

UNIVERSIDAD DEL MAR
***campus* Puerto Ángel**



**Calidad del agar nativo extraído de *Gracilaria parvispora* (Gracilariales:
Rhodophyta) durante la temporada de lluvias y secas en lagunas costeras
de Oaxaca y Chiapas**

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de
Licenciada en Biología Marina

Presenta

María de Jesús Trejo Méndez

Director

Dr. Edgar Francisco Rosas Alquicira

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2017

Resumen

Se estudió la variación espacio-temporal de las propiedades del agar nativo extraído de *Gracilaria parvispora* proveniente de tres lagunas costeras ubicadas el Pacífico sur mexicano. Las muestras fueron recolectadas a una profundidad máxima de 1.5 m durante la temporada de lluvias y secas. En cada localidad se colocaron tres transectos paralelos a la línea de costa, cada uno con un área de 100 x 5 m y con una distancia entre ellos de 30. Por transecto se recolectaron alrededor de 150 g de biomasa fresca. En cada muestra de agar nativo se determinó su rendimiento, la fuerza del gel, la temperatura de fusión y la temperatura de gelificación e histéresis; así como el contenido de 3,6-anhidrogalactosa y de sulfatos. Además, se registraron los niveles de temperatura y salinidad en cada transecto y por cada sitio de muestreo. Se encontraron diferencias significativas entre las localidades para la fuerza de gel, la temperatura de fusión, la temperatura de gelificación y la histéresis; en donde los valores promedio de Ballenato para la fuerza de gel (367.3 g cm⁻²), la temperatura de fusión (80.2 °C) y la histéresis (44.3 °C) fueron los más altos; la temperatura de gelificación fue mayor en los geles de San Vicente (39.8 °C). En las propiedades químicas del agar se determinaron diferencias significativas entre temporadas, de manera que el contenido promedio de 3,6 anhidrogalactosa fue mayor durante la temporada de secas (36.2 %) y el de sulfatos fue mayor en la temporada de lluvias (7.5 %). El rendimiento del agar presentó diferencias significativas entre temporadas con valores promedio mayores en secas (19.9 %) y entre localidades con valores promedio mayores en el agar de Paredón (20.6 %). La salinidad presentó diferencias significativas entre temporadas con valores promedio mayores durante secas (38.7); mientras que la temperatura del agua fue significativamente diferente entre localidades con valores promedio mayores para Ballenato (30.8 °C). Los valores registrados para los parámetros ambientales fueron altos durante el periodo de estudio. Las propiedades encontradas en el agar nativo extraído de *G. parvispora* fueron similares a las del agares nativos de otras especies del mismo género; no obstante, los valores obtenidos son menores a los estándares requeridos para su uso alimenticio y/o industrial. Los mejores resultados con respecto a las propiedades del agar nativo extraído se obtuvieron de muestras provenientes de playa Ballenato, especialmente durante la temporada de secas.

Palabras clave: contenido de 3,6-anhidrogalactosa, contenido de sulfatos, fuerza de gel, propiedades físicas y químicas, temporada de secas.

Abstract

The seasonal and spatial variations of the native agar properties extracted from *Gracilaria parvispora* were determined; the biological samples were collected in three coastal lagoons along the Southern Mexican Pacific. Samples were collected at 1.5 m maximum depth during rainy and dry seasons. In each locality, three transects of 100 x 5 m area were located along the coast line, and with 30 m of distance between each other; 150 g of fresh biomass was collected per transect. The agar yield, gel strength, melting and gelling temperatures, gel hysteresis, sulfate and 3,6-anhydrogalactose (3,6-AG) contents were determined for each native agar samples. Also, the temperature and salinity were recorded at each transect in every sample lagoon. Gel strength, gelling temperature, melting temperature and gel hysteresis varied significantly between localities. The gel strength (367.3 g cm^{-2}), melting temperature ($80.2 \text{ }^\circ\text{C}$) and hysteresis ($44.3 \text{ }^\circ\text{C}$) mean values from Ballenato was higher. The gelling temperature was higher in San Vicente gels. About chemical properties, the mean values were also significantly but between seasons, where 3,6-AG content mean values were higher during dry season (36.2 %), while sulfate content mean values were higher during rainy season (7.5 %). Agar yield, changed significantly between seasons with higher mean values during dry season (19.9 %) and between localities with higher mean values in Paredón agar (20.6%). Salinity values were significantly different between seasons, the higher mean values was obtained during dry season (38.7), while temperature varied between localities with higher mean values for Ballenato ($30.8 \text{ }^\circ\text{C}$). The values obtained for the environmental parameters were high along the study period. The native agar extracted from *G. parvispora* showed important properties when compared with the native agar from other species of the same genus, nevertheless, it was lower than the standards for food and industrial use. The best results were obtained from Ballenato samples, especially during dry season.

Key words: 3,6-anhydrogalactose content, dry season, gel strength, physical and chemical properties, sulfate content.

A mis padres, por alentarme a seguir mis sueños y hacerlos posibles. Sin su respaldo y apoyo incondicional esto no sería realidad. ¡Gracias por todo su amor! por todas las enseñanzas y consejos; por ustedes soy.

A mi mamá, por predicar con el ejemplo que todo esfuerzo, por más pequeño que sea, vale la pena; por enseñarnos a hacer las cosas con gran pasión y por estar siempre al pie del cañón y dispuesta a hacer hasta lo imposible por nosotros.

A mi papá, por siempre mantener mis pies sobre la tierra, por crear confianza y seguridad en mí y recordarme que soy capaz de lograr grandes cosas a pesar de las limitaciones. Por crear conciencia de mis fortalezas y debilidades y trabajar sobre ellas.

A mis hermanos, por alegrarme la vida con su compañía, son mi motivación para ser cada día mejor.

Agradecimientos

Al proyecto de PRODEP-SEP titulado Monitoreo poblacional, prevención y análisis de riesgo de especies exóticas de México (2IR0907), por el apoyo financiero otorgado para la realización de este estudio. Así mismo, al proyecto titulado Biodiversidad nomenclatural y taxonómica del género *Amphiroa* Lamouroux (Corallinales, Rhodophyta) en el sur del Pacífico Tropical Mexicano (CB 2010-155812-B) por el apoyo en equipo de microscopía óptica brindado, y que se encuentra bajo el resguardo de la Universidad del Mar.

Al Dr. Edgar Francisco Rosas Alquicira, por aceptar ser mi guía y por proporcionar las armas necesarias para navegar a través del maravilloso mundo de las algas; por todo el apoyo y disposición para hacer posible este gran viaje.

Al Dr. Gustavo Hernández Carmona (CICIMAR-IPN), por todo el apoyo brindado para el desarrollo experimental del trabajo y por las oportunas observaciones sobre el mismo.

A la M. C. Dora Luz Arvizu Higuera, M. C. Elizabeth Rodríguez Montesinos y al Dr. Mauricio Muñoz Ochoa adscritos al CICIMAR-IPN, por toda la enseñanza, dedicación y aporte; fueron parte primordial para el desarrollo de este trabajo.

Al M. C. Alberto Montoya Márquez, por el soporte y apoyo para el análisis estadístico e interpretación de los datos.

Al Dr. Rolando Bastida Zavala por los oportunos comentarios y sugerencias que permitieron mejorar la calidad del presente trabajo, especialmente en la parte taxonómica.

A la Universidad del Mar por proporcionar todos los medios necesarios para hacer posible mi formación profesional. Así como a cada uno de los profesores, por la dedicación y aporte de conocimiento y experiencia; especialmente a la Dra. Ma. Nieves Trujillo Tapia.

A mis amigos, la familia que escogí para compartir triunfos, fracasos, alegrías y tristezas (Adair, Aby, Elian, Bertrand y Adrián); por siempre estar hombro a hombro para sufrir y celebrar en todo momento. Ustedes han hecho de este viaje una experiencia increíble e inigualable, gracias por todo su apoyo.

A los compañeros del Laboratorio de Química de Algas Marinas de CICIMAR-IPN, por su ayuda y soporte durante el desarrollo experimental de trabajo y por hacer más que agradable la estancia en el laboratorio.

Al Laboratorio de Sistemática de Invertebrados Marinos (LABSIM), por el apoyo logístico para el procesamiento y toma de fotografías de ejemplares de *Gracilaria parvispora*.

Índice

Resumen.....	ii
Abstract.....	iii
Agradecimientos	v
Índice.....	vii
Índice de figuras	ix
Índice de Tablas.....	xi
Introducción	1
Antecedentes	7
<i>Parámetros ambientales.....</i>	<i>7</i>
<i>Propiedades del agar</i>	<i>7</i>
<i>Variaciones estacionales de las propiedades del agar.....</i>	<i>10</i>
Justificación	15
Hipótesis.....	16
Objetivos	16
<i>Objetivo general.....</i>	<i>16</i>
<i>Objetivos particulares</i>	<i>16</i>
Área de estudio	17
Material y método.....	21
<i>Recolecta de material</i>	<i>21</i>
<i>Determinación de la especie</i>	<i>22</i>
<i>Extracción del agar</i>	<i>22</i>
<i>Variaciones de las propiedades del agar y de los parámetros ambientales</i>	<i>23</i>
<i>Toma de parámetros ambientales.....</i>	<i>23</i>

<i>Determinación de las propiedades físicas del agar</i>	23
<i>Determinación de las propiedades químicas del agar</i>	24
<i>Análisis estadístico de las propiedades del agar y de los parámetros ambientales</i>	25
Resultados	27
<i>Determinación de la especie</i>	27
<i>Variaciones de las propiedades del agar y de los parámetros ambientales</i>	33
<i>Variación espacio-temporal de las propiedades físicas y químicas del agar</i> .	33
<i>Variación espacio-temporal de los parámetros ambientales</i>	46
<i>Relación entre las variables evaluadas</i>	51
Discusión	53
<i>Determinación de la especie</i>	53
<i>Variaciones estacionales del agar y de los parámetros ambientales</i>	54
Conclusión	63
Referencias.....	66
Anexo A	73
Anexo B	76

Índice de figuras

Fig. 1. Estructura química de la agarobiosa.....	1
Fig. 2. Talo de <i>G. parvispora</i>	6
Fig. 3. Área de estudio.....	18
Fig. 4. Morfología de <i>G. parvispora</i>	29
Fig. 5. Anatomía vegetativa y reproductiva de <i>G. parvispora</i>	30
Fig. 6. Rendimiento del agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre localidades.....	36
Fig. 7. Rendimiento del agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre temporadas	35
Fig. 8. Rendimiento del agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre localidades y temporadas de recolecta.....	37
Fig. 9. Fuerza de gel de los geles de agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre localidades.....	38
Fig. 10. Temperatura de fusión de los geles de agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre localidades	38
Fig. 11. Histéresis de los geles de agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre localidades	39
Fig. 12. Fuerza de gel del agar nativo de <i>G. parvispora</i> por localidades y temporadas	40
Fig. 13. Temperatura de fusión de los geles de agar nativo extraídos de <i>G. parvispora</i> por localidades y temporadas.....	40
Fig. 14. Histéresis de los geles de agar nativo de <i>G. parvispora</i> por localidades y temporadas	41
Fig. 15. Rendimiento del agar y fuerza de gel del agar nativo de <i>G. parvispora</i> por localidades y temporadas.....	42
Fig. 16. Temperatura de gelificación de los geles de agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre localidades.....	43
Fig. 17. Contenido de 3,6-AG y de sulfatos del agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre temporadas	44

Fig. 18. Contenido de 3,6-AG de los geles de agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre localidades y temporadas.....	45
Fig. 19. Contenido de sulfatos en los geles de agar de <i>G. parvispora</i> entre localidades y temporadas	45
Fig. 20. Niveles de salinidad entre localidades.....	47
Fig. 21. Niveles de temperatura entre localidades.....	48
Fig. 22. Niveles de salinidad entre temporadas	48
Fig. 23. Niveles de salinidad entre localidades y entre temporadas	49
Fig.24. Niveles de temperatura entre localidades y entre temporadas.....	50
Fig. 25. Rendimiento del agar de <i>G. parvispora</i> por localidades.....	73
Fig.26. Rendimiento del agar nativo de <i>G. parvispora</i> por temporadas	73
Fig. 27. Rendimiento del agar nativo de <i>G. parvispora</i> para las localidades y las temporadas	74
Fig. 28. Contenido de 3,6-AG del agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre temporadas	75
Fig. 29. Contenido de sulfato en el agar nativo de <i>G. parvispora</i> entre temporadas	75

Índice de tablas

Tabla I. Antecedentes de las variaciones estacionales de las propiedades del agar.....	11
Tabla II. Resultados del MANOVA de dos vías para las propiedades físicas y químicas del agar extraído de <i>G. parvispora</i>	33
Tabla III. Prueba <i>a-posteriori</i> sobre las propiedades físicas y químicas del agar.....	34
Tabla IV. Resultados del MANOVA de dos vías para los parámetros ambientales.....	46
Tabla V. Prueba <i>a-posteriori</i> sobre los parámetros ambientales	46
Tabla VI. Valores del coeficiente de correlación de Pearson (r) entre las propiedades del agar y los parámetros ambientales	51
Tabla VII. Valores del coeficiente de correlación de Pearson (r) entre las propiedades del agar	52
Tabla VIII. Efecto espacial sobre las propiedades físicas y químicas significativas evaluadas en el agar nativo de <i>G. parvispora</i>	76
Tabla IX. Efecto temporal sobre las propiedades físicas y químicas significativas evaluadas en el agar nativo de <i>G. parvispora</i>	76
Tabla X. Efecto espacio-temporal sobre las variables físicas y químicas significativas evaluadas en el agar nativo de <i>G. parvispora</i>	77
Tabla XI. Efecto espacial sobre los parámetros ambientales con diferencias significativas	78
Tabla XII. Efecto temporal sobre los parámetros ambientales con diferencias significativas	78
Tabla XIII. Efecto espacio-temporal sobre los parámetros ambientales con diferencias significativas	78