

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE
Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

Sustentabilidad y tecnología

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)
Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

4G03: Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I
Determinación de la densidad de carbonato de calcio (CaCO_3) en abulones azules (*Haliotis fulgens*) expuestos a dos escenarios de acidificación, en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE, Baja California)

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Ing. en Biotecnología, Aldo Isaac Tiscareño Rodríguez

Dra. Victoria María Díaz Castañeda

Tlaquepaque, Jalisco, julio, 2023

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	4
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....	4
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto	5
1.2 Caracterización de la organización	10
1.3 Identificación de la(s) problemática(s)	10
1.4. Planeación de alternativa(s)	11
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	14
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	21
1.7. Bibliografía y otros recursos.....	22
1.8. Anexos generales	22
2. Productos	23
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	30
3.1 Sensibilización ante las realidades	30
3.2 Aprendizajes logrados	31

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (co-participación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.

El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).

El PAP es un proceso acotado en el tiempo en que los estudiantes, los beneficiarios externos y los profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores que enfrentan verdaderos problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, co-crear o transformar en distintos campos sociales.

El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las disimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.

El Reporte PAP consta de tres componentes:

El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, en donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo de este y la valoración de las incidencias en el entorno.

El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.

El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

El presente trabajo se enmarca dentro del Proyecto de Aplicación Profesional titulado "Determinación de la densidad de carbonato de calcio (CaCO_3) en abulón azul (*Haliotis fulgens*) expuestos a tres escenarios de acidificación, en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE, Baja California)". El objetivo fue evaluar la densidad de carbonato de calcio (CaCO_3) de conchas de *Haliotis fulgens*, cultivados en dos medios acidificados (con valores de pH de 7.8 y 7.5) durante 2, 4, 6 y 7 meses. Se realizó densitometría óptica para calcular la densidad y se compararon los datos obtenidos frente a un grupo control (pH 8.0). Los resultados revelaron una disminución significativa en la densidad de CaCO_3 en los individuos de *Haliotis fulgens* expuestos a los escenarios de acidificación en comparación con el grupo de control. Esta reducción en la densidad de CaCO_3 sugiere un efecto negativo de la acidificación en la capacidad de los abulones para construir y mantener su estructura calcárea, lo cual disminuye sus posibilidades de supervivencia.

1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa construyen sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

El PAP se realiza en el Departamento de Ecología Marina del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), en Baja California, México. El CICESE pertenece al sistema de centros públicos de investigación del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), fue creado en 1973 con el fin de contribuir a generar conocimiento que pueda coadyuvar en la solución de diversas problemáticas ambientales y socioeconómicas de México.

El Departamento de Ecología Marina se suscribe al Laboratorio de Bentos que dirige la Doctora Victoria Díaz Castañeda, especializada en el impacto en los bentos que tienen

diversas actividades de origen antropogénico, en México. En el laboratorio apoya la Maestra en Ciencias Marina Mondragón, especializada en el trabajo de campo como oceanóloga y como auxiliar técnico en el trabajo de laboratorio. Es en este laboratorio en el que el estudiante que cursa el PAP desarrolla las actividades relativas al proyecto de determinación de las densidades de carbonato de calcio (CaCO_3) en una especie de abulón en el contexto de la acidificación de los océanos. Además, se apoya en el Laboratorio Húmedo del Departamento de Acuicultura, realizando análisis biométrico de los organismos, mantenimiento de los tanques y desarrollo larvario. Esto con el fin de que el estudiante conozca a profundidad el organismo que estudia.

El tipo de proyecto que se realiza es documental y/o de tratamiento de datos, en el sentido en el que los experimentos fueron ya realizados y es necesario tratar e interpretar los resultados. El objetivo general del Proyecto se define como sigue a continuación:

Determinar las densidades de carbonato de calcio (CaCO_3) de conchas de una especie de abulón (*Haliotis fulgens*) expuesto a diferentes escenarios de acidificación.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Obtener los valores de densidades de carbonato de calcio (CaCO_3) en conchas de *Haliotis fulgens* sometidas a tres tratamientos de acidificación: pH control 8.0, 7.8 y 7.5, mediante densitometría óptica.
- Comparar las densidades del carbonato de calcio (CaCO_3) de las conchas de *Haliotis fulgens* entre los diferentes tratamientos aplicados.

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

En el presente Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) se desarrolla un protocolo de densitometría óptica en las estructuras calcáreas de una especie de abulón (*Haliotis fulgens*) propio de la península de Baja California, en México. Esto con el fin de determinar las densidades de carbonato de calcio (CaCO_3) de las estructuras mencionadas en el contexto de

la acidificación de los océanos. Además, con el objetivo de generar conocimiento directo del organismo, se trabaja en las labores de cultivo del abulón en un laboratorio de acuicultura.

El abulón es un molusco gasterópodo bentónico perteneciente al género *Haliotis*, altamente apreciado en el mercado mundial, principalmente asiático, por el sabor de su carne y valorado por su concha en la producción y comercio de joyería. Su crecimiento es lento y tiene un periodo de vida largo (30 a 50 años); la tasa de supervivencia es de apenas 3%. Lo antes mencionado le confiere un alto valor económico que ha generado el desarrollo de importantes zonas pesqueras y plantas de acuicultura alrededor del mundo [1]. En la figura 1 se muestran organismos vivos de la especie *Haliotis fulgens*, fotografiados durante una jornada de trabajo biométrico en una planta de cultivo.



Figura 1. Abulón azul (*Haliotis fulgens*) procedentes de una planta de acuicultura en el poblado de Eréndira, Baja California.

La acidificación de los océanos es un fenómeno que ha generado atención en las últimas dos décadas debido a su efecto negativo en diversos ecosistemas marinos. Puede afectar la fisiología de muchos organismos, y específicamente en los abulones, se puede afectar su desarrollo, sistema inmune, reproducción, tasa de crecimiento y, en última instancia, su supervivencia. A medida que disminuye el pH del océano, los abulones pueden experimentar dificultades para desarrollar el proceso de biomineralización, mediante el cual construyen y

mantienen sus conchas, y esto les hace ser presas más fáciles para depredadores, y más propensos a desarrollar enfermedades relacionadas a bacterias y virus [2].

El impacto potencial de la acidificación del océano en las poblaciones de abulón en Baja California plantea una preocupación importante para las comunidades e industrias pesqueras locales. De acuerdo a datos obtenidos del Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2021 de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, el abulón se encuentra en el lugar número 13 de las especies pesqueras exportadas, lo cual demuestra la gran importancia socioeconómica que tiene [3]. Sin embargo, el cambio climático (que involucra el aumento de la acidificación y temperatura de los océanos), la pesca furtiva, el comercio ilegal y la falta de inversión en instrumentos legales, investigación y desarrollo de tecnología en materia de procesos de acuicultura han disminuido la pesca, producción y cultivo final del molusco [4]. El estado de deterioro poblacional de este especie impacta directamente en las cadenas tróficas asociadas al organismo, lo cual finalmente tiene consecuencias en la calidad socioeconómica de las poblaciones humanas asociadas a otras actividades marítimas.

Es en este contexto en el que se desarrolla el proyecto de determinación de los efectos en la calcificación de conchas de abulón, a través de la determinación de las densidades de carbonato de calcio (CaCO_3), en el Departamento de Ecología Marina del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), en Baja California, México. El proyecto forma parte de una convocatoria internacional de investigación que lanzó la International Atomic Energy Agency (IAEA) en 2019 y que lleva como nombre: “Evaluating the Impacts of Ocean Acidification on Seafood - A Global Approach (K41018)”. El trabajo descrito en este texto también forma parte de un grupo de proyectos desarrollados en CICESE, todos bajo el mismo programa internacional, y que se suscriben bajo el nombre de “The Impact of Ocean Acidification on the Physiological and Transcriptomic Response of Abalone Species *Haliotis rufescens* and/or *Haliotis fulgens* in the Pacific Coast of Mexico”. El trabajo del presente texto involucra el tratamiento de los resultados obtenidos a partir de un experimento realizado durante aproximadamente 8 meses, del 22 de febrero al 14 de octubre del 2022. Para el estudio se consideró un tiempo de 7 meses como unidad de tiempo final. Durante este periodo se colocaron 1, 260 abulones vivos de las especies *Haliotis*

rufescens y *H. fulgens* en tres tratamientos distintos, variando el pH entre ellos, siendo de 8.0 (control), 7.8 y 7.5, y manteniendo parámetros fisicoquímicos como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y concentración de amonio. El trabajo se centra únicamente en la determinación de las densidades de la especie *H. fulgens* en estos tratamientos, comparando abulones al inicio del experimento (“tiempo cero”) y otros extraídos a los 2, 4, 6 y 7 meses respectivamente. Este tipo de experimento no se ha realizado con anterioridad, específicamente en esta especie y bajo los parámetros descritos, debido principalmente a la duración del mismo, por tanto, esta problemática se ha abordado atendiendo a experimentos similares en otro tipo de moluscos o especies del mismo género o que produzcan estructuras calcáreas, como por ejemplo especies de corales o de poliquetos (gusanos marinos).

Como se mencionó anteriormente, a la vez que se realizan los procedimientos para el tratamiento de los datos, se apoya en el Laboratorio Húmedo (figura 2) del Departamento de Acuicultura, en el que se trabaja directamente con diferentes especies de abulones, como abulón negro (*Haliotis cracherodii*), abulón azul (*Haliotis fulgens*), rojos (*Haliotis rufescens*) y amarillos (*Haliotis corrugata*). Esto con el fin de conocer mejor el ciclo de vida del organismo, desde la etapa larval hasta su maduración, así como los procedimientos para su cultivo y aprovechamiento. En el laboratorio se realizan labores de mantenimiento, alimentación, limpieza de los tanques de cultivo y reproducción de organismos. De acuerdo con los técnicos a cargo, el laboratorio cumple con las operaciones necesarias para facilitar la investigación y el desarrollo de varios proyectos, tanto para el Departamento de Acuicultura, como para otros departamentos, como el de Ecología Marina. Algunos de estos proyectos involucran esfuerzos para realizar repoblaciones y/o proveer el equipo para ejecutar translocaciones (el traslado de especímenes desde una determinada área silvestre hacia otra con fines ecológicos).



Figura 2. Sección de acuicultura de abulón del Laboratorio Húmedo, Departamento de Acuicultura, en CICESE.

De acuerdo con lo aprendido durante las asesorías con las investigadoras a cargo del proyecto, determinar las densidades de carbonato de calcio (CaCO_3), la integridad y la estructura de las conchas en abulones permite estudiar su vulnerabilidad frente al escenario de acidificación de los océanos que implica la crisis climática. Los beneficios de tal investigación se determinan en función de las diferentes problemáticas que la sobreexplotación de los recursos de la mano de la crisis climática plantean: los pescadores sobreexplotan la captura de abulón silvestre, lo cual disminuye sus poblaciones en el tiempo, debido a que es una especie de lento desarrollo. El desarrollo de acuicultura en la que se utiliza agua de mar para cultivar a los moluscos corre el riesgo de disminuir su pH debido al fenómeno descrito y esto amenaza directamente a las plantas productoras a adaptarse e incrementar sus costos para adaptar el agua utilizada; y la sobreexplotación y disminución de las poblaciones de abulón amenaza diferentes cadenas tróficas y subsecuentes deterioros ecosistémicos. El conocimiento obtenido a través de este estudio posibilita que la toma de decisiones que desarrollen los actores sociales involucrados en la pesca, cultivo, procesamiento, comercio e incluso en el consumo de abulón, les beneficie en diferentes

niveles socioeconómicos además de socioambientales, impactando directamente en su calidad de vida.

1.2 Caracterización de la organización

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, con siglas CICESE, está ubicado en Carretera Ensenada - Tijuana No. 3918, Zona Playitas, C. P. 22860, Ensenada, Baja California, México. El CICESE es parte del sistema de centros públicos de investigación del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y se estableció en 1973 con el propósito de generar conocimiento para abordar diversas problemáticas ambientales y socioeconómicas en México. Su misión, visión y objetivos gravitan en torno a generar conocimiento y tecnología que ayuden a resolver problemas universales, nacionales y regionales, mediante la realización de investigación básica y aplicada, así como la formación de recursos humanos a nivel posgrado en diversas disciplinas, como ciencias biológicas, físicas, de la información, del mar y de la Tierra [5].

El Centro se conforma de 14 Departamentos y 4 Divisiones que corresponden a: Ciencias de la Tierra, Física Aplicada, Oceanología, y Biología Experimental y Aplicada. En CICESE participan investigadores, técnicos y estudiantes, de Maestría y Doctorado de diversos Posgrados, así como personal capacitado para llevar a cabo labores de obtención de conocimiento a través de la ciencia, la educación y el desarrollo tecnológico. El PAP se desarrolla en el Departamento de Ecología Marina de la División de Oceanología, bajo la dirección de la Doctora Victoria María Díaz Castañeda, especialista en Ecología de bentos y en estudios de cambio climático, particularmente el impacto de la acidificación del océano en diferentes especies de organismos marinos.

1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

La acidificación de los océanos representa una de las problemáticas que conciernen al escenario del cambio climático. Esta situación se debe a que el CO₂ atmosférico, producto principalmente de actividades antropogénicas, reacciona con el agua marina para formar

ácido carbónico, lo cual disminuye el pH del agua de mar, ocasionando diversas alteraciones en la ecología marina [6].

Determinar las respuestas de diversos organismos de importancia tanto ecológica como comercial frente al efecto de la acidificación de los océanos puede proporcionar herramientas para el diseño de estrategias de mitigación de impacto ambiental sobre estas especies y las que circundan sus ciclos de vida. Esta gestión de los riesgos ambientales puede a la vez proporcionar a las empresas, consumidores y población en general beneficios en materia de salud y economía, traducido en un incremento en los índices de calidad de vida.

Se pretende conocer, a través del análisis de datos provenientes de un diseño experimental, la respuesta fisiológica relativa a la biomineralización de una especie de molusco llamado comúnmente abulón azul (*Haliotis fulgens*), frente a la disminución del pH del medio marino. Estos gasterópodos marinos poseen un alto valor en el mercado internacional y representan una de las poblaciones animales en deterioro debido al cambio climático, la pesca furtiva y la falta de inversión en procesos de acuicultura [4].

La técnica que se usa para determinar la densidad de las conchas no se ha encontrado que se haya utilizado en abulones, ya que fue adaptada de una técnica utilizada en corales, y por tanto tampoco se han encontrado resultados orientados específicamente a la especie de molusco tratado. Por tanto, las principales diferencias entre lo realizado por el estudiante y lo realizado anteriormente en el mismo contexto de investigación, es principalmente la especie estudiada.

1.4. Planeación de alternativa(s)

A continuación se presentan de manera breve las metodologías que se pretenden llevar a cabo.

Densitometría óptica

Existen diversas técnicas para la determinación de las densidades de carbonato de calcio (CaCO_3) en organismos marinos que desarrollan procesos de biomineralización. La utilizada en este proyecto se conoce como densitometría óptica, y fue adaptada de la técnica utilizada para la misma determinación en una especie de coral. La técnica consiste en la aplicación de rayos X y la obtención de imágenes de las estructuras calcáreas de determinado organismo, para luego, mediante un software especializado en análisis de imágenes (ImageJ) y la utilización de fragmentos de *Tridacna* de diferente grosor que se usan como estándares, se trazan transectos de la sección más vieja a la más joven (figura 3), y se obtienen gráficas de densidad óptica, con las cuáles, mediante una hoja de cálculo previamente formulada para la determinación mencionada para corales, es posible calcular las densidades de carbonato de calcio (CaCO_3). Para este caso en específico se aplicaron mamografías (un tipo de rayos X) a las conchas de acuerdo a los diferentes tratamientos. Se eligió esta técnica ya que se han obtenido resultados confiables en su aplicación en otras especies y se busca también conocer su efectividad en el organismo estudiado.

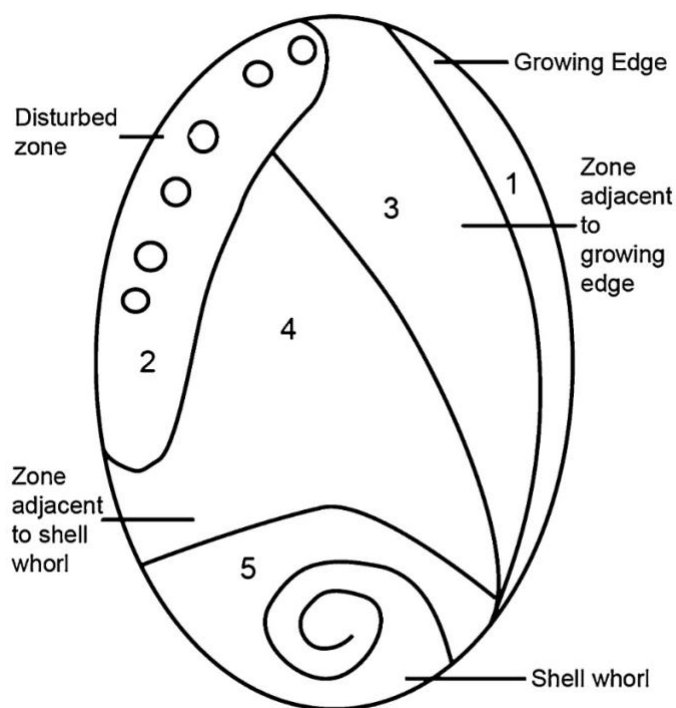


Figura 3. Patrones de zonificación de concha de abulón. La zona 1 es la zona más joven, mientras que la 5 es la más vieja. La zona 2 es la zona que sufre más abrasiones por el choque contra rocas u otras conchas [7].

Trabajo en el Laboratorio Húmedo

El Laboratorio Húmedo del Departamento de Acuicultura funge como un espacio en el que se realizan diferentes actividades en torno a organismos marinos de la región de Baja California. En él, se cultivan diferentes especies de microalgas, tanto con fines experimentales como con fines relativos a la acuicultura; también se cultivan diversas especies animales, de igual manera, con diferentes objetivos. En una sección particular del laboratorio se cultivan las especies de abulones mencionadas con anterioridad, de manera que otros departamentos de CICESE pueden aprovechar y realizar experimentación orientada a estos organismos. Las principales labores que se realizan son de mantenimiento de los sistemas acuáticos: limpieza, alimentación, extracción de organismos muertos, evaluación cuantitativa de nitritos y nitratos, y salidas a plantas comerciales de cultivo de abulón y plantas de crecimiento de una especie de macroalga conocida como ulva (*Ulva lactuca*).

A continuación, se muestra el cronograma de actividades relativas al desarrollo y conclusión del Proyecto.

Tabla 1. Cronograma de actividades previstas para la realización del PAP.

Nombre de la actividad	Recursos	Tiempo (días)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Determinación de densidades de carbonato de calcio (CaCO ₃)	AV, AM, AF, EB	20								
Tratamiento de datos	AM, EB	20								
Apoyo técnico en Laboratorio Húmedo	AF, EB, LH	20								
Presentar el avance 4 al director		1								
Presentación final oral		1								

Tabla 2. Abreviaturas de los recursos señalados en el cronograma de actividades.

Recursos utilizados	
<i>Abreviatura</i>	<i>Significado</i>
AV	Asesoría Dra. Victoria Díaz
AM	Asesoría técnica Marina Mondragón
AF	Asesoría Dra. Fabiola Lafarga
TP	Trabajo personal
LH	Laboratorio Húmedo
EB	Equipo biométrico, software ImageJ

1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

A continuación se describen las maneras en las que las actividades planificadas fueron realizadas y que corresponden al cálculo de las densidades de carbonato de calcio (CaCO_3) a través de densitometría óptica y las labores dentro del Laboratorio Húmedo.

Densitometría óptica

Las primeras cuatro semanas del curso se realizaron los cálculos necesarios para la obtención de las densidades de carbonato de calcio (CaCO_3) de los abulones que fueron estudiados en el marco experimental descrito con anterioridad. Estos cálculos se obtuvieron desarrollando la metodología siguiente (representada por un ejemplo):

1. Se identificó la laminilla mamográfica (figura 4) del tratamiento y la concha de abulón a trabajar.

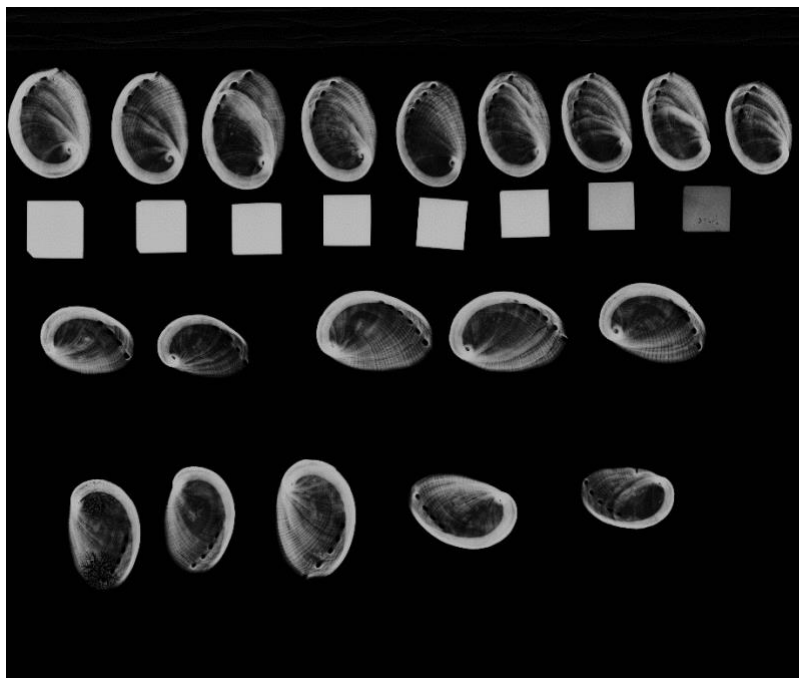


Figura 4. Mamografía de abulones azules (*Haliotis fulgens*), unos correspondientes al tiempo cero, y otros sometidos a pH de 7.8 durante 2, 4, 6 y 7 meses. Los cuadrados son los estándares de la densidad óptica.

2. En ImageJ, se abrió la laminilla correspondiente al tratamiento, se ajustó la escala de acuerdo a la longitud conocida (1.6 cm) de uno de los cuadros blancos (estándares) y se configuró la unidad de medida en centímetros.
3. Se registraron los valores de densidad óptica de los nueve estándares cuadrados, trazando un cuadrado en sus centros y mediante la función “Measure”.
4. En una plantilla de Excel previamente desarrollada para el cálculo se pegaron los valores registrados anteriormente. Se obtuvo una curva de calibración de densidad óptica, que fue configurada para obtener el mejor ajuste lineal.
5. A continuación, se realizaron las mediciones digitales para cada una de las conchas, trazando un transecto a lo largo de la sección de crecimiento del abulón, de la sección más joven a la más vieja (figura 2 y 5), y se comparó lo medido en ImageJ con lo medido utilizando un vernier. Además, se midió el grosor promedio de la concha con el mismo vernier.

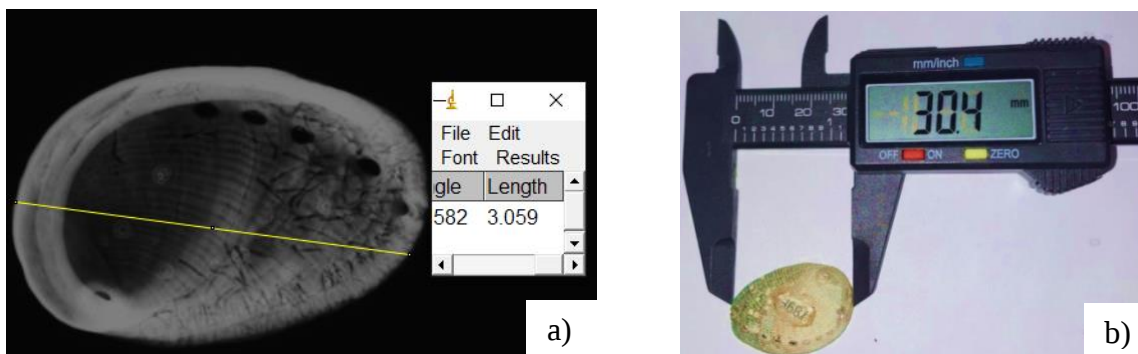


Figura 5. a) Ejemplo de transecto realizado en ImageJ (valor “Length” en cm). b) Medición realizada con vernier (mm) en abulón azul (*Haliotis fulgens*). La cercanía entre los valores indica una calibración aceptable de ambos instrumentos.

6. Una vez realizado esto, se obtuvo un gráfico de densidad óptica (figura 6) en el que se aprecia la cantidad de luz que la concha deja pasar de acuerdo a su espesor y a lo largo del transecto.

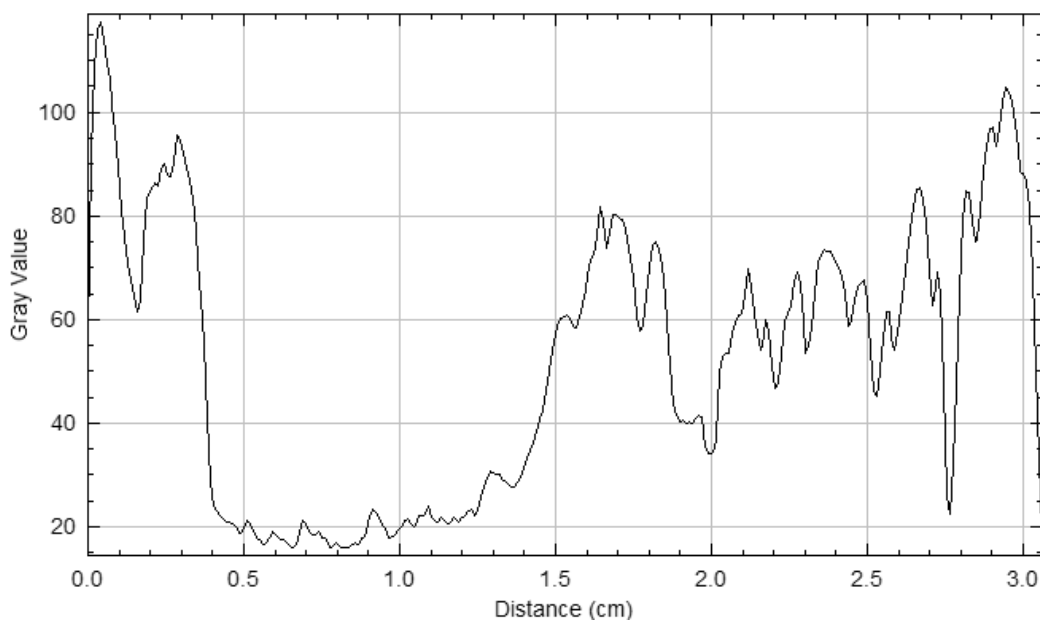


Figura 6. Ejemplo de un gráfico de densidad óptica obtenido en ImageJ. En el eje ‘x’ se obtiene distancia (cm) y en el ‘y’ valores de densidad óptica a lo largo del transecto trazado.

7. Utilizando una opción para obtener los valores de distancia (eje ‘x’) y densidad óptica (eje ‘y’) en forma de listado por columnas, éstos se copiaron y pegaron en la plantilla de Excel mencionada anteriormente.

8. Se agregó en la hoja de Excel el valor del grosor promedio de la concha, previamente medido con vernier (paso 5), y utilizando la misma plantilla, se calculó de la densidad (g/cm^3) de la concha a lo largo del transecto.
9. Una vez obtenida la densidad, se siguieron una serie de pasos dentro de la plantilla de Excel, que involucran la manipulación de valores (copiar y pegar en diversas columnas) como la longitud de la concha (cm), las densidades a lo largo del transecto, y los promedios mínimos y máximos de densidad, para la obtención promedio final de la densidad de carbonato de calcio (CaCO_3) en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3).
10. Este procedimiento se repitió para 50 conchas de abulón azul, que corresponden a los diferentes tratamientos aplicados.

Cabe mencionar, al respecto de esta técnica, que el tiempo, a pesar de ser una variable de interés para la totalidad del diseño experimental, no se considera en el caso particular de este estudio, ya que involucrar el tiempo correspondería a los cálculos necesarios para la obtención de tasas de calcificación, lo cual requiere de un análisis comparativo que no se suscribe a los objetivos del estudio latente.

Comparación de tratamientos

Una vez los valores de densidades de carbonato de calcio fueron obtenidas, verificadas, corregidas, y finalmente validadas frente a valores obtenidos por la M. C. Marina Mondragón, se realizó la comparación de los tratamientos mediante un análisis gráfico.

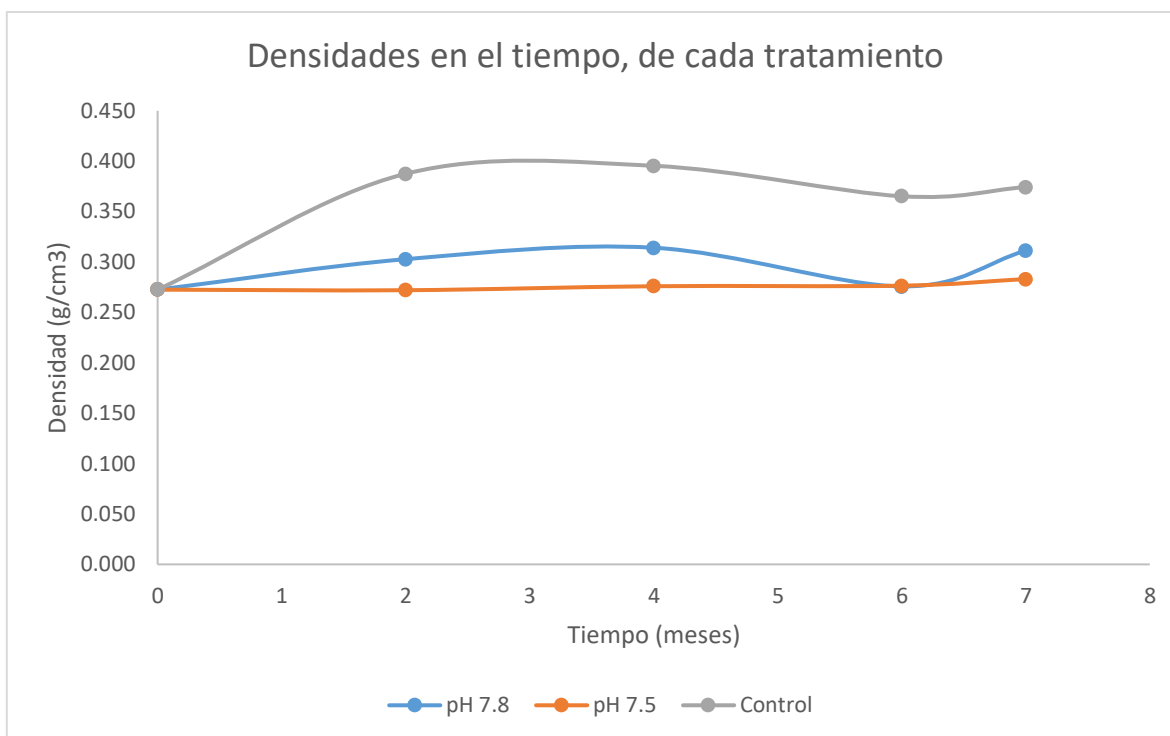


Figura 7. Comparación de las densidades de carbonato de calcio en las conchas de abulón azul (*H. fulgens*) calculadas para cada uno de los tratamientos en el tiempo.

Cada uno de los puntos que se observan en la figura 7 representa el promedio de densidad de las conchas por mes (tiempo cero, 2, 4, 6 y 7 meses). A simple vista es posible observar cómo al inicio del experimento (tiempo cero) todos los abulones poseen la misma densidad, mientras que hacia el segundo mes, los abulones del tratamiento control (pH 8.0) incrementan significativamente la densidad frente a los otros dos tratamientos de pH (7.8 y 7.5), y se mantiene constante hacia los 6 meses, cuando ocurre un decremento, tanto en la densidad del control como en la de pH 7.8. Es importante mencionar que existe una variación en el número de organismos de los cuales se calcularon valores de densidad, de modo que siempre los promedios son valores obtenidos de una cantidad variable de organismos. Por ejemplo, el promedio de densidad calculado para el tratamiento de pH 7.8 a los 6 meses, se obtuvo de tres organismos, mientras que el calculado para el tratamiento control en el mismo tiempo, se obtuvo de cinco. Esta variación entre la cantidad de organismos utilizados para calcular los valores de densidad puede representar un aspecto a considerar para el análisis comparativo, ya que se considera que a mayor número de muestras, mayor representación de los resultados a analizar. La variación entre el número de organismos se produjo debido a

que durante el experimento se extrajeron las conchas de abulones que fueron muriendo dentro de un rango máximo de dos semanas dentro de los tiempos experimentales (2, 4, 6 y 7 meses).

Trabajo en el Laboratorio Húmedo

A partir de la tercera semana comenzaron las labores de apoyo en el Laboratorio Húmedo del Departamento de Acuicultura, de la División de Oceanología. En el laboratorio se realizaron varios recambios de agua, tanto de tanques con larvas que eclosionaron un día antes, como de tanques con abulones adultos; se midió la temperatura del agua constantemente, la cual osciló entre 18.5 y 20 °C, y se observó larva de abulón al microscopio, con objetivos de 4X y 10X (figura 8).

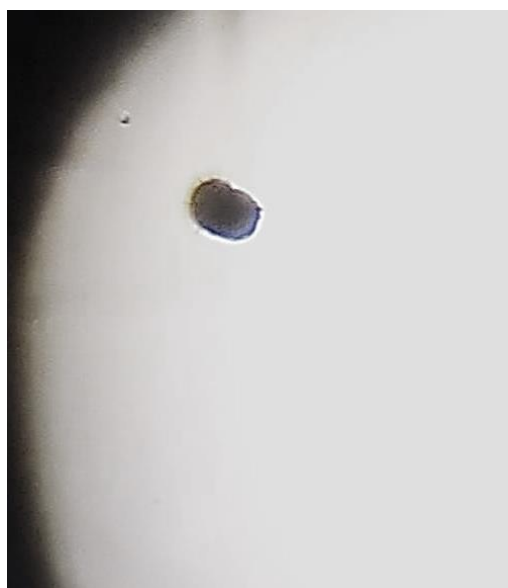


Figura 8. Larva de abulón con un día de edad. Observación en microscopio con objetivo 10X. En un vistazo detallado se aprecian los tentáculos epipodiales en la parte superior izquierda.

Se realizaron mediciones para determinar las concentraciones de nitritos y nitratos en un sistema cerrado de cultivo de abulón (figura 9) mediante un método cuantitativo.



Figura 9. Sistema cerrado de cultivo de abulón juvenil. El agua circula entre los tanques de arriba hacia abajo, entra a un filtro y sube de nuevo hacia los tanques superiores.

Para este sistema se determinaron las concentraciones de nitritos y nitratos mediante el uso de un kit marca Mars Fishcare, que consiste en la aplicación de una cantidad conocida de gotas a un volumen conocido de las muestras, de manera que se produce una coloración indicativa de las concentraciones de nitritos y nitratos (figura 10).



a)



b)

Figura 10. a) Reactivos para cada una de las pruebas analíticas: nitratos y nitritos. b) Las muestras se comparan con un tabulador colorimétrico para determinar concentración de los compuestos en partes por millón (ppm).

De acuerdo con una de las técnicas encargadas de la sección de cultivo de abulón dentro del Laboratorio Húmedo, esta determinación es importante debido a que los compuestos pueden disminuir la probabilidad supervivencia de los organismos, ya que suspendidos en agua y

bajo ciertas condiciones de pH y temperatura, estos compuestos nitrogenados pueden obstruir procesos respiratorios y dañar ciertas partes de los abulones.

1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

Se obtuvieron los diferentes valores de densidades de carbonato de calcio (CaCO_3) en conchas de *Haliotis fulgens* sometidas a tres tratamientos de acidificación: pH control 8.0, 7.8 y 7.5, mediante una técnica adaptada de mamografía y densitometría óptica aplicada a corales. Se compararon las densidades de las conchas de *Haliotis fulgens* entre los tratamientos aplicados y se determinó que los abulones del tratamiento control poseen densidades mayores frente a los otros tratamientos, lo cual representa una ventaja metabólica para estos organismos. Se determinó que un decremento del pH del agua de mar en el orden de las décimas es capaz de afectar significativamente el desarrollo apropiado del abulón azul (*H. fulgens*), lo cual es importante para demostrar que el aumento en la concentración de CO_2 en el medio marino afecta negativamente a esta especie de alto valor comercial. Esta información, corresponde a una pequeña parte de la totalidad del proyecto de investigación, mediante el cual se pretende construir conocimiento que permita tomar decisiones respecto de la adaptación del organismo al medio natural y a su cultivo y aprovechamiento humano.

Un ejemplo del alcance del conocimiento obtenido y sus aplicaciones posibles, es que de acuerdo a estimaciones comparativas, utilizando información proveniente de una persona encargada del trabajo técnico dentro del laboratorio, fue posible observar que tentativamente sí existe variación en la respuesta fisiológica entre las especies de abulón azul y rojo. Esto, por ejemplo, representaría información importante para realizar tanto cultivo de abulón a escala comercial, como translocaciones de los organismos en determinado contexto ecológico en el medio marino.

Los aspectos que no se alcanzaron a realizar o que se alcanzaron a realizar pero no formaron parte de este trabajo, y que sin embargo sí forman parte de la totalidad de las etapas del proyecto, son las siguientes: realizar la determinación de las tasas de calcificación en otra especie de abulón (*Haliotis rufescens*), para realizar una comparación interespecie; realizar microscopía electrónica de Barrido para la obtención de información acerca de la integridad

de las conchas y observar si hay erosión debido a la acidificación; aplicar un protocolo de difracción de rayos X en polvo de conchas de las dos especies de abulón mencionadas, con el fin de conocer la composición mineral de las estructuras; obtener las tasas de calcificación de los organismos (incluir la variable del tiempo en el análisis) y comparar entre especies; realizar un análisis estadístico de los resultados obtenidos, comparando las desviaciones estándar de cada tratamiento y cada tiempo, considerando en el análisis la cantidad de muestras por tratamiento y mes; y realizar una comparación entre los diversos tamaños de las conchas y los tratamientos aplicados.

1.7. Bibliografía y otros recursos

- [1] P. D. V. García, Cambios históricos en las poblaciones de abulón azul y amarillo en la península de Baja California, La Paz, Baja California Sur, 2016.
- [2] M. H. X. L. W. Y. C. K. Xiaoyu Guo, Effects of one-year exposure to ocean acidification on two species of abalone, Elsevier, 2022.
- [3] Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, «Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2021,» 2021.
- [4] R. U. C. Aguirre, «Abulón: Entre nuevas progenies para engorda y la restauración de bancos naturales,» Ensenada, 2019.
- [5] CICESE, «Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California,» S. F.. [En línea]. Available: <https://www.cicese.edu.mx/welcome/acerca/>. [Último acceso: 2023].
- [6] F. J. M. H.-A. R. S.-Á. y. A. S. V.-R. Paz-Pellat, «Estado del Ciclo del Carbono: Agenda Azul y Verde. Programa Mexicano del Carbono,» Texcoco, Estado de México, México, 2019.
- [7] G. M. B. D. F. G. W. M. D. R.-A. D. P. Zannè Zeeman, «Comparing community structure on shells of the abalone *Haliotis midae* and adjacent rock: implications for biodiversity,» *Marine Biodiversity*, 2013.
- [8] OpenAI, «DALL-E,» 2023. [En línea]. Available: <https://labs.openai.com/>. [Último acceso: Junio 2023].

2. Productos

Se desarrolló un manual experimental en el que se describe la metodología para determinar si utilizar un medidor de espesor ultrasónico puede arrojar valores tanto de longitud como de espesor de conchas de abulón con mayor precisión, rapidez, confiabilidad y tentativamente mejor relación costo-beneficio a largo plazo, comparándola frente a las metodologías actuales. El título de este manual es: “*Manual de validación experimental para la utilización de un medidor de espesor ultrasónico en conchas de abulón*”. El producto se realizó en el contexto de la petición de la Dra. Fabiola Lafarga, del Departamento de Acuicultura, de mejorar las metodologías para realizar biometrías de abulón. Varios trabajos de investigación enfocados en el estudio de abulón, tanto de varios estudiantes como de algunos investigadores, han presentado problemas para determinar las longitudes y espesores de los abulones, ya que su forma cóncava y elíptica dificulta que los instrumentos que se utilizan actualmente, como verniers, plataformas de medición, hojas milimétricas, reglas y/o cintas milimétricas dependen de manera considerable de la operación que realice la persona que mide, así como de la percepción de ésta. Durante la realización de las mediciones pertinentes para el tratamiento de datos del presente trabajo, el estudiante experimentó estos problemas directamente. En este mismo contexto, la Dra. Victoria Díaz comentó la posibilidad de adquirir un vernier para estructuras cóncavas, lo que, aunado a la petición de la Dra. Lafarga, orientó al estudiante al desarrollo de bosquejos protocolarios y búsqueda de equipos de medición adecuados para el fin propuesto. A continuación, se detalla la ficha descriptiva del producto desarrollado.

Ficha descriptiva del producto desarrollado

Nombre y código del PAP	4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I
Nombre del proyecto	Determinación de la densidad de carbonato de calcio (CaCO_3) en abulón azul (<i>Haliotis fulgens</i>) en dos escenarios de acidificación ante el cambio climático, en el Centro de

	Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE, Baja California)
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	Es un documento que explica la metodología para realizar un protocolo experimental con el fin de determinar si utilizar un medidor de espesor ultrasónico puede disminuir el error que se presenta al momento de medir longitudes y espesores en conchas de abulón. Se desarrollo para el CICESE, para los Departamentos de Ecología Marina y Acuicultura.
Autores:	Aldo Isaac Tiscareño Rodríguez

Manual de validación experimental para la utilización de un medidor de espesor ultrasónico en conchas de abulón.

Resumen

Se describe la metodología para determinar si utilizar un medidor de espesor ultrasónico puede arrojar valores tanto de longitud como de espesor de conchas de abulón (*Haliotis spp.*) con mayor precisión, rapidez, confiabilidad y tentativamente mejor relación costo-beneficio a largo plazo, comparándola frente a las metodologías actuales. La metodología no se ha llevado a cabo, y por tanto los resultados son desconocidos.

Introducción

Los medidores de espesor ultrasónicos se utilizan ampliamente en diversas industrias para realizar pruebas no destructivas y medir el espesor de varios tipos de materiales. Estos medidores utilizan el principio de ondas ultrasónicas para determinar el espesor de los materiales. El principio de funcionamiento implica la transmisión y recepción de ondas ultrasónicas a través del material: cuando el transductor genera un pulso ultrasónico, se propaga a través del material, y se refleja cuando encuentra un cambio en la impedancia acústica (figura 1). Este cambio de impedancia puede ocurrir en la interfaz entre diferentes

materiales (un borde, discontinuidad, fractura o grieta), como entre un recubrimiento y un sustrato, o dentro del material debido a variaciones en la densidad o el espesor. El medidor mide el tiempo que tarda el pulso ultrasónico en viajar a través del material, encontrarse con la impedancia acústica y regresar. Según la velocidad conocida del sonido en el material, que generalmente se calibra para materiales específicos, el medidor puede calcular el grosor del material. La precisión de la medición depende de varios factores, incluida la calibración del medidor para el material específico que se vaya a medir, el acoplamiento adecuado entre el transductor y la superficie del material, y la ausencia de obstrucciones o espacios de aire que puedan afectar la transmisión y recepción de las ondas ultrasónicas. La calibración de los medidores de espesor ultrasónicos puede realizarse de dos maneras: conociendo la velocidad de propagación (m/s) de la vibración dentro de determinado material y colocando tal valor en el equipo, o conociendo el espesor del material (mm o cm) y realizando ciertas mediciones que permitan al equipo registrar el valor de la velocidad de propagación de la onda, para después, realizar la medición del espesor [1].

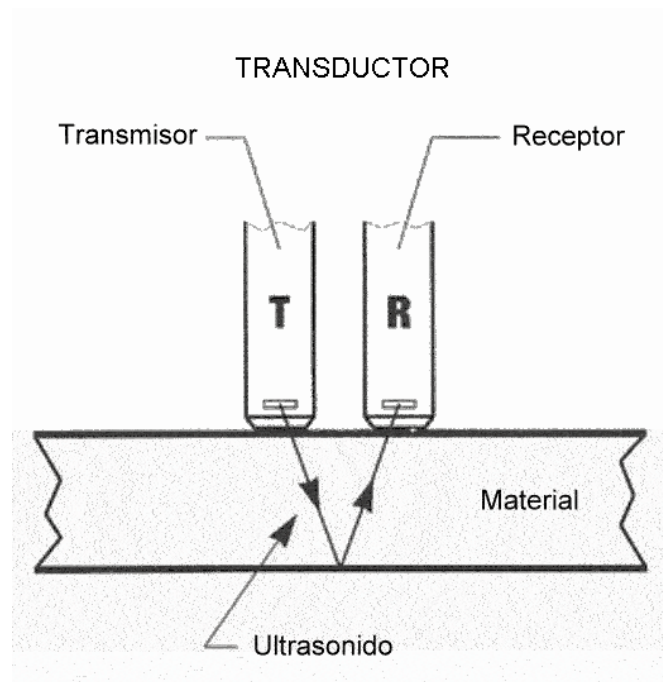


Figura 11. Diagrama que muestra el funcionamiento del transductor en la parte sensitiva del medidor ultrasónico [2].

Con el fin de conocer las secciones de las conchas de abulón y reconocer los posibles sitios en los que es posible realizar mediciones se propone observar la figura 2.

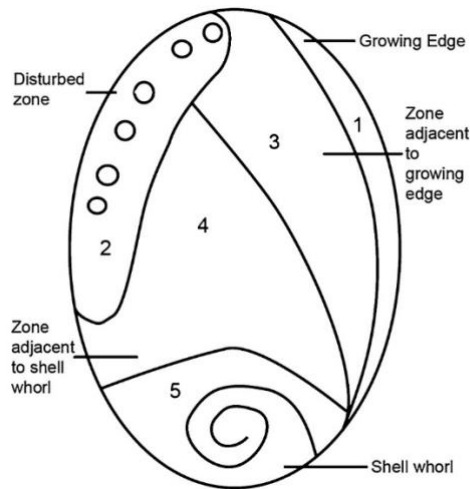


Figura 12. Patrones de zonificación de concha de abulón. La zona 1 es la zona más joven, mientras que la 5 es la más vieja. La zona 2 es la zona que sufre más abrasiones por el choque contra rocas u otras conchas [3].

Para realizar las mediciones correspondientes a la longitud, como se describe más adelante, se requiere reconocer que la sección 5 representa la parte más vieja del abulón, además de que presenta un abultamiento vertical más prominente que otras secciones. Otro tipo de características por sección, también deben considerarse para contextualizar las mediciones, como las zonas que más sufren abrasiones o cambios morfológicos en el tiempo.

Los estándares utilizados para realizar la metodología experimental consisten de ocho piezas del material calcáreo de *Tridacna spp.* (figura 3), una especie de almeja gigante de la cual se extrajeron estas estructuras para realizar un protocolo de densitometría óptica aplicado a corales. Estas estructuras representan una aproximación confiable al material que se quiere medir, ya que ambas estructuras (*Tridacna* y conchas de abulón) se componen de isomorfos del carbonato de calcio (CaCO_3) [4].



Figura 13. Estructuras calcáreas de *Tridacna* de espesores conocidos con posibilidad de ser utilizados como estándares para la calibración del medidor de espesor ultrasónico.

Justificación

Este manual se realizó en el contexto en el que la Dra. Fabiola Lafarga, del Departamento de Acuicultura del CICESE, pidió al estudiante Aldo Tiscareño mejorar las metodologías para realizar biometrías de abulón. Varios trabajos de investigación enfocados en el estudio de abulón, tanto de varios estudiantes como de algunos investigadores, han presentado problemas para determinar las longitudes y espesores de los abulones, ya que su forma cóncava y elíptica dificulta que los instrumentos que se utilizan actualmente, como verniers, plataformas de medición, hojas milimétricas, reglas y/o cintas milimétricas dependen de manera considerable de la operación que realice la persona que mide, así como de la percepción de ésta. Durante la realización de las mediciones pertinentes para el tratamiento de datos del presente trabajo, el estudiante experimentó estos problemas directamente. En este mismo contexto, la Dra. Victoria Díaz comentó la posibilidad de adquirir un vernier para estructuras cóncavas, lo que, aunado a la petición de la Dra. Lafarga, orientó al estudiante al desarrollo de bosquejos protocolarios y búsqueda de equipos de medición adecuados para el fin propuesto.

Objetivo general

Determinar si un medidor de espesor por ultrasonido es capaz de proporcionar datos precisos sobre el grosor y/o longitud de conchas de abulón.

Objetivos específicos

- Realizar una calibración adecuada del sensor utilizando estándares de Tridacna de espesores conocidos, validar los valores de espesor obtenidos y registrar la velocidad (m/s) de propagación de la onda ultrasónica en la Tridacna.
- Medir 5 abulones, 10 veces cada uno y registrar sus valores de espesor y longitud utilizando el medidor de espesor por ultrasonido y comparar estadísticamente los valores frente a mediciones realizadas con vernier.

Materiales

- 5 conchas de abulón
- Vernier

- Medidor de espesor ultrasónico
- Gel de contacto
- Estándares de Tridacna

Metodología

Longitud

1. Calibrar el medidor ultrasónico utilizando las 8 lajas de Tridacna, de manera que la velocidad de propagación de la onda representa la variable desconocida, mientras que los espesores son conocidos.
2. Medir con vernier 5 abulones, de la parte más larga, una sola vez cada uno, y registrar valores.
3. Medir con medidor ultrasónico 5 abulones, 10 veces, de la parte más larga, registrar valores y calcular un promedio de longitud para cada abulón.
4. Comparar los valores obtenidos frente a los registrados utilizando el vernier. Es posible calcular el error (medición de vernier – promedio de medición de ultrasonido), calcular la desviación estándar de los promedios y/o construir un diagrama de cajas y bigotes.

Espesor

1. Calibrar el medidor ultrasónico utilizando las 8 lajas de Tridacna, de manera que la velocidad de propagación de la onda representa la variable desconocida, mientras que los espesores son conocidos.
2. Medir con vernier 5 abulones, el espesor de la parte más joven, una sola vez cada uno, y registrar valores.
3. Medir con medidor ultrasónico 5 abulones, 10 veces, el espesor de la parte más joven, registrar valores y calcular un promedio de longitud para cada abulón.
4. Comparar los valores obtenidos frente a los registrados utilizando el vernier. Es posible calcular el error (medición de vernier – promedio de medición de ultrasonido), calcular la desviación estándar de los promedios y/o construir un diagrama de cajas y bigotes.

Recomendaciones

Es altamente recomendable que la misma persona realice las mediciones, siempre, independientemente de la metodología de medición, ya que el error inherente a la operación de los equipos se mantiene mientras la persona que opera sea la misma.

Realizar mediciones de espesor en diferentes partes superiores de la concha y determinar un sitio estándar de medición, principalmente en el caso de la estandarización del protocolo.

Realizar la medición de longitud de la parte más vieja a la más joven, ya que el transductor requiere de una superficie de contacto relativamente plana para medir.

Es recomendable utilizar gel de contacto en el transductor para aumentar la superficie de contacto, sin embargo, podría utilizarse agua (de mar o dulce) para posibilitar esto. El transductor debe lavarse con agua dulce después de cada uso.

Alcances

El equipo podría posibilitar mediciones del “espesor total” de abulones vivos: al colocar el transductor en la parte superior de la concha, éste podría medir el espesor total del organismo (concha y cuerpo), y posibilitaría integrar tal dimensión a ciertos propósitos de investigación.

El equipo posiblemente pueda detectar grietas o fracturas en ciertas conchas (dependiendo de la sensibilidad de este), ya que ciertos sensores de ultrasonido se utilizan para detectar grietas en tuberías y/o estructuras metálicas de uso industrial. Esto podría ampliar las posibilidades en cuanto a los métodos de estudio de los efectos de temperatura y/o acidificación en las estructuras calcáreas.

Una vez calibrado el sensor es posible registrar el valor de la velocidad de propagación de la onda ultrasónica en el carbonato de calcio, lo cual puede corroborarse haciendo más pruebas y/o revisando literatura, hasta obtener un valor confiable y estándar de velocidad, que pueda ser almacenado en el equipo para evitar su calibración constante.

Para medir longitudes y/o espesores que requieren de mayor precisión sería posible realizar tres (o más) mediciones y calcular un promedio.

Limitaciones

Hay ciertos equipos ultrasónicos que solo pueden medir a partir de 1mm de espesor, sin embargo, existen otros con rangos inferiores útiles para los objetivos de este manual.

Referencias

[1] Ultrasonic Communication Systems for Data Transmission. (2019). <http://ecasp.ece.iit.edu/publications/2012-present/2019-05.pdf>

[2] De Máquinas y Herramientas. (2015). Medidor de espesor por ultrasonido. De Máquinas y Herramientas. Recuperado de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/medidor-de-espesor-por-ultrasonido>

[3] G. M. B. D. F. G. W. M. D. R.-A. D. P. Zannè Zeeman, «Comparing community structure on shells of the abalone *Haliotis midae* and adjacent rock: implications for biodiversity,» *Marine Biodiversity*, 2013.

[5] Hou X, Liu Y, Chen J, Zheng Z, Liu Y, Zhao X, Sun J, Wang X, Li J, Mei S. Experimental Study on the *Tridacna squamosa* Shell: Distinctive Structure and Mechanical Behavior. *ACS Biomater Sci Eng*. 2023 Jan 9;9(1):399-408. doi: 10.1021/acsbiomaterials.2c00735. Epub 2022 Dec 28. PMID: 36576178.

[5] OpenAI, «DALL-E,» 2023. [En línea]. Available: <https://labs.openai.com/>. [Último acceso: Junio 2023].

3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El RPAP tiene también como propósito documentar la reflexión sobre los aprendizajes en sus múltiples dimensiones, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto para compartir una comprensión crítica y amplia de las problemáticas en las que se intervino.

3.1 Sensibilización ante las realidades

La manera en que inicialmente fui posicionándome frente a las realidades que experimentan las personas a mi alrededor y en el contexto cultural en el que se desarrolló este proyecto, se representa por actitudes y acciones orientada a la atención: la atención abierta a escuchar, entender, comprender, observar de manera consciente y aprender de las diversas experiencias que fueron desarrollándose y de las personas que fui conociendo y colaborando.

Me relacioné con la mayoría de las personas involucradas en el proyecto de una manera profesional, enmarcada en el contexto académico, y sin embargo, las interacciones diarias y el compartir experiencias personales fueron integrando las relaciones en lazos de amistad y acompañamiento que suscitaron sentimientos de alegría, disfrute y nostalgia adelantada. Desde mi punto de vista, los sentimientos y acciones que se suscitaron durante las interacciones sociales se deben a mis creencias personales de respeto y voluntad de entendimiento de las realidades ajenas.

El ejercicio de mi profesión frente a las realidades que viví en el PAP me trajo mucha satisfacción, ya que resulta de gran utilidad y beneficio conocer acerca de diversas áreas de la ciencia y a la vez apoyándose de ingeniería para dar con un entendimiento de las problemáticas que permita la proposición de soluciones y/o herramientas para su solución.

3.2 Aprendizajes logrados

Las competencias disciplinares que desarrollé y adquirí son relativas a las ciencias de la vida, a su entendimiento y a las estrategias que son posibles en el ámbito humano para el cuidado y preservación de la vida. Esto fue posible a través de las disciplinas en las que me vi inmerso: ecología, ciencias marinas, biología, oceanología y acuicultura. Adquirí nuevas competencias en el ámbito social, ya que al integrarme como un pasante académico de un centro de investigación, las responsabilidades pertinentes a las actividades a desarrollar fueron siempre nuevas, e involucraron aprender a ser consecuente y coherente con las dinámicas interpersonales en el contexto laboral en el que me vi incorporado. En el contexto universitario de esta etapa de mi vida, aprendí a resignificar y revalorar las experiencias diarias, fuera de la universidad como tal, ya que el trabajo cotidiano, desde el más sencillo y repetitivo, hasta el más nuevo y retador, involucraron constancia y flexibilidad, lo cual permitió ampliar el concepto de “aprendizaje”, hacia algo más allá de la universidad, a una etapa universitaria en sí: de aprendizajes universales.

Experimenté varios retos al aprender: desde reconfigurar mis creencias para poder integrar nuevos conocimientos y formas de manifestación de fenómenos naturales, hasta reflexionar

en las maneras en las que estudio, pongo atención, entiendo, comprendo, escucho y trabajo. Respondí a estos retos de una manera cuidadosa, procurando tener paciencia para lograr entender lo nuevo desde sus formas mas sencillas; y aprendí que muchas veces aparece miedo cuando desconocemos algo, sin embargo, el miedo puede ser aceptado e integrado para aprender de él. Me di cuenta de que ya era capaz de realizar lo que aprendí cuando me encontré solo haciendo ciertas actividades sin la supervisión de alguien: cuando confiaron en mí y en mi responsabilidad para actuar.

3.3 Inventario de competencias Inicial (ingreso del PAP) e Inventario de competencias Final (salida al PAP).

Tabla 3. Inventario de competencias

Categoriza las competencias en conocimientos, habilidades y actitudes. Escribe la o las evidencias de cada competencia y su relevancia.	Competencia		Evidencia	Relevancia/Fortaleza	Competencias nuevas	Competencias potencializadas
	Conocimientos	Fisicoquímica	Llevé cursos y realicé prácticas de laboratorio relativas a estas ciencias y/o áreas.	Puedo aportar estos conocimientos en los diversos modelos biológicos, climáticos y ecológicos que estudiaré, así como en el escenario experimental en el que participaré.	Ecología, ciencias marinas, acuicultura, oceanología, biología marina. Materiales y equipos de laboratorio: difracción de rayos X, densitometría óptica.	Biología celular,
		Microbiología				
		Fisiología celular				
		Materiales y equipos de laboratorio				
		Cálculo, matemáticas aplicadas, programación				
	Habilidades	Utilización de Excel	Llevé cursos y realicé prácticas de laboratorio relativas a estas ciencias.	Puedo aportar estas habilidades en los diferentes escenarios en los que estaré trabajando: análisis de la calcificación en abulones en contexto de acidificación oceánica, y muestro de especies en campo	Entendimiento práctico de las estrategias y metodologías para cierto tipo de muestreos ecológicos; integración en proyectos de investigación.	Tratamiento de datos experimentales: comprensión potencializada del acercamiento a un diseño experimental, cómo tratar los datos y la importancia del
		Manejo de equipos de laboratorio				
He realizado muestreos microbiológicos						

						registro experimental.
	Actitudes	Respeto	Me he adaptado con respeto a los diferentes contextos y problemas, tanto a nivel personal como académico.	Estas actitudes servirán a mi y a las personas que me rodeen a trabajar de manera más ordenada, organizada y tranquila y cumplir con los objetivos planteados de manera más eficiente.	De pensamiento integral: a entender la manera en que los proyectos se desarrollan en ciertos planos de trabajo, que forman parte de esfuerzos colectivos para concretar y construir determinados conocimientos y acciones en otros planos más integrales.	Atención: a mantener una actitud atenta a las situaciones que suceden en el momento y vincularlas e integrarlas con las actividades planeadas a futuro.

Lo significativo de es análisis es poder observar de manera concreta, sencilla y directa la manera en que se fueron construyendo los conocimientos, las habilidades y las actitudes que se adquirieron, a la vez que permite percibir cuáles fueron las que se cristalizaron. Esta percepción de cristalización, a la vez, permite reflexionar sobre la manera en que se va construyendo el conocimiento a través de experiencias significativas y sobre la naturaleza de estos procesos de aprendizaje.