

UNIVERSIDAD DEL MAR
campus Puerto Ángel



**CRECIMIENTO DIFERENCIAL EN RAMAS DE *Lithothamnion muelleri*
(RHODOPHYTHA: CORALLINOPHYCIDAE) BAJO CONDICIONES
CONTROLADAS DE IRRADIANCIA Y TEMPERATURA**

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de
Licenciado en Biología Marina

Presenta

Isaac Alejandro Rivera Ruvalcaba

Director

Dr. Edgar Francisco Rosas Alquicira

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, marzo del 2019.

Resumen

Se determinó el crecimiento diferencial entre crestas y valles de las ramas de la especie formadora de rodolitos *Lithothamnion muelleri* Lenormand ex Rosanoff proveniente de Isla Cacaluta, Huatulco, México. Se probaron nueve tratamientos que simulaban las condiciones de temperatura (21, 27 y 30°C) e irradiancia (32, 46 y 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) registradas en la zona durante el año 2007. El intervalo de crecimiento promedio en longitud y área para los valles de las ramas fue de 0.040 ± 0.027 mm ($\bar{Y} \pm S$) y 0.063 ± 0.047 mm² ($\bar{Y} \pm S$) respectivamente, mientras que para las crestas de 0.077 ± 0.046 mm ($\bar{Y} \pm S$) y 0.425 ± 0.237 mm² ($\bar{Y} \pm S$). En las crestas de las ramas, el crecimiento máximo en longitud y área se estimó en el tratamiento de 21°C y 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, mientras que el mínimo se dió en el tratamiento de 30°C y 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. En los valles de las ramas, el crecimiento máximo en longitud y área se dió en condiciones de 30°C y 46 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. El crecimiento mínimo se presentó en el tratamiento de 30 °C y 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Bajo condiciones de 21 °C y 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, el crecimiento en longitud y área de las crestas de las ramas fue mayor en comparación con lo obtenido bajo las temperatura e irradiancia de 30 °C y 32 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. En los valles de las ramas, un mayor crecimiento en longitud y área ocurrió en condiciones experimentales de temperatura e irradiancia de 30°C and 32 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Se esclarece de manera general que *L. muelleri* obedece a un crecimiento diferencial entre las crestas y valles de las ramas, lo que genera rodolitos con forma de crecimiento fructicosa. Por lo anterior se considera que en los análisis previamente publicados para rodolitos con forma de crecimiento fructicosa, los valores promedio de crecimiento sobreestimaron el crecimiento en valles y subestimaron el crecimiento en crestas.

Palabras clave: forma de crecimiento fructicosa, Isla Cacaluta, Pacífico Oriental Tropical, rodolitos.

Abstract

The differential growth between crests and valleys of the branches of the rhodolith forming species *Lithothamnion muelleri* Lenormand ex Rosanoff from Isla Cacaluta, Huatulco, Mexico, was determined. We tested nine treatments that simulated controlled temperature conditions (21, 27 and 30 °C) and irradiance (32, 46 and 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) recorded in the area during 2007. The growth range in length and area for the valleys of the branches was 0.040 ± 0.027 ($\bar{y} \pm S$) mm and 0.063 ± 0.047 mm^2 ($\bar{y} \pm S$), while for the crests 0.077 ± 0.046 mm ($\bar{y} \pm S$) and 0.425 ± 0.237 mm^2 ($\bar{y} \pm S$). In the crests of the branches, the maximum growth in length and area was presented in the treatment of 21°C and 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, while the minimum was presented in the treatment 30°C and 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Regarding to the valleys of the branches, the maximum growth in length and area was presented under conditions of 30°C and 46 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, and in relation to the minimum growth this was presented in the treatment of 30°C and 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Under conditions of 21°C and 73 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, there was greater growth in length and area of the crests of the branches compared to that obtained under the temperature and irradiance of 30 °C and 32 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. In the valleys of the branches, higher growth in length and area occurred under experimental conditions of temperature and irradiance of 30°C and 32 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. It is clarified in a general way that *L. muelleri* follows to a differential growth between the crests and valleys of the branches, this generates rhodoliths in the fruticose growth form. Therefore, it is considered that in the previously published analyzes for rhodoliths with a fruticose growth form, the average growth values overestimated the growth in valleys and underestimated the growth in crests.

Key words: Cacaluta Island, Eastern Tropical Pacific, fruticose growth form, rhodoliths.

Dedicatoria

A mis padres y hermanos: mi
descanso, mi motivación, mis ganas
de vivir.

A mi abuelo Benjamín Rivera
Infante[†]: me acompañas
eternamente.

Al proyecto PROMEP 2IR1111 “Rodolitos en el Pacífico sur de México: especies formadoras, tasa de crecimiento individual e invertebrados asociados” por el financiamiento brindado para la realización de este proyecto.

Al Dr. Edgar Francisco Rosas Alquicira por dirigir esta tesis, por ser fuerza e impulso constante en el estudio de macroalgas y su doctrina en general. Además, por ser parte del grupo teatral universitario “*Garrobos Nostrum*”.

A la M. en C. Leticia Sánchez Estudillo por aceptar revisar este proyecto con gran entusiasmo y alegría. Reconozco que sus cuestionamientos, interesantísimos, fueron indispensables en esta tesis.

Al M. en C. Pablo Torres Hernández por aceptar revisar esta tesis. Por su, enseñanza, crítica y análisis constante de este proyecto.

Al M. en C. Alberto Montoya Marqués por aceptar revisar esta tesis, por su amistad y enseñanza, por charlas fascinantes sobre estadística, por ser parte de discusiones loables sobre vida marina.

Al Dr. Daniel León Álvarez, quien a pesar de la distancia, aceptó revisar esta tesis. Por su amistad y enseñanza, por fomentar el cuestionamiento constructivo de cualquier tema en cualquier situación.

A la Universidad del Mar por ser mi casa de estudios.

Al Laboratorio de Bentos y al M. en C. Gerardo E. Leyte Morales, por el espacio y equipo para la revisión de láminas petrográficas.

Al Laboratorio de Histología y al Dr. Francisco Benítez Villalobos por el espacio y equipo para la revisión de láminas petrográficas.

Al Dr. Andrés López Pérez por brindarme datos importantes para la realización de este trabajo

A los técnicos de laboratorios por su tiempo, consejos y apoyo sin condición: Amaury, Paulina, Oscar e Ibra.

A mis padres: María Dolores Ruvalcaba y Alejandro Rivera Nieto, por confiar y creer en mí, apoyar mis desiciones y siempre estar a mi lado. Son ustedes mi confianza, mis aliados: con ustedes todo, sin ustedes nada.

A mis hermanos: Cesar Alfonso Rivera Ruvalcaba, Erika Edna Rivera Ruvalcaba y Claudia Susana Rivera Ruvalcaba por ser mi fuerza y aliento, mi motivación diaria.

A mis Tíos: María Guadalupe Rivera y Sergio Samaniego por creer en mí y apoyarme incondicionalmente.

A amigos incondicionales: Amaury, Bob, Bell, Danay, Fernando, Itza, Julio, Malu y Karen, por su presencia, su música y risas tremendas.

A Luz Elva Vega Salvador por apoyarme y acompañarme en este camino, por su amor incondicional. Por calmar mi mente e iluminar mi camino.

A Holocene, por cientos de kilómetros recorridos, por observar el mar cada atardecer y disfrutar de Sigur Ros.

Índice

Introducción	1
Antecedentes	5
Hipótesis	10
Objetivos	11
<i>General</i>	11
<i>Específicos</i>	11
Material y método	12
<i>Área de estudio</i>	12
<i>Trabajo en laboratorio</i>	13
<i>Determinación taxonómica de L. muelleri</i>	13
<i>Instalación y seguimiento del cultivo de L. muelleri</i>	14
<i>Obtención de láminas petrográficas</i>	16
<i>Análisis de imágenes</i>	17
<i>Evaluación del crecimiento en longitud (mm) y área (mm²) entre valles y crestas de las ramas</i>	17
<i>Análisis estadísticos</i>	22
Resultados	23
<i>Crecimiento en longitud de valles y crestas en ramas</i>	23
<i>Crecimiento en área entre valles y crestas de ramas</i>	28
Discusiones	32
<i>Crecimiento diferencial entre crestas y valles de ramas</i>	32
<i>Crecimiento bajo condiciones de temperatura</i>	35
<i>Crecimiento bajo condiciones de irradiancia</i>	37

<i>Crecimiento en condiciones de temperatura e irradiancia promedio máximas, mínimas y anuales</i>	38
Conclusiones	40
Bibliografía	41
Anexos	46

Índice de figuras

Figura 1. Estructura interna dímera: filamento primigenio (A) y filamentos postígenos (B).....	3
Figura 2. Estructura interna monómera en alga coralina costrosa; región central (C), región periférica (P). Tomado de Johansen (1981).....	3
Figura 3. Anatomía vegetativa monómera en alga roja coralina no geniculada y ramificada: regiones centrales (C); región periférica (P); Región central en rama (rosa) y región meristemática intercalar (azul). Modificado de Cabioch (1988)....	4
Figura 4. Área de estudio: A) General: Huatulco, Oaxaca, México; B) Particular: Isla Cacaluta.	12
Figura 5. Diseño experimental en bloques con tres temperaturas: T1 ($30 \pm 1^\circ\text{C}$), T2 ($27 \pm 1^\circ\text{C}$) y control ($21 \pm 1^\circ\text{C}$), tres irradiancias IA ($73 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), IB ($46 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), IC ($32 \pm 5 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) con sus réplicas (R1, R2 y R3). Modificado de Peralta-García (2015).....	15
Figura 6. Detalle de rama con la cuadrícula utilizada para designar el área (línea roja; a) de crestas a medir <i>L. muelleri</i>	19
Figura 7. Detalle de rama con la cuadrícula utilizada para designar longitud (mm) por cuadrante (a) de cresta presente en rama de <i>L. muelleri</i>	19
Figura 8. Detalle de rama de rodolito de <i>L. muelleri</i> . con cuadrícula utilizada para medir en longitud y área de dos regiones: cresta (C) y el valle (V)	20

Figura 9. Medición del crecimiento en área (mm ²) flechas en negro y en longitud (mm) en ramas de <i>L. muelleri</i>	21
Figura 10. Crecimiento en longitud (mm), media e intervalos de confianza para la media, en crestas y valles de ramas de <i>L. muelleri</i>	25
Figura 11. Crecimiento en longitud, media e intervalos de confianza, de la cresta y valles de ramas de <i>L. muelleri</i> bajo tres condiciones de temperaturas (21, 27 y 30 °C).....	26
Figura 12. Crecimiento en longitud, media e intervalos de confianza, en crestas y valles de las ramas de <i>L. muelleri</i> bajo tres irradiancias (32, 46 y 73 μmol m ⁻² ·s ⁻¹).	27
Figura 13 Crecimiento, media e intervalo de confianza, en longitud (mm) de crestas (a) y valles (b) de ramas presentes en <i>L. muelleri</i> bajo el efecto de la interacción de tres temperaturas (21, 27 y 30°C) e irradiancias (32, 46 y 73 μmol m ⁻² ·s ⁻¹).....	28
Figura 14. Crecimiento en área, media e intervalos de confianza, entre crestas y valles de ramas presentes en <i>L. muelleri</i>	29
Figura 15. Crecimiento en área (mm ²), media e intervalos de confianza, en crestas y valles de las ramas de <i>L. muelleri</i> bajo tres temperaturas (21, 27 y 30°C).....	30
Figura 16. Crecimiento en área (mm ²), media e intervalo de confianza, entre crestas y valles de ramas de <i>L. muelleri</i> bajo tres irradiancias (32, 46 y 73 μmol m ⁻² ·s ⁻¹). Se muestran media e intervalos de confianza.....	31
Figura 17. Crecimiento, media e intervalo de confianza, en área (mm ²) de crestas (a) y valles (b) de ramas presentes en <i>L. muelleri</i> bajo el efecto de la interacción de tres temperaturas (21, 27 y 30°C) e irradiancias (32, 46 y 73 μmol m ⁻² ·s ⁻¹)..	32

Índice de tablas

Tabla 1. Estudios enfocados en la tasa de crecimiento de rodolitos en la región biogeográfica templada-fría Lüning (1990) en diferentes partes del mundo. Modificado de Foster (2001).....	6
Tabla 2. Valores de crecimiento promedio y error estándar en longitud (mm) y área (mm ²) en ramas de <i>L. muelleri</i> bajo las diferentes combinaciones de temperatura e irradiancia.....	24

Índice de anexos

Anexo 1. Caracteres vegetativos y reproductivos de <i>Lithothamnion muelleri</i> . Peralta-García (2015).....	46
Anexo 2. Valores de normalidad y homocedasticidad en el crecimiento en longitud (mm) valles y crestas de las ramas.	47
Anexo 3. Valores de normalidad y homocedasticidad en el crecimiento en área (mm ²) valles y crestas de las ramas.	47
Anexo 4. Resultados generales del análisis de medidas repetidas en unidades de área (mm ²)	48
Anexo 5. Resultados generales del análisis de medidas repetidas en unidades de longitud (mm)	48