

Ensayo Expositivo

Ascidias invasoras ¿un problema ambiental o una ventana de oportunidades?

Recibido: 09-07-2021 Aceptado: 12-11-2021 (Artículo Arbitrado)

Resumen

Las ascidias son animales bénticos marinos presentes en las costas de todo el mundo; crecen prácticamente sobre cualquier tipo de superficie. Esta característica de fijación les permite ser transportadas accidentalmente, a otras áreas que no son su hábitat natural, por lo que se les conoce como especies exóticas/invasoras. Esto puede causar problemas ecológicos al alterar la diversidad de las especies nativas, ocasionando algunas repercusiones graves en actividades como la pesca y el cultivo de algunas especies, como ocurre en la bahía de La Paz, ya que en años recientes la llegada de la ascidia colonial *Distaplia stylifera* ha ocasionado problemas severos en maricultivos. Las ascidias producen compuestos químicos conocidos como metabolitos secundarios, muchos de ellos tienen diversas propiedades bioactivas, como antimicrobianos, antivirales, antitumorales, entre otras. Además, las ascidias tienen un significativo contenido de proteína, glucógeno y minerales, en comparación con otros alimentos de origen animal, por lo que las ascidias invasoras, como *D. stylifera*, representan un nicho de oportunidad para evaluar su potencial de aprovechamiento convirtiendo de esta forma, un problema ambiental en una ventana de oportunidades como fuente de compuestos con actividad biológica y nutritivas útiles en diversas ramas de la industria, principalmente la farmacéutica y la alimenticia.

Abstract

Ascidians are marine benthic animals found on coasts around the world, growing on practically any type of surface. This fixation characteristic allows them to be accidentally transported to other areas that are not their natural habitat, so they are known as exotic/invasive species. This can cause ecological problems by altering the diversity of native species, causing some serious repercussions on activities such as fishing and the cultivation of some species, as occurs in the La Paz bay, since in recent years the arrival of the colonial ascidian *Distaplia stylifera* has caused severe problems in mariculture. Ascidians produce chemical compounds known as secondary metabolites, many of them have various bioactive properties, such as antimicrobial, antiviral, antitumor, among others. In addition, ascidians have a significant content of protein, glycogen and minerals, compared to other foods of animal origin, so invasive ascidians, such as *D. stylifera*, represent a niche of opportunity to evaluate their potential for use by converting in this way, an environmental problem in a window of opportunity as a source of biological activity and nutritional compounds useful in various industry topics, mainly pharmaceutical and food.

Résumé

Les ascidies sont des animaux marins benthiques que l'on trouve sur les côtes du monde entier ; ils poussent sur pratiquement n'importe quel type de surface. Cette caractéristique de fixation leur permet d'être accidentellement transportés vers d'autres zones qui ne sont pas leur habitat naturel, c'est pourquoi ils sont connus comme espèces exotiques/invasives. Cela peut causer des problèmes écologiques en altérant la diversité des espèces indigènes, causant de graves répercussions sur les activités telles que la pêche et la culture de certaines espèces, comme cela se produit dans la baie de La Paz, depuis ces dernières années l'arrivée de l'ascidie coloniale *Distaplia stylifera* a causé de graves problèmes en mariculture. Les ascidies produisent des composés chimiques connus sous le nom de métabolites secondaires, dont beaucoup ont diverses propriétés bioactives, telles qu'antimicrobiennes, antivirales, antitumorales, entre autres. De plus, les ascidies ont une teneur importante en protéines, en glycogène et en minéraux, par rapport à d'autres aliments d'origine animale, de sorte que les ascidies envahissantes, telles que *D. stylifera*, représentent une niche d'opportunité pour évaluer leur potentiel d'utilisation en se convertissant à partir de cette forme, un problème environnemental dans une fenêtre d'opportunités en tant que source de composés à activité biologique et nutritionnelle utiles dans diverses branches de l'industrie, principalement pharmaceutique et alimentaire.

Víctor Hugo Cruz Escalona¹

Mauricio Muñoz Ochoa¹

Silvia Ramírez Luna²

Ruth Noemí Aguila Ramírez^{1*}

Palabras clave: Bahía de La Paz, especies marinas invasoras, tunicados.

Keywords: La Paz bay, invasive marine species, tunicates.

Mots-clés: Baie de La Paz, espèces marines envahissantes, tuniciers

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Instituto Politécnico Nacional

²NOS Noroeste Sustentable A.C.

Correspondencia:

*raguilar@ipn.mx

Introducción

Ascidiás exóticas/invasoras

Las ascidias son animales bénticos presentes en las costas de todo el mundo; son organismos que prácticamente no se mueven, su alimento consiste principalmente de diminutos organismos conocidos como plancton los cuales filtran del agua a través de un sifón. También son conocidos como tunicados, porque su cuerpo está envuelto por una túnica gelatinosa o carnosa. Sus cuerpos tienen la apariencia de un saco o bolsa, pudiendo vivir de forma solitaria, gregaria o formando colonias. Durante las primeras etapas de su vida, las larvas de las ascidias nadan libremente buscando un lugar en el cual se puedan incrustar para continuar con su desarrollo como un adulto sésil permanente.

Estos animales son encontrados principalmente en aguas someras, creciendo prácticamente sobre cualquier tipo de superficie, balsas flotantes, muelles, embarcaciones, rocas, conchas, e incluso sobre otros organismos. Este hábito de adherirse a cualquier tipo de superficie les facilita para ser transportadas con facilidad en los cascos de barcos a otras áreas que no son su hábitat natural; cuando esto sucede se le denomina especie exótica, es decir, que se encuentra fuera de sus áreas de distribución original. En ocasiones, el nuevo hábitat ofrece condiciones que favorecen su reproducción y carencia de depredadores naturales, por lo que se produce un crecimiento poblacional rápido, que les permite dispersarse a localidades cercanas a su punto de introducción, volviéndose de este modo en especies invasoras.

Este tipo de invasiones puede causar problemas ambientales, al alterar la diversidad de las especies nativas, compitiendo ya sea por espacio (sustrato) o alimento. En varios sitios en los cuales se ha registrado la presencia de ascidias invasoras exóticas, el impacto ha sido principalmente por la exclusión de especies nativas con las cuales compite por el sustrato, y en ocasiones por el consumo de las larvas de las especies nativas (Carlton y Geller, 1993; Lambert, 2002).

Caso de ascidia invasora: *Distaplia stylifera* (Kowalevsky, 1874)

En años recientes se ha observado la presencia de la ascidia colonial *D. stylifera* en la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. El color de estos organismos

puede ser rosa, anaranjado, morado o blanco, siendo más común el anaranjado. Se conforman en colonias y se caracterizan por su forma de hongo, llegando a medir desde 2 hasta 200 mm (ver la Figura 1), forman en ocasiones esferas de gran tamaño (Shenkar et al., 2021). *D. stylifera* pertenece a la clase *Ascidacea*, *Subphylum Tunicata* y *Phylum Chordata*. Estos organismos son hermafroditas con reproducción sexual y asexual por medio de gemación, pudiendo reproducirse de forma alterna o simultánea (Svane y Young 1989), lo cual crea una ventaja frente a otros organismos con un solo tipo de reproducción al requerir menor gasto energético y menor tiempo.

Se conoce que la especie proviene del Mar Rojo (Monniot, 1984). Sin embargo, posteriormente, ha tenido registros en varias partes del mundo; Australia, Nueva Zelanda, Túnez, India, Italia y en diversas localidades de las costas de Filipinas (Van Name, 1921; Michaelsen, 1930; Brewin, 1953; Pérès, 1956; Kott, 1957, 1972, 1990; Mastrototaro y Tursi, 2010). Así como en el Océano Atlántico en los cayos de la costa oeste de Florida y Carolina del Sur (Van Name, 1945; Cole y Lambert, 2009). La especie se ha extendido también en el Caribe, recientemente fue reportada en Jamaica, Panamá, Venezuela, Brasil y Puerto Rico (Oliveira y Lotufo, 2010; Rocha et al., 2010; 2011; Streit et al., 2021). Con base a los antecedentes anteriores y la falta de informes previos sobre esta especie en el Pacífico oriental (Blackburn et al., 2011) lleva a pensar que esta especie podría no ser nativa de esta región del Golfo de California (Moreno-Dávila et al., 2021).

Los registros de introducción de ascidias en aguas tropicales provienen principalmente de Hawái, Guam



Figura 1. *Distaplia stylifera* en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México.



Figura 2. Ascidia colonial *Distaplia stylifera* creciendo sobre las valvas del molusco bivalvo *Atrina maura* (callo de hacha) en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México.



y Panamá. De las 64 especies no autóctonas mundiales documentadas, 27 especies tienen registros en regiones tropicales. Sin embargo, solo 14 de ellos están restringidos estrictamente a ambientes tropicales, dentro de ellos se reporta a *D. stylifera* (Shenkar y Swalla, 2011).

Si bien no se conoce con certeza como pudo haber iniciado la invasión de *D. stylifera* en el sur del Golfo de California, se considera que fue por el agua de lastre de embarcaciones que llegan a los puertos y muelles de la ciudad (PNUD, 2018a). La presencia del tunicado ha sido reportada con menor abundancia en otras localidades de la bahía de La Paz (muelle de Pichilingue, marina Costa Baja) (PNUD 2018b; Galicia-Nicolás et al., 2018).

Sin embargo, en localidades como la Ensenada de La Paz su abundancia ha sido muy elevada desde mediados de 2015, cuando fue reportada por primera vez su presencia (PNUD, 2018a); principalmente sobre las valvas del conocido molusco bivalvo callo de hacha (ver la Figura 2), mismos que se encuentran agregados en bancos que son explotados por concesionarios de la región. El asentamiento del tunicado sobre las valvas del bivalvo dificulta su apertura, lo cual impide una respiración y alimentación adecuada, afectando su crecimiento y desarrollo, en casos extremos produce mortalidades elevadas en los bancos naturales (PNUD 2018a, b; Moreno-Dávila et al., 2021).

Como medida de remediación, los cooperativistas que cuentan con la concesión para aprovechar el recurso realizan la remoción manual del tunicado de



Figura 3. Labores de retiro manual de las ascidias que crecen sobre las valvas de los moluscos bivalvos cultivados por concesionarios locales en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México.

las valvas de las hachas (PNUD 2018a) (ver la Figura 3), práctica que podría acentuar el problema, ya que la manipulación de la especie invasora podría ayudar a propagar más rápidamente el tunicado por la fragmentación de los organismos (reproducción asexual) hacia la bahía de La Paz. Los organismos removidos de las valvas de las hachas son enterrados en zonas contiguas a la Ensenada de La Paz, lo cual podría ocasionar daños colaterales en las comunidades presentes en ese ecotono.

Por lo cual, esto que podría considerarse como un problema ambiental, podría también representar una ventana de oportunidad para utilizar las relativas altas abundancias del tunicado en la Ensenada de La Paz, así, la simple extracción de las ascidias invasoras apoyaría las campañas de limpieza que tienen que realizar los concesionarios para mantener el buen estado de salud en los bancos de los callos de hachas.

Usos potenciales de las ascidias

Se conoce que los tunicados son invertebrados muy competitivos, que han desarrollado diversas estrategias que les han permitido sacar ventaja sobre otros organismos. Una de ellas es la producción de compuestos químicos conocidos como metabolitos secundarios que les confieren la capacidad de defender e incrementar los espacios en que se fijan, así como para evitar que otros organismos intenten desplazarlos o se los coman (Núñez-Pons et al., 2010).

Estos metabolitos secundarios son principalmente derivados de aminoácidos, de los cuales más del 80 % son compuestos nitrogenados, incluidos péptidos (lineales y cíclicos), numerosos alcaloides y otros compuestos como terpenoides, isoprenoides, hidroquinonas, derivados de ácidos grasos y poliéteres (McClintock y Baker, 2001; Blunt et al., 2017), con diversas propiedades bioactivas: antibacterianas, antifúngicas, antitumorales, antiinflamatorias y antiplásmodicas, entre otras (Blunt et al., 2017). El caso más conocido es el compuesto Trabectendina, obtenido de la especie *Ecteinascidia turbinata* (Abbott, 1880), y que es usado en quimioterapia (Cuevas y Francesch, 2009; Navia y San Sebastián, 2018). Algunos otros metabolitos secundarios bioactivos aislados de ascidias se encuentran en etapas avanzadas para su desarrollo como fármacos y en algunos casos ya han sido aprobados para su uso como anticancerígenos como la Didemnina B y Aplidina, provenientes de las ascidias coloniales tropicales *Trididemnum solidum* (Van Name, 1902) y *Aplidium albicans* (Milne Edwards, 1841) (Rinehart et al., 1988; Rinehart, 2000; Blunt et al., 2004; Jimeno et al., 2004; Jha y Zi-Rong, 2004; Mayer y Gustafson, 2006). Recientemente se encontró que la Plitidepsina también aislada de *A. albicans* tiene un potente efecto contra SARS-CoV-2 (Papapanou et al., 2021; White et al., 2021).

Con relación al género *Distaplia*, se han aislado metabolitos secundarios como 3,6-dibromoindol, 6-bromo-3-chloroindol y 6-bromo-2-oxindol de *D. skoogi* (Michaelson, 1924), los cuales muestran moderada citotoxicidad contra células de cáncer de mama MDA-MB-231 (Qureshi y Faulkner, 1999). En otras especies del género *Distaplia* (por ejemplo, *D. nathensis*) (Meenakshi, 1998) también se ha reportado actividad antiincrustante, inhibiendo el crecimiento de bacterias formadoras de biopelícula y previene

la producción del bisus y subsecuente adhesión del mejillón *Perna indica* (Murugan y Ramasamy, 2003). Así mismo, *D. cylindrica* (Lesson, 1830) está facultada para producir compuestos químicos que inhiben la adhesión de diatomeas, las cuales son un componente biótico importante en el proceso de colonización de estructuras sumergidas (McClintock et al., 2004).

Otro rasgo interesante de las ascidias es que dada la forma en que obtienen sus alimentos, acumulan muchas bacterias en el sifón branquial, que es el tubo por donde pasa el agua de la cual obtienen su comida. Para deshacerse de los microorganismos no deseados, las ascidias producen varios tipos de compuestos antimicrobianos. Como ejemplo se encuentra Enterocina, un compuesto activo aislado de *Didemnum sp.*, con actividad frente a las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida albicans*. De la especie *Styela plicata* (Lesueur, 1823), fue aislado un potente antibiótico contra la bacteria *Staphylococcus aureus*, conocido como Styelin D, que inhibe también el crecimiento de otras bacterias Gram-positivas y Gram-negativas y tiene propiedades hemolíticas y citotóxicas (Tincu y Taylor, 2004; Ali y Tamilselvi, 2016). En cuanto a los compuestos con actividad biológica producidos por especies del género de *Distaplia*, puede ser citado el 3,6-Dibromoindol aislado de *D. regina* (Kott, 1990) con actividad antibacteriana frente a *Bacillus subtilis* (Qureshi y Faulkner, 1999). De *D. colligans* (Sluiter, 1932) se han aislado extractos lipofílicos con actividad antimicrobiana frente a *Alteromonas elyakovii* y *Psychrobacter fazzi* (Koplovitz et al., 2011) y de *D. nathensis* (Meenakshi, 1998) los extractos metanólicos inhibieron el crecimiento de seis patógenos humanos (Chandramanthi et al., 2011).

Por otro lado, también existen estudios que resaltan la importancia de las ascidias por su significativo contenido de proteína, glucógeno y minerales, en comparación con otros alimentos de origen animal (Ali, 2004; Li et al., 2007); lo que las convierte en un recurso natural con potencial para ser aprovechado en otras actividades productivas como la alimenticia, donde ya se ha demostrado que varias especies de ascidias son consumidas por humanos (Oh et al., 1997; Wang, 2001; Tamilselvi et al., 2010) o pudieran ser utilizadas también para elaborar alimentos para animales (Troedsson et al., 2013; Zhao y Li, 2016). Desde esta perspectiva, las ascidias invasoras representan un nicho de oportunidad para evaluar su

potencial de aprovechamiento, no sólo con miras a tratar de controlar su distribución y dispersión en ecosistemas marinos mexicanos, sino también mitigando los efectos ecológicos que ocasiona su presencia, aprovechando la producción excesiva de biomasa y convirtiendo de esta forma, un problema ecológico en una ventana de oportunidades para el desarrollo de productos con valor agregado, con potencial impacto en las comunidades de pescadores ribereños.

Este podría ser el caso de *D. stylifera* ya que por su abundancia excesiva y los problemas graves que ha generado para los pescadores, al requerir una elevada cantidad de recursos (humanos y económicos) para su saneamiento, se hace necesario establecer medidas de control o atenuación del crecimiento y su potencial aprovechamiento y manejo (PNUD, 2018b). En este sentido, la investigación sobre esta especie, desde un punto de vista de aprovechamiento, es muy importante para conocer las alternativas de uso de este recurso. Por ello, actualmente investigadores del Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas están llevando a cabo proyectos con esta ascidia para la búsqueda y aislamiento de principios activos, los cuales hasta ahora han mostrado actividad anticancerígena y antibacteriana frente a diversas cepas patógenas de interés acuícola, agrícola y de salud humana (Muñoz-Ochoa et al., 2019, 2020, 2021). Con estos resultados se estará en la posibilidad de profundizar en áreas de farmacognosia, a la vez que se estaría ayudando a comunidades pesqueras ribereñas a resolver un problema ecológico, ya que la biomasa que obtienen de las campañas de limpieza podría ser utilizada y no desechada (enterrada) como actualmente lo hacen.

Conclusiones

La llegada de *Distaplia stylifera* en la Ensenada de La Paz, BCS, ha causado severos problemas en la industria de la maricultura de moluscos bivalvos y se desconoce cuán severamente ha impactado ecológicamente a las comunidades nativas del cuerpo de agua. La excesiva abundancia de ascidias que se asientan sobre los bancos de moluscos representa un alto gasto económico para la industria, que invierte altos recursos humanos y económicos para retirar a las ascidias de las conchas de los moluscos. Por el contrario, las ascidias representan un recurso marino altamente atractivo que se puede utilizar

económicamente ya que son una fuente potencial de metabolitos primarios y secundarios que producen presumiblemente para evitar la depredación y el incrustamiento de otros epibiontes. Estos metabolitos representan una fuente potencial de compuestos con actividad biológica de alto interés en la industria farmacológica. Además, las ascidias tienen un significativo contenido de proteína, glucógeno y minerales, en comparación con otros alimentos de origen animal. Por lo tanto, el informe relativamente reciente de la presencia de *D. stylifera* en algunos ecosistemas en el sur del Golfo de California (por ejemplo, Ensenada de La Paz, BCS) representa una oportunidad de nicho para evaluar su uso potencial sostenible no solo para tratar de controlar su distribución y dispersión, sino también para aprovechar el excedente de producción de biomasa que proporcionan y mitigar los impactos ambientales que pudieran ocasionarse por su presencia.

Bibliografía

- Ali, H. A. J. (2004). *Comparative study on ecology of Phallusia nigra Savigny 1816 from Tuticorin (southeast coast) and Vizhinjam (southwest coast)*. Disertación doctoral no publicada, Manonmaniam Sundaranar University, India.
- Ali, H. A. J., Tamilselvi, M. (2016). Biopotentiality of compounds of ascidians. In *Ascidians in Coastal Water* (pp. 37-38). Springer, Cham.
- Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., Wilson J.R.U., Richardson, D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in ecology and evolution*. 26(7): 333-339.
- Blunt, J. W., Copp, B. R., Munro, M. H., Northcote, P. T., Prinsep, M. R. (2004). Marine natural products. *Natural product reports*. 21(1): 1-49.
- Blunt, J. W., Copp, B. R., Keyzers, R. A., Munro, M. H., Prinsep, M. R. (2017). Marine natural products. *Natural Product Reports*. 34(3): 235-294.
- Brewin, B. I. (1953). Australian ascidians of the sub-family Holozoinae and a review of the sub-family. *Transactions and Proceedings of the Royal Society of New Zealand*. 81(1): 53-64.
- Carlton T. J., J. B. Geller. (1993) Ecological roulette: The global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*. 261: 78-82.
- Chandramanthi, V., Thilaga, R. D., Sivakumar, V. (2011). Antibacterial Activity of Methanol Extract of Colonial Ascidian *Distaplia nathensis*. *Global Journal of Biotechnology and Biochemistry*. 6(4): 183-185.
- Cole, L., Lambert, G. (2009). Tunicata (*Urochordata*) of the Gulf of Mexico. Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota Biodiversity Texas A&M Press, College Station, Texas, 1209-16.

- Cuevas, C., Francesch, A. (2009). Development of Yondelis® (trabectedin, ET-743). A semisynthetic process solves the supply problem. *Natural product reports*. 26(3): 322-337.
- Galicia-Nicolás, E. del C., Águila-Ramírez R. N., Rico-Virgen E. G., Medina-López M. A. (2018). Colonización y sucesión de organismos marinos implicados en el proceso de biofouling en paneles sumergidos en La Paz, Baja California Sur, México. En: Pérez Morales A. y Álvarez García M.C. (Eds.). *Estudios recientes en el Océano Pacífico Mexicano*, Universidad de Colima. 25-42.
- Jha, R. K., Zi-Rong, X. (2004). Biomedical compounds from marine organisms. *Marine drugs*. 2(3): 123-146.
- Jimeno, J., Lopez-Martin, J. A., Ruiz-Casado, A., Izquierdo, M. A., Scheuer, P. J., Rinehart, K. (2004). Progress in the clinical development of new marine-derived anticancer compounds. *Anti-cancer drugs*. 15(4): 321-329.
- Koplovitz, G., McClintock, J. B., Amsler, C. D., Baker, B. J. (2011). A comprehensive evaluation of the potential chemical defenses of Antarctic ascidians against sympatric fouling microorganisms. *Marine biology*. 158(12): 2661-2671.
- Kott, P. (1957). The ascidians of Australia. II. Aplousobranchiata Lahille: Clavelinidae Forbes & Hanly and Polyclinidae Verrill. *Marine and Freshwater Research*. 8(1): 64-110.
- Kott, P. (1972). The ascidians of South Australia I. Spencer Gulf, St Vincent Gulf and Encounter Bay. *Transactions of the Royal Society of Australia*. 96: 1-52.
- Kott, P. (1990). The Australian Ascidiacea part 2, Aplousobranchia (1). *Mem Qld Mus*. 29: 1-266.
- Li, C. Y., Li, D. T., Yin, X. X., Chang, Y. Q. (2007). Analysis and evaluation of the nutritional composition of ascidian *Halocynthia roretzi* [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 5.
- Lambert, G. (2002). Nonindigenous ascidians in tropical waters. *Pacific Science*. 56(3): 291-298.
- Mastrototaro, F., Tursi, A. (2010). Ascidiacea. *Biologia Marina Mediterranea*. 17 (1): 625-633.
- Mayer, A. M., Gustafson, K. R. (2006). Marine pharmacology in 2003–2004: anti-tumour and cytotoxic compounds. *European Journal of Cancer*. 42(14): 2241-2270.
- McClintock, J. B., Baker, B. J. (2001). *Marine chemical ecology*. CRC press.
- McClintock, J. B., Amsler, M. O., Amsler, C. D., Southworth, K. J., Petrie, C., Baker, B. J. (2004). Biochemical composition, energy content and chemical antifeedant and antifouling defenses of the colonial Antarctic ascidian *Distaplia cylindrica*. *Marine Biology*. 145(5): 885-894.
- Michaelsen, W. (1930). Ascidae Krikobranchiae. *Fauna Südwest-Australiens*. 5 (7): 463-558.
- Monniot, C., Monniot, F. (1984). Ascidiés littorales de Guadeloupe VII. Espèces nouvelles et complémentaires à l'inventaire. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 6(3).
- Moreno-Dávila, B., Gómez-Gutiérrez, J., Alcoverro, T., Ramírez-Luna, S., Sánchez, C., Balart, E. F., Huato-Soberanis, L. (2021). Mass mortality of pen shell *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae) due to abrupt population increase of tunicate (*Distaplia sp.*) in a subtropical bay, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 260, 107493.
- Muñoz-Ochoa, M., Arvizú, D. L., Rodríguez, E., Cruz-Escalona, V. (2019-2021). "Actividad biológica de la ascidia colonial *Distaplia stylifera* asociada al callo de hacha" Proyecto Multidisciplinario. Secretaría de Investigación y Posgrado Instituto Politécnico Nacional.
- Murugan, A., Ramasamy, M. S. (2003). Biofouling deterrent activity of the natural product from ascidian, *Distaplia nathensis* [Chordata]. *Indian Journal of Marine Sciences*. 32(2): 162-164.
- Navia, A. J. L., San Sebastián, M. M. (2018). Drogas marinas: los animales marinos como fuentes de compuestos antitumorales. *Ambiociencias*. (13): 34-51.
- Núñez-Pons, L., Forestieri, R., Nieto, R.M., Varela, M., Nappo, M., Rodríguez, J., Jiménez, C., Castelluccio, F., Carbone, M., Ramos-Espla, A., Gavagnin, M., Avila, C. (2010). Chemical defenses of tunicates of the genus *Aplidium* from the Weddell Sea (Antarctica). *Polar Biology*. 33: 1319-1329.
- Oh K-S, Kim J-S, Heu M-S. (1997). Food constituents of edible ascidians *Halocynthia roretzi* and *Pyura michaelsoni*. *Korean J Food Sci Technol*. 29: 955–62.
- Oliveira F. R. R., Lotufo T. M. C. (2010) New records of introduced ascidians at Ceara State harbors, Northern Brazil. III IISCC Woods Hole, April.
- Papapanou, M., Papoutsis, E., Giannakas, T., Katsaounou, P. (2021). Plitidepsin: Mechanisms and clinical profile of a promising antiviral agent against COVID-19. *Journal of personalized medicine*. 11(7): 668.
- Pérès, J. M. (1956). a-Ascidiés: Résultats des campagnes scientifiques de la «Calypso»; études sur le seuil Siculotunisien, Vol. II. *Ann. Institut Océanographique de Paris*. 32: 256-304.
- PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018a. Protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de tunicados en zonas de producción de moluscos de importancia económica. Servicio de consultoría Proyecto: 00089333 – FSP.
- PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018b. Impactos económicos de la presencia del tunicado *Distaplia stylifera* en la pesquería de callo de hacha en la Ensenada de La Paz, durante el proceso de repoblamiento 2016-2017 y durante la temporada de pesca 2018. Servicio de consultoría Proyecto: 00089333.
- Qureshi A., Faulkner D. J. (1999) 3,6-Dibromoindole, a new Indole from the Palauan Ascidian *Distaplia regina*. *Natural Product Letters*. 13(1): 59-62.
- Rinehart, K. L., Kishore, V., Bible, K. C., Sakai, R., Sullins, D. W., Li, K. M. (1988). Didemnins and tunichlorin: novel natural products from the marine tunicate *Trididemnum solidum*. *Journal of natural products*. 51(1): 1-21.
- Rinehart, K. L. (2000). Antitumor compounds from tunicates. *Medicinal research reviews*. 20(1): 1-27.
- Rocha, R. M., Guerra-Castro, E., Lira, C., Pauls, S. M., Hernández, I., Pérez, A., Caraballo, V. (2010). Inventory of ascidians (Tunicata, Ascidiacea) from the National Park La Restinga, Isla Margarita, Venezuela. *Biota Neotropica*. 10(1): 209-218.
- Rocha, R. M., Dias, G. M., Lotufo, T. M. C. (2011). Checklist das ascídias (Tunicata, Ascidiacea) do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*. 11(1a): 1-11.

- Shenkar, N., Swalla, B. J. (2011). Global diversity of Ascidiacea. *PLoS One*. 6(6): e20657.
- Shenkar, N., Gittenberger, A., Lambert, G., Rius, M., Moreira da Rocha, R., Swalla, B. J., Turon, X. (2021). Ascidiacea World Database. *Distaplia stylifera* (Kowalevsky, 1874). Recuperado el 12 de noviembre de 2021, de <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=236661>.
- Streit, O. T., Lambert, G., Erwin, P. M., López-Legentil, S. (2021). Diversity and abundance of native and non-native ascidians in Puerto Rican harbors and marinas. *Marine Pollution Bulletin*. 167: 112262.
- Svane, I., Young, C. M. (1989) The ecology and behavior of ascidian larvae. Oceanography and Marine Biology. *An Annual Review*. 27: 45–90.
- Tamilselvi, M., Sivakumar, V., Abdul Jaffar Ali, H., Thilaga, R. D. (2010). Preparation of pickle from *Herdmania pallida*, simple ascidian. *World Journal of Dairy and Food Sciences*. 5(1): 88-92.
- Tincu, J. A., Taylor, S. W. (2004). Antimicrobial peptides from marine invertebrates. *Antimicrobial agents and chemotherapy*. 48(10): 3645-3654.
- Troedsson C, Thompson E, Bouquet J-M, Magnesen T, Schander C, Li J. (2013) Tunicate extract for use in animal feeds. WO2013088177 A1.
- Van Name, W. G. (1921). Ascidiaceae of the West Indian region and south eastern United States. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 44(16).
- Van Name, W. G. (1945). The North and South American ascidians. *Bulletin of American Museum of Natural History*, 84: 1-476.
- Wang C. 2001. Chemical constituents of the tunicate *Styela plicata* from the Dayawan Bay. *Chinese J Anal Chem*. 29: 1311–4.
- White, K. M., Rosales, R., Yildiz, S., Kehrer, T., Miorin, L., Moreno, E., Jangra, S., Uccellini, M., Rathnasinge, R., Coughlan, L., Martínez, C., Batra, J., Rojc, A., Bouhaddou, M., Fabius J., Obemier, K., Dejez, M., Guillén, M., Losada, A., Avilés, P. Schotsaert, M., Zwaka, T., Vigmuzzi, M., Shokat, K., Krogan, N., García-Sastre, A. (2021). Plitidepsin has potent preclinical efficacy against SARS-CoV-2 by targeting the host protein eEF1A. *Science*. 371(6532): 926-931.
- Zhao, Y., Li, J. (2016). Ascidian bioresources: common and variant chemical compositions and exploitation strategy—examples of *Halocynthia roretzi*, *Styela plicata*, *Ascidia* sp. and *Ciona intestinalis*. *Zeitschrift für Naturforschung C*. 71(5-6): 165-180.



Universidades Estatales de Oaxaca

**10 Universidades
y 18 Campus**

**Universidad Tecnológica
de la Mixteca
(UTM)**
Huajuapán

**Universidad del Mar
(UMAR)**
Campus Puerto Escondido,
Puerto Ángel, Huatulco
y Oaxaca

**Universidad del Istmo
(UNISTMO)**
Campus Tehuantepec,
Ixtepec y Juchitán

**Universidad del Papaloapan
(UNPA)**
Campus Loma Bonita
y Tuxtpec

**Universidad de la Sierra Sur
(UNSIIS)**
Miahuatlán

**Universidad de la Sierra Juárez
(UNSIJ)**
Ixtlán de Juárez

**Universidad de la Cañada
(UNCA)**
Teotitlán de Flores Magón

**NovaUniversitas
(NU)**
Campus Ocotlán,
San Jacinto y Juxtlahuaca

**Universidad de la Costa
(UNCOS)**
Pinotepa Nacional

**Universidad de Chalcatongo
(UNICHA)**
Chalcatongo de Hidalgo

**627 edificios
500 Ha**

**30 Institutos
de
Investigación**



**183 Laboratorios
29 Talleres**

Universidades ecológicas:
Los campus universitarios
son bosques con
la flora y fauna endémicas

**88 carreras,
de las cuales la mayoría
son ingenierías**

**41 posgrados:
10 Doctorados
y 31 Maestrías**



**Más de
11,000 alumnos
Alrededor de
1,200 profesores
de tiempo completo**