-García M (2004). Uso de un alga marina (*Macrocystis pyrifera*) en dietas con base en trigo para cerdas en lactancia. Programa en Ganadería. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, IREGEP.
- Buschmann AH, Vásquez-Castro JA, Osorio-Arraño P, Reyes-Barrera E, Filún L, Hernández-González MC & Vega-Reyes A (2004). The effect of water movement, temperature and salinity on abundance and reproductive patterns of *Macrocystis* spp. (Phaeophyta) at different latitudes in Chile. *Marine Biology* 145, 849–862.

- Buxade C (1995). Zootecnia, Bases de Producción Animal. Tomo III, Alimentos y Racionamiento. Editorial Mundi-Prensa. 157-207 pp.
- Casas-Valdez M, Hernández-Carmona G, Hernández-Guerrero CJ (1999). Estudio del potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Baja California Sur. Eds. Margarita Casas-Valdez y German Ponce-Díaz. Volumen II. P.431:445.
- Casas-Valdez M, Hernández-Contreras H, Marín-Álvarez A, Águila-Ramírez RN, Hernández-Guerrero CJ, Sánchez-Rodríguez I & Carrillo-Domínguez S (2005). El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN).
- Coello C (2007). La sal de la vida. Instituto de la sal. Madrid. Pt 20.
- Dávalos-Mecalco SG, Zamora PDR, Natividad BT, Vázquez-Castro JA, Quiñones EI (2005). Alimentos marinos: tipificación y proceso de almacenamiento. Universidad Autónoma de México PT 14.
- Dawes C (1986) Seasonal proximate constituents and caloric values in seagrasses and algae on the west coast of Florida. J Coast Res 2(1): pp 25-32.
- Dawson EY (1969). Marine Botany an Introduction. Holt, Rinehart and Wiston, Inc. USA.
- Dayton PK (1985) Ecology of kelp communities. Annual Review of Ecology and Systematics 16, 215–245.
- Durazo-Beltrán E, Toro-Vásquez JF, Vásquez-Peláez C, Viana-Castrillón MT (2003). Efecto de la macroalga *Macrocystis pyrifera* y una dieta formulada sobre el crecimiento y la composición de ácidos grasos en el abulón azul, *Haliotis fulgens*, en condiciones de cultivo comercial. Revista Ciencias Marinas. Pg 645-654.
- Druehl, LD (2000). Pacific Seaweeds: A Guide to Common Seaweeds of the West Coast. Harbour Publishing, BC Canada.
- Foster MS, Schiel DR (1985). The Ecology of Giant Kelp Forests in California: a Community Profile. U.S: Fish and Wildlife Service.
- Fowden, L. 1962. Amino acids and proteins. In: Lewin, R.A. (ed). Physiology and Biochemistry of Algae. Academic Press, New York. pp: 189-209.

- Graham MH, Harrold C, Lisin S, Light K, Watanabe JM, Foster MS (1997). Population dynamics of giant kelp *Macrocystis pyrifera* along a wave exposure gradient. *Marine Ecology Progress Series* 148, 269–279
- Graham MH (2004). Effects of local deforestation on the diversity and structure of southern California giant kelp forest food webs. *Ecosystems* 7: 341–357.
- Graham MH, Vásquez-Castro JA, Buschmann AH (2007). Global ecology of the giant kelp *Macrocystis* from ecotypes to ecosystems. *Oceanography and Marine Biology*. PT. 50.
- Gutiérrez A (2001). *Macrocystis pyrifera* para consumo humano: nuevos productos de alto valor agregado. Taller: Manejo, Cultivo y Comercialización de Algas Pardas en Chile: Avances y Desafíos. Universidad de los Lagos, CONICYT, FONDEF.
- Guzmán *del Prío* SA, de la Campa de Guzmán S, Granados-Gallegos JL (1971). El sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*) y su explotación en Baja California. *Rev. Soc. Mex. de Hist. Nat.*, México 32(12): 15-57.
- Hanisak MD (1983). The nitrogen relationship of marine macroalgae, In *Nitrogen in the Marine Environment*. E.J. and Capone, D.G., editors. Academic press, New York. pp 699-730.
- Hernández-Carmona G, Rodríguez-Montesinos YE, Torres-Villegas JR, Sánchez-Rodríguez I, Vilchis MA (1989). Evaluation of *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta, Laminariales) kelp beds in Baja California, México. I. Winter 1985–1986. *Ciencias Marinas* 15(2): 1–27.
- Hernández-Carmona G, Robledo D, Serviere-Zaragoza E (2001). Effect of nutrient availability on *Macrocystis pyrifera* recruitment and survival near its southern limit off Baja California. *Botanica Marina* 44, 221–229.
- Hernández-Garibay E, Guardado-Puentes J, Bautista-Alcántar J, Reyes-Tiznado R (2006). Pesquería de Macroalgas, en: *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo*. Instituto Nacional de Pesca. 534 p.
- Ladah BL, Zertuche-González J A, Hernández-Carmona G (1999). Giant kelp (*Macrocystis pyrifera*, phaeophyceae) recruitment near its southern

limit in Baja California after mass disappearance during ENSO. *Journal of Phycology*. 35, p 1106-1112.

- Lindeberg MR, Lindstrom SC (2010). *Field guide to the seaweeds of Alaska*. pp. [i-] iii-iv, 1-188, numerous col. photographs. Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program.
- Lobban CS, Harrison PJ (1994). *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University.
- McHugh DJ (1987). Production, properties and uses of alginates. In McHugh DJ (ed.), *FAO/GLOBEFISH Production and utilization of products from seaweeds*. Food and Agriculture Organization of UN, Rome, pp. 58-115.
- McHugh DJ (2002). *Perspectivas para la producción de algas marinas en países de desarrollo*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Australia.
- McHugh DJ (2002). *A guide to the seaweed industry*. FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER 441. Australia. 118 pp.
- Molina-Martínez J (1986). *Notas sobre tres especies de algas marinas *Macrocystis pyrifera*, *Gelidium robustum* y *Gigartina canaliculata* de interés comercial en la costa occidental de Baja California, México*. In: *Contribuciones biológicas y tecnológico-pesqueras*. SEPESCA, INP, CRIP, Ensenada, B.C. Documento Técnico Informativo No. 3: 16–39.
- Moen E, Larsen B, Østgaard K, Jensen A (1999). Alginate stability during high salt preservation of *Ascophyllum nodosum*. *Holland. Journal of applied phycology* 11. Pp 21-25.
- Neushul M (1971). The biology of giant kelp beds (*Macrocystis*) in California: the species of *Macrocystis*. *Nova Hedwigia* 32, 211–222.
- North, WJ (1987). *Biology of the *Macrocystis* resource in North America*. FAO. Fish. Tech. Pap. 281: 65 pp.
- North WJ (1968). *Effects of canopy cutting on kelp growth: comparison of experimentation with theory*. In *Utilization of kelp-bed resources in Southern*

California, edited by W.J. North and C.L. Hubbs. Fish Bull. Calif. Dep. Fish Game, (139):223-54

- North WJ (1971). The biology of giant kelp beds (*Macrocystis*) in California: introduction and background. *Nova Hedwigia* 32, 1–68.
- Pacheco-Ruíz I, Zertuche-González JA, Chee-Barragán A, Arroyo-Ortega E (2002). Biomass and potential commercial utilization of *Ulva lactuca* (Chlorophyta, Ulvaceae) beds along the north-west coast of the Gulf of California. *Phycologia* 41(2): 199–201.
- Peña-Ortega LO (2002). Análisis del efecto de la inclusión del alga *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh, en alimentos comerciales para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* bonne. Monterrey, N.L. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Parnell Ed P, Eric FM, Cleridy ELC, Dayton KP, Carter LM, Stebbins DT (2010). The response of giant kelp (*Macrocystis pyrifera*) in southern California to low-frequency climate forcing. *American Society of Limnology and Oceanography*, Inc.
- Pizarro-Tonioni C (2003) Evaluación de una técnica de ensilado para el alga *Macrocystis pyrifera* y observación de su consumo por parte de abulón rojo (*Haliotis rufescens*). Chile. Universidad Católica de Temuco.
- Piriz ML (1986). A new species and a new record of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) from Argentina. *Botanica Marina* 24: 599-602.
- Santalices B, Marquet P (1998). Seaweed, latitudinal diversity patterns, and Rapoport's rule. *Diversity and Distributions a journal of Conservation Biogeography*. 4, 71-75.
- Sánchez-Fernández A, Frías-Castillejo C, Molina-Vidal J, Sánchez-Fernández MJ (2005). El Mediterráneo: la cultura del mar y la sal. Santa Paola. P.T. 128.
- Van den Hoek C (1975). Phytogeographic provinces along the coast of the northern Atlantic Ocean. *Phycologia*, 14, pp317-330.

- Vázquez-Castro JA (1999).The effect of harvesting of brown seaweeds: a social, ecological and economical importance resource. World Aquaculture Magazine. 31(1), 1999, pp. 19-22.
- Vozzhinskaya VB, Kuzin VS (1994). Productivity of Laminariales in the World Ocean. Izvestiya Akademii Nauk Seriya Biologicheskaya (Moscow) 0 (2): 308-312.
- Zertuche-González J A, Vázquez-Castro JA, Fonck EA, Enzo Racca, Hurtado R, Dawes C, Clemente Balladares, Rubio J, García-Esquivel J (1993). Situación actual de la industria de macroalgas productoras de ficocoloides en América Latina y el Caribe. México. FAO DOCUMENTO DE CAMPO N°13.

13.-Anexos

13.1.-Proceso de Salado de *Macrocystis pyrifera*.

En el procedimiento se utilizaron diferentes concentraciones de sal 10% (T3), 20%(T2) y 40%(T1), y 5 kg de alga *Macrocystis pyrifera* en cada tratamiento para la conservación del alga y sus características organolépticas, se colocaron en bolsas plásticas los 5 kg de alga, la sal se fue agregando paulatinamente y agitando todo el contenido de la bolsa hasta que la muestra se vea homogénea, de igual manera se realizó para los otros tratamientos.



Foto 3.- (I) Pesado de los 5 kg de alga, antes de agregarle la sal; (II) Homogenización de la sal con la muestra.

En la imagen I podemos observar cómo se pesó el alga antes de agregar la sal, y en la imagen II es la manipulación del alga para homogeneizarla con la sal,



Foto 4.- Tratamientos con sus respectivas replicas almacenados en botes de plástico de 20L

T3, T2 y T1 (cambio de concentraciones)



Foto 5.- Medición del volumen de escurrido en una probeta.

De esta manera se cuantifico el volumen, y posteriormente se pesó, agregándolo en una bolsa, y poniéndolo en una balanza electrónica.



Foto 6.- Observación de la muestra del tratamiento T1, después de 1 año de Conservación.

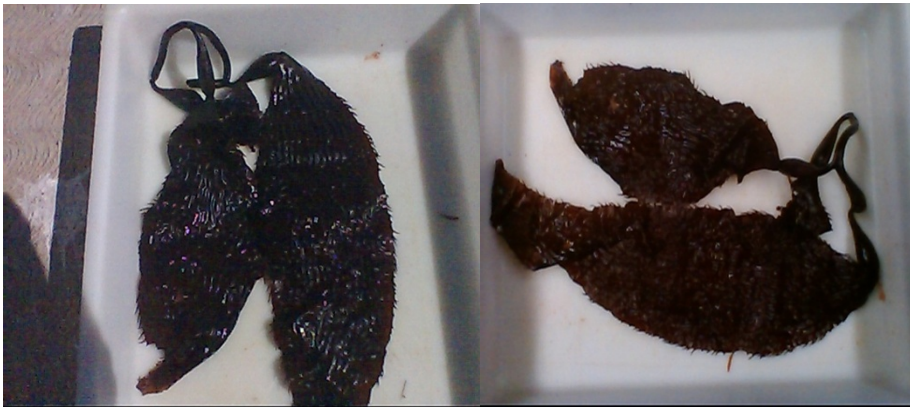


Figura 7.- Tratamiento T2 después de 15 meses de conservación

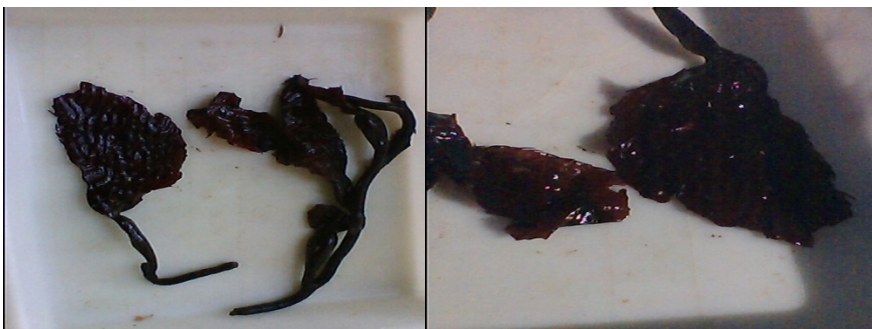


Foto 8.- Tratamiento T3 después de un año de conservación.

13.2.-Evaluación de la resistencia en el mar de alga conservada con sal.

En el experimento realizado para probar la resistencia del alga, se trabajó con una jaula de abulón como se muestra en la figura 13la cual contiene una serie de rendijas, que se utilizaron para colocar 1kg de alga en cada rendija. Se utilizaron 2 rendijas por tratamiento. La jaula se colocó en el tanque de 1m³ de agua de mar, se encendió la aireación y se dejó la jaula por 24hr. El tratamiento T1 (10% de sal) no soporto el ajetreo y al finalizar el primer día no se encontró muestra.

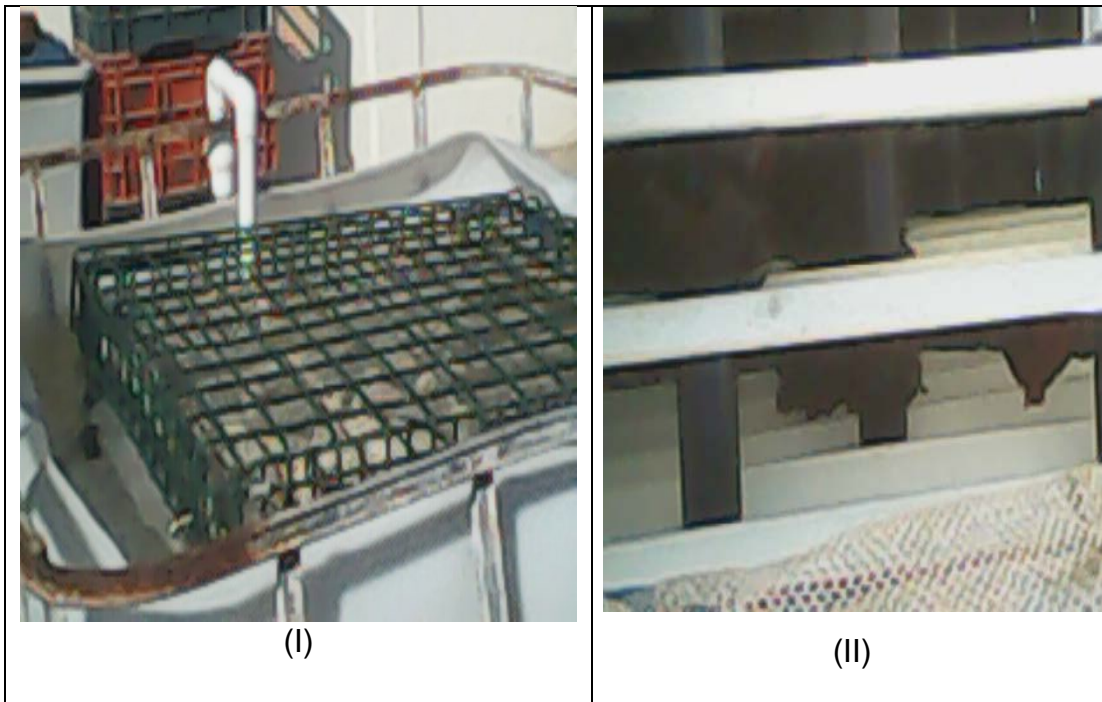


Foto 9.- Jaula en el tanque de 1m³ (I); colocación del alga en las rendijas (II)



Foto 10.- (I) Jaula de abulón; (II) Muestras colocadas en la jaula después de cumplir 24hr.

En la fotografía se aprecia claramente como algunas de las algas después de la 48hrs se degradaron, sin embargo la mayoría no presentaba ese grado de deterioro.

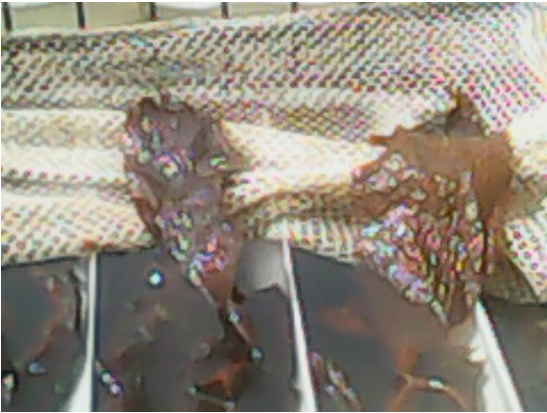


Figura 11.- Muestras después de 48hr.