

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA (UABC)
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS (IIO)

Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana No. 3917, Frac. Playitas, Ensenada, B.C. 22860, México

- **Título del proyecto:** Evaluación *in situ* (Isla de Todos Santos, B.C.) de las capacidades foto-aclimatativas de la macroalga invasora *Undaria pinnatifida* dentro de los bosques de kelp autóctonos del Pacífico Norte mexicano (*Macrocystis pyrifera*)
 - **Investigador Responsable:** Dr. Jose Miguel Sandoval Gil, Investigador Titular del cuerpo académico de Botánica Marina. jmsandovalgil@gmail.com.
 - **Tipo de beca:** Estudiantil y de Carrera Inicial
- Afiliación:** Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), Universidad Autónoma de Baja California (UABC)
- **Disciplinas:** plant ecology, marine ecology, botany

1. ANTECEDENTES

Undaria pinnatifida (*U.p.*) es una macroalga parda laminar originaria de Asia, y que, debido a su naturaleza eurobionte, ha experimentado en las últimas décadas un incremento drástico de su distribución a nivel global ⁽¹⁾. En el año 2001 llegó a las costas de California, y en 2003 se avistó por primera vez en las costas pacíficas mexicanas, en la Isla de Todos Santos-ITS (ANP)⁽²⁾. Hasta ahora se desconoce cuáles serán los efectos de su dispersión sobre las comunidades vegetales sumergidas autóctonas de Baja California y California. Los efectos sobre los icónicos bosques de sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*, *M.p.*) suscitan especial preocupación, ya que se trata de una especie que provee beneficios ecológicos fundamentales, y de la que dependen distintas especies importantes para pesquerías locales y regionales ⁽³⁾. Este estudio evaluó la capacidad invasiva de *U.p* sobre un sustrato ya ocupado por un bosque de *M.p*, postulando la hipótesis de que la reducción de la luz a nivel del sotobosque puede ser un factor limitante para su crecimiento. Esta hipótesis se apoya en algunos precedentes experimentales en los que estuvo involucrado el IP de esta propuesta, y que indican que la reducción de luz dentro del dosel foliar de comunidades de angiospermas marinas (*Posidonia oceanica*) puede ejercer como barrera ante la dispersión de macroalgas invasoras (*Caulerpa cylindracea*) en el Mar Mediterráneo ⁽⁴⁾.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo principal: evaluar las capacidades foto-aclimatativas de *U.p.* dentro de los bosques de sargazo gigante.

2.2. Objetivos específicos:

- realizar experimentos *in situ* en la ITS, y determinar las capacidades de foto-aclimatación de plántulas de *U.p.* mediante el desarrollo de trasplantes fuera y dentro del manto de *M.p.*
- comparar las capacidades de foto-aclimatación de plántulas de *U.p.* con plántulas de *M.p.*, cuyo desarrollo puede también verse limitado por las condiciones de irradiancia.

3. METODOLOGÍA

Los experimentos se llevaron a cabo en un manto de *M.p.*, situado entre 7-9 m de profundidad en la ITS (31° 48' 27.72" N, 116° 47' 52.75" W, Ensenada, B.C.; Fig. 1). Para ello, se realizaron trasplantes de juveniles de *U.p.* dentro (IN) y fuera (OUT) del bosque de esporófitos adultos de *M.p.* Las plántulas se colocaron sobre cabos de polipropileno sujetos a 5 bloques de concreto (i.e. unidad experimental, UE, n=5; Fig. 1).



Fig. 1. A: Mapa de la Bahía de Todos Santos (B.C.) donde se señala la zona de estudio en la Isla de Todos Santos y la ubicación del IIO-UABC. **B:** unidad experimental para el trasplante de juveniles de macroalgas.

Se determinó el estado fisiológico inicial y final de los juveniles en IN y OUT, tras periodos experimentales de 7 días. Durante dicho periodo, los parámetros de irradiancia PAR y temperatura fueron monitoreados en continuo por medio de sensores sumergibles (4 π -LICOR-193; Hobo MX Temp/Light) en IN y OUT. El pH, la alcalinidad y la concentración de nitrato también se caracterizaron mediante la instalación de sondas SUNA V2-UV nitrate sensor y SEAPHOX (Seabird Scientific). También se realizaron transectos de 30m en IN y OUT para caracterizar la abundancia/densidad y talla de individuos de *U.p.*

Los parámetros biológicos que se examinaron a nivel biológico fueron:

- descriptores de la fotobiología de las plantas (p.e. Curvas Fotosíntesis vs Irradiancia, fluorescencia de la clorofila a, propiedades ópticas de las láminas, contenido en pigmentos);

- tasas de respiración;
- descriptores del contenido nutricional (p.e. carbohidratos, nitrógeno);
- tasas de incorporación de NO_3^- mediante el uso del trazador K^{15}NO_3 ;
- descriptores de estrés oxidativo.

Todos los descriptores fisiológicos se analizaron en el laboratorio de Botánica Marina del IIO-UABC mediante protocolos ya optimizados ^(5,6), y por medio de infraestructura y equipo disponibles como cámaras de incubación con optodos (PreSens), un fluorómetro Diving-PAM (Walz, Alemania) o una esfera integradora LICOR 1800-12. La significancia estadística ($p < 0.05$) de los resultados obtenidos se analizaron por medio de ANOVA y análisis *post-hoc* (Student-Newman-Keuls) y análisis multivariantes.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La irradiancia fue el factor que mostró un mayor cambio entre IN y OUT, ya que sus valores en IN fueron el 90% más reducidos (Fig. 2). La temperatura, salinidad, pH y nutrientes, aunque fluctuantes durante el periodo experimental, no fueron significativamente diferentes entre IN y OUT.

Los análisis multivariantes (Fig. 3, Tabla 1) mostraron diferencias significativas entre especies y tratamientos. No se encontraron evidencias claras de fotoaclimatación en ambas especies, a excepción de un incremento de la eficiencia fotosintética en M.p. (Fig. 4E), y por tanto, una reducción en la irradiancia de compensación (Fig. 4F).

La reducción drástica de la luz en IN se tradujo en una reducción en las horas del día en que la fotosíntesis se satura (H_k) o compensa a las tasas de respiración (H_c) en ambas especies (Fig. 5C y D). Dicha reducción en la disponibilidad lumínica también se reflejó en un decremento de la productividad de ambas especies en IN.

Ni la concentración de pigmentos ni los valores de absorptancia reflejaron estrategias de aclimatación de ambas especies en IN (Fig.6)

La respuesta más importante a nivel de fotoquímica (Fig. 7) fue la reducción de la disipación de energía fotónica en forma de calor (NPQ) en plantas de IN (Fig. 7C), lo que es coherente con la baja disponibilidad de luz.

Las tasas de incorporación de nitrato y el contenido en N se vieron reducidos en juveniles de ambas especies trasplantados en IN (Fig. 8).

Tanto la reducción en productividad como las capacidades limitadas en incorporación de nitrato se reflejaron en una disminución de la productividad vegetativa en juveniles de IN (Fig. 9).

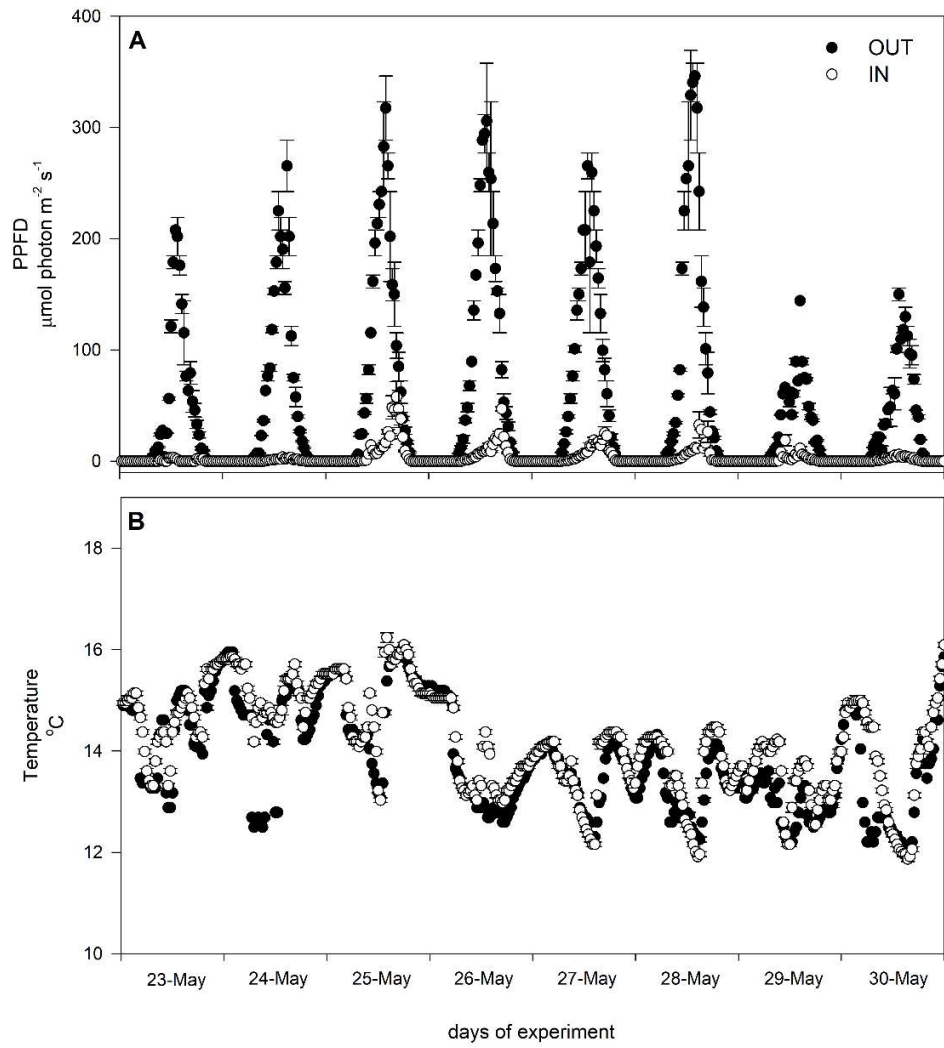


Fig. 2. Valores de irradiancia (A) y temperatura (B) durante el periodo experimental.



Fig. 3. Análisis multivariante (MDS) de los resultados biológicos obtenidos en juveniles de U.p. y M.p., en IN y OUT.

PERMANOVA

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Species (Sp)	1	189.97	189.97	29.758	0.0002	9936	0.0001
Site (si)	1	107.26	107.26	16.802	0.0001	9927	0.0001
Spxsi	1	37.632	37.632	5.8948	0.0001	9925	0.0005
Res	16	102.14	6.3838				
Total	19	437					

Table 1. Análisis multivariante (PERMANOVA) de los resultados biológicos obtenidos en juveniles de U.p. y M.p., en IN y OUT.

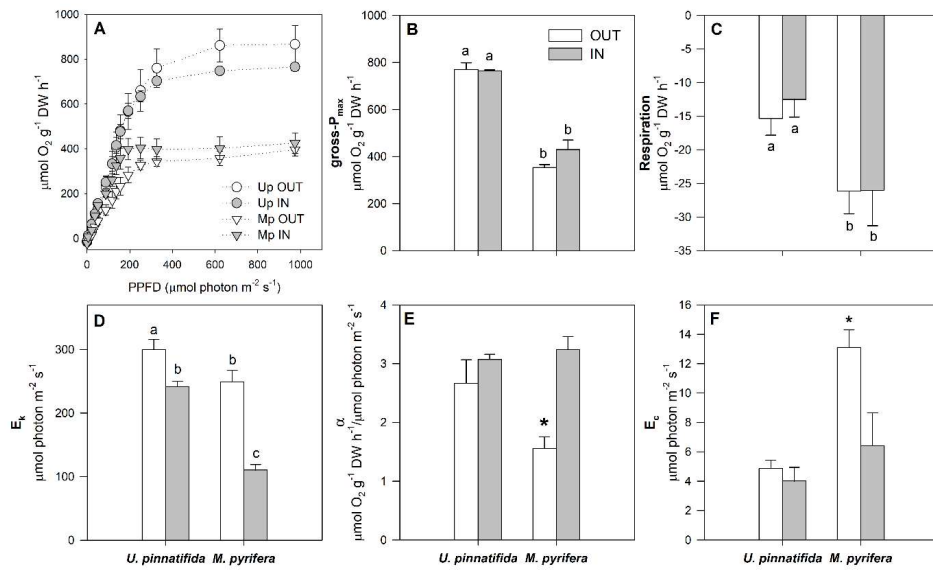


Fig. 4. Parámetros fotosintéticos obtenidos mediante curvas de fotosíntesis vs. irradiancia en juveniles de U.p. y M.p., en IN y OUT. (A) curvas P-I, (B) fotosíntesis bruta, (C) respiración, (D) irradiancia de saturación, (E) eficiencia fotosintética, (F) irradiancia de compensación.

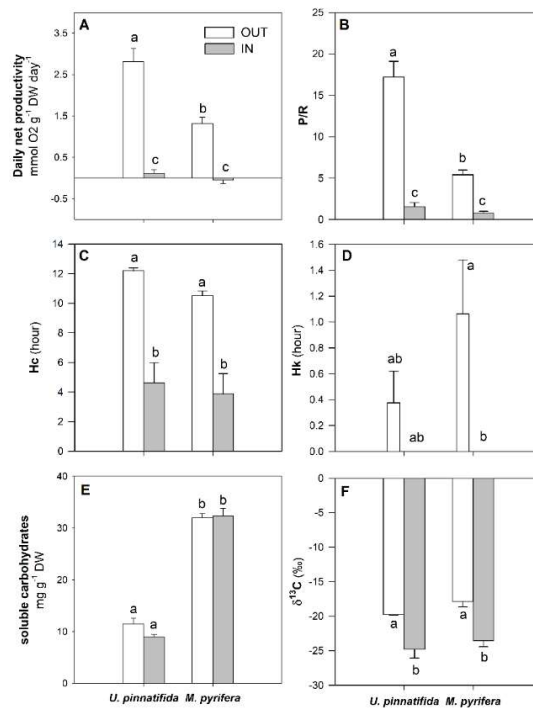


Fig. 5. (A y B) productividad diaria y ratio fotosíntesis:respiración, (C) horas del día en los que la fotosíntesis compensa las tasas de respiración, (D) horas del día en los que la fotosíntesis está saturada, (E) carbohidratos solubles y (F) señal isotópica del carbono de juveniles de U.p. y M.p., en IN y OUT.

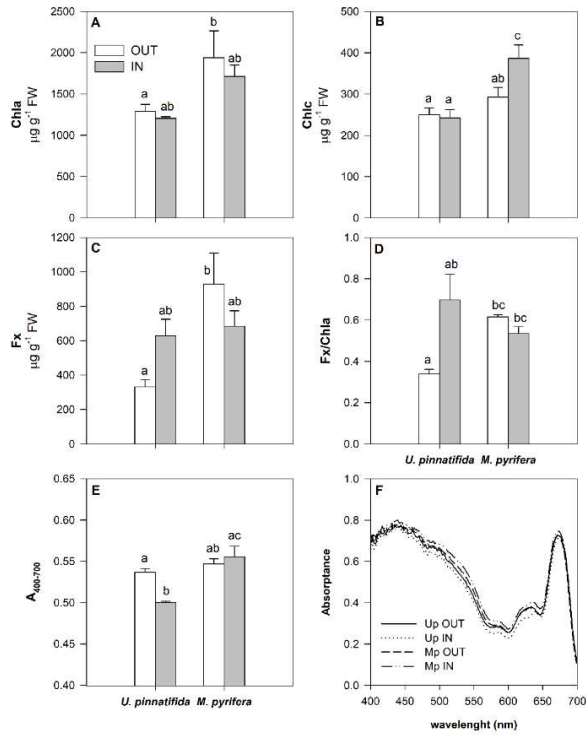


Fig. 6. Pigmentos fotosintéticos (A-D) y valores de Absorptancia (E-F) medidos en juveniles de U.p. y M.p., en IN y OUT.

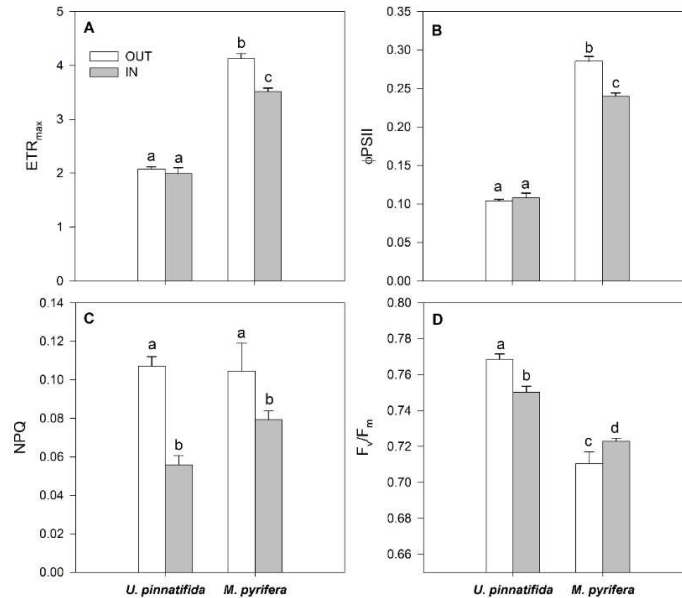


Fig. 7. Descriptores fotoquímicos (A-tasa de transporte de electrones; B-eficiencia cuántica; C-apagamiento no fotoquímico, D-eficiencia cuántica máxima) medidos en juveniles de U.p. y M.p., en IN y OUT.

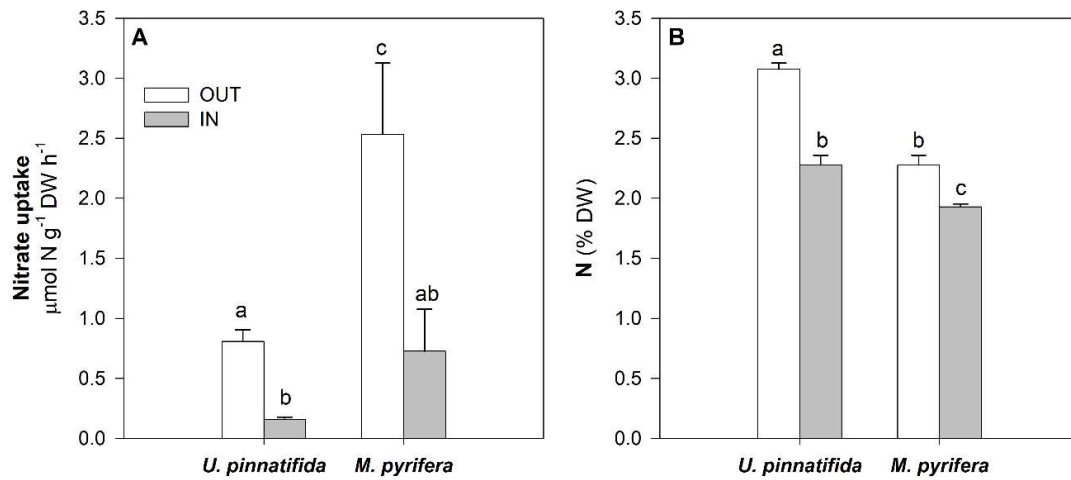


Fig. 8. Tasas de incorporación de nitrato (A) y contenido en nitrógeno (B) en juveniles de U.p. y M.p., en IN y OUT.

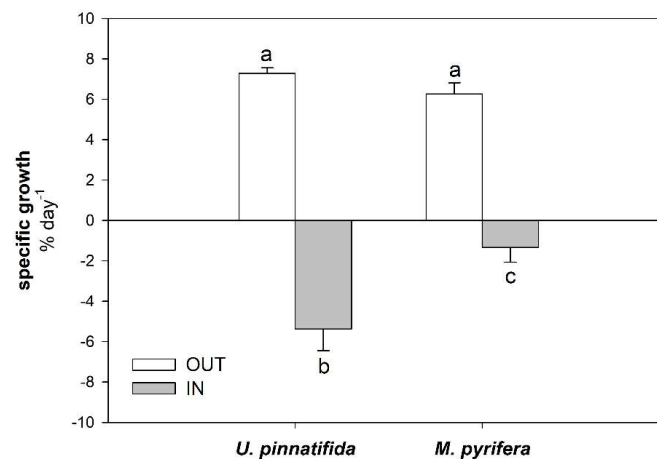


Fig. 9. Tasas de crecimiento específico juveniles de U.p. y M.p., en IN y OUT.

5. SIGUIENTES PASOS

La problemática sobre las especies de macroalgas introducidas e invasoras es reconocida como una condición preocupante por sus potenciales efectos negativos sobre la biodiversidad (7). En México, las bases para algunos aspectos legislativos y estrategias sobre control/manejo de estas especies han sido asentadas por la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA; Canadá, Estados Unidos y México) y la CONABIO, y presentadas en documentos como (8) y (9). Sin embargo, dichas iniciativas reconocen la necesidad de estudios

ecológicos promovidos por proyectos de investigación específicos sobre las macroalgas, que apoyen la implementación de estas estrategias nacionales. El presente proyecto responde precisamente a esta necesidad de investigación, y sus resultados pueden tener una aplicación directa en la estrategia de gestión de la invasora U.p. por la CONABIO, CONANP, SEMARNAT, como por ejemplo, para el impulso normas y regulaciones para su control y/o erradicación, como ya se realiza en otros países (10). A través de este trabajo se ha demostrado que U.p. no puede desarrollarse en el sotobosque de M.p. cuando esta última conforma mantos de elevada densidad que producen una reducción drástica de la luz. Los siguientes pasos deben ir encaminados en profundizar en el conocimiento acerca de la interacción entre U.p. y M.p., para contestar preguntas aún sin resolver como ¿cuáles son los límites de fotoaclimatación de U.p. ante diferentes condiciones de luz en el sotobosque del manto de M.p.? o ¿podría U.p. limitar el crecimiento de juveniles esporofitos de M.p. que crecen en el borde del manto, o cuando no éste no existe?.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) South, PM et al. (2017). <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.09.015>
- (2) Aguilar-Rosas, R et al. (2004). <https://doi.org/10.1515/BOT.2004.028>
- (3) Schiel DR & Foster, MS (2015). ISBN978-0-520-96109-8.
- (4) Bernardeau-Esteller, J et al. (2015). <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.11.012>
- (5) Sandoval-Gil, JM et al. (2014). <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.12.011>
- (6) Sandoval-Gil, JM et al. (2016). <https://doi.org/10.1007/s12237-016-0102-4>
- (7) Aguilar-Rosas, LE et al. (2014). ISBN978-607-8328-04-8
- (8) IMTA et al. (2007). <http://hdl.handle.net/20.500.12013/1619>
- (9) Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. (2010). https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/Estrategia_Invasoras_Mex.pdf
- (10) South et al. (2017). <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.09.015>

7. NOTAS ADICIONALES

A este trabajo se le ha dado una importante difusión a través de congresos nacionales (SOCIEDAD FICOLÓGICA MEXICANA) e internacionales (PHYCOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, WESTERN SOCIETY OF NATURALISTS), y representará un capítulo de la tesis doctoral de mi estudiante Mariana Sánchez Barredo. A continuación, se muestran los correspondientes comprobantes.



To: Dr Jose Miguel Sandoval-Gil

From: Amy Carlile, Program Director for the Phycological Society of America

Re: Certificate of Presentation and Participation for the 2019 Meeting of the Phycological Society of America

Date: 29 July 2019

Dear Dr Sandoval-Gil,

On behalf of the Phycological Society of America, I thank you very much for submitting and presenting your abstract and two talks entitled "LIGHT REDUCTION INSIDE KELP FORESTS CAN CONSTRAINT THEIR INVASION BY THE EXOTIC SEAWEED UNDARIA PINNATIFIDA" at the 2019 annual PSA meeting in Ft Lauderdale, Florida, USA (23-27 June).

Thank you again for your participation

With regards,

Amy Carlile, Ph.D.

A handwritten signature in black ink that reads "Amy L. Carlile".

Program Director, PSA

Associate Professor
Department of Biology and Environmental Science
University of New Haven
West Haven, Connecticut, 06516, USA

Email: acarlile@newhaven.edu

Phone: 203-479-4257





El Comité Organizador
otorga la presente
CONSTANCIA DE PARTICIPACIÓN
a:

Jose Miguel Sandoval Gil

Por su asistencia al **VIII Congreso Mexicano de Ficología**
cumpliendo un total de 40 horas

La Paz, Baja California Sur, México
11 al 14 de noviembre de 2019

Dra. Elisa Segura Zaragoza
Presidente de la Sociedad Mexicana de Ficología



Western Society of Naturalists

100th Meeting Program



1430	Sosa-Nishizaki, Oscar PLANNING FOR THE CONSERVATION OF THE WHITE SHARK (CHARCHARODON CARCHARIAS) IN MEXICAN WATERS: HOW ARE WE DOING?	Sánchez-Barredo, Mariana EXTREME LIGHT REDUCTION IN THE UNDERSTORY OF GIANT KELP FORESTS CAN ACT AS A BARRIER FOR THE INVASIVE SEAWEED <i>UNDARIA PINNATIFID</i>	† Munson, Calvin THE COUPLED EFFECTS OF UPWELLING AND PREDATION ON BENTHIC COMMUNITY STRUCTURE IN THE GALAPAGOS SUBTIDAL	† Lubinsky-Jinich, Denise PACIFIC HARBOR SEAL (<i>PHOCA VITULINA RICHARDII</i>) MOVEMENTS IN WATERS AROUND TODOS SANTOS ISLAND, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA	White, Wendi SARGASSUM HORNERI INVASIONS SHIFT GRAZING ONTO NATIVE BENTHIC SEAWEEDS IN INTERTIDAL COMMUNITIES RECEIVING KELP SUBSIDIES
1445	Caselle, Jennifer MOBILE MARINE PREDATORS: AN UNDERSTUDIED SOURCE OF NUTRIENTS TO CORAL REEFS IN AN UNFISHED ATOLL	Selgrath, Jennifer SHIFTS IN DOMINANT KELP FOREST SPECIES, MONTEREY BAY, CALIFORNIA	† Obrist, Debora MARINE SUBSIDIES DRIVE PATTERNS IN AVIAN ISLAND BIOGEOGRAPHY	† Klingbeil, William MAINTENANCE OF GENETIC DIVERSITY DESPITE LARGE-SCALE DISTURBANCE SUPPORTS RESILIENCE OF GIANT KELP IN SOUTHERN CALIFORNIA	Rogers, Tanya ENVIRONMENTAL DRIVERS OF TOP-DOWN AND BOTTOM-UP INTERACTIONS
1500	Larson, Shawn CHANGES IN FISH ASSEMBLAGES IN BOTTOMFISH SURVEYS IN THE STRAIT OF JUAN DE FUCA AND PUGET SOUND 2005-2019	† Ryznar, Emily EVALUATING MECHANISMS FACILITATING THE INVASION SUCCESS OF SARGASSUM HORNERI AND THE RESILIENCE OF <i>MACROCYSTIS PYRIFERA</i>	† Ninokawa, Aaron VARIABILITY IN HOW HETEROTROPHIC ECOSYSTEM ENGINEERS MODIFY SEAWATER CHEMISTRY	† Gossard, Daniel EPIPHYTE-HOST DYNAMICS BETWEEN <i>PYROPIA NEREOCYSTIS</i> AND <i>NEREOCYSTIS LUTKEANA</i> SOUTH OF MONTEREY BAY	Wells, Christopher DNA METABARCODING PROVIDES INSIGHTS INTO THE DIVERSE DIET OF THE GIANT PLUMOSE ANEMONE <i>METRIDIVM FARMICUM</i>
1515	† Fennie, Will PREY TELL: QUILLBACK ROCKFISH EARLY LIFE HISTORY TRAITS AFFECT SURVIVAL IN PREDATION ENCOUNTERS WITH JUVENILE COHO SALMON	† Spiecker, Barbara EXPLORING SPATIOTEMPORAL VARIATION IN THE STRENGTH OF EL NIÑO ON OREGON INTERTIDAL KELPS	† Harris, Lydia THE EFFECT OF MICROPLASTIC ON MUSSEL BIODEPOSIT SINKING AND RESUSPENSION	Castorani, Max DISTURBANCE, RESOURCES, AND CLIMATE INTERACTIVELY SYNCHRONIZE KELP FORESTS ACROSS SCALES	Lonhart, Steve MARINE HEATWAVES IN CENTRAL AND SOUTHERN CALIFORNIA FROM 2013 TO 2018