

## Equinocromo A en el fluido celómico de *Arbacia stellata* (Echinodermata: echinoidea) con interés para la acuicultura Echinochrome A from coelomic fluid of *Arbacia stellata* (Echinodermata: echinoidea) with interest for aquaculture

Javier José Palma-Chávez<sup>1,2</sup> , Jorge Ignacio Sonnenholzner-Varas<sup>2</sup> , Edgar Zapata-Vívenes<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Programa de Maestría de Investigación en Acuicultura, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Equinodermos, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador.

**Correspondencia:** Javier José Palma-Chávez, **E-mail:** [jpalma8553@utm.edu.ec](mailto:jpalma8553@utm.edu.ec)

Comunicación corta | Short communication

### Palabras clave

Equinocromo A  
1,4-naftoquinona  
Polihidroxilada  
Pigmento  
Absorbancia  
Acuicultura  
Nutracéuticos

**RESUMEN** | En el marco de la generación de estudios de investigación en biología aplicada para la diversificación de la acuicultura en Ecuador, se consideró al erizo de mar nativo *Arbacia stellata* con potencial para su acuicultura y extracción de biomoléculas macroenergéticas utilizables para las industrias nutracéutica y farmacéutica. Se recolectaron 150 erizos de mar de la costa continental ecuatoriana entre octubre 2019 y marzo 2020. Se estimó el contenido del pigmento naftoquinona equinocromo A (Ech-A) en el fluido celómico de (i) individuos pequeños: 16,3 ± 0,3 mm de diámetro de testa, DT; 2,8 ± 0,3 g, y (ii) individuos grandes: 45,7 ± 0,4 mm DT; 56,4 ± 1,1 g. Los valores de absorbancia (expresados en densidad óptica) fueron reportados en dos longitudes de onda: 387 y 487 nm. Hubo interacción entre los individuos grandes que registraron los picos de absorbancia más altos para Ech-A en ambas longitudes de onda (387 nm: 0,10 ± 0,008 y 487 nm: 0,05 ± 0,005;  $P < 0,05$ ). Los resultados de este estudio concuerdan con los hallazgos en otras especies de erizos de mar, donde la mayor producción de Ech-A en el fluido celómico ocurre en individuos más grandes detectados en una absorbancia de 387 nm.

### Keywords

Echinochrome A  
Polyhydroxylated  
1,4-naphthoquinone  
Pigment  
Absorbance  
Aquaculture  
Nutraceutical

**ABSTRACT** | Within the framework of the generation of research studies in applied biology for the diversification of aquaculture in Ecuador, the native sea urchin *Arbacia stellata* was considered with potential for its aquaculture and extraction of macroenergetic biomolecules usable for the nutraceutical and pharmaceutical industries. A total of 150 sea urchins were collected from the Ecuadorian continental coast between October 2019 and March 2020. The content of the pigment equinochrome naphthoquinone A (Ech-A) in the coelomic fluid was evaluated from (i) small individuals: 16.3 ± 0.3 mm of test diameter, TD; 2.8 ± 0.3 g, and (ii) large individuals: 45.7 ± 0.4 mm TD; 56.4 ± 1.1 g. The absorbance values (expressed in optical density) were reported in two wavelengths: 387 and 487 nm. There was interaction between large individuals who recorded the highest absorbance peaks for Ech-A at both wavelengths (387 nm: 0.10 ± 0.008 and 487 nm: 0.05 ± 0.005;  $P < 0.05$ ). The results of this study are consistent with the findings in other species of sea urchins, where the highest production of Ech-A in coelomic fluid occurs in larger individuals detected at an absorbance of 387 nm.

La acuicultura marina es la industria de producción de más alto crecimiento de alimentos de consumo con alto valor nutricional (ricos en aminoácidos, altos niveles de ácidos grasos Omega-3 y en concentraciones de vitaminas y minerales), pero debido a la sobreexplotación de los recursos hidrobiológicos marinos a escala global, ahora esta industria es mayor en producción que la pesca convencional desde 2014 (FAO, 2020); y además, lidera fuertemente la industria de nutracéuticos (Rasul-Suleria, 2015; Goyal *et al.*, 2020; Mordor Intelligence, 2021).

El mercado nutracéutico compuesto por alimentos y bebidas funcionales y suplementos dietéticos se valoró en alrededor de US\$ 250 mil millones de dólares americanos en 2014, y la demanda de los consumidores de nutracéuticos va en aumento rápidamente y se espera que por efecto de la pandemia del COVID-19, el mercado supere los US\$ 385 mil millones para 2026 (Mordor Intelligence, 2021). Por eso, en

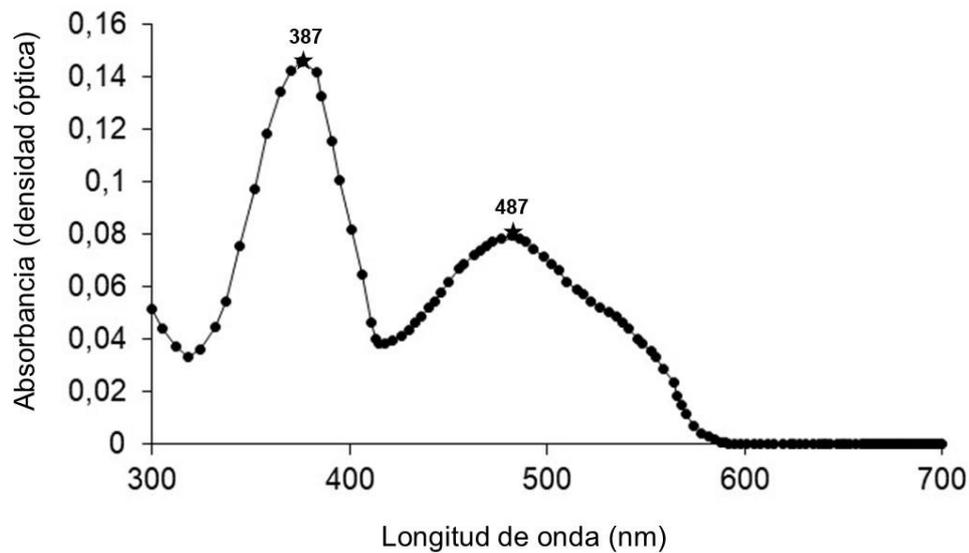
Latinoamérica existe interés de aumentar drásticamente la producción acuícola, aunado a la selección de especies nativas (p.e., erizos de mar) que destaquen por su rápido crecimiento, conversión alimenticia mejorada, mayor supervivencia, resistencia a enfermedades, producción de extractos naturales con actividades antimicrobianas y antioxidantes, entre otros (Gjedrem *et al.*, 2012).

La pesca de erizo de mar se ha expandido rápidamente alrededor del mundo, pero se encuentra restringida debido a que los stocks naturales han disminuido y el esfuerzo de pesca ha aumentado (Micael *et al.*, 2009; Stefánsson *et al.* 2017). Hoy, el papel de la acuicultura del erizo de mar va más allá de satisfacer la demanda del mercado por alimentos de alta calidad de origen animal para consumo directo – huevas de erizo de mar: *Roe* – (Brown y Eddy, 2015), sino generar productos biotecnológicos de metabolitos secundarios del erizo de mar (p.e., extracto de la gónada) que contribuyan a la conservación de moléculas macroenergéticas en los órganos y tejidos humanos (Li *et al.*, 2009; Leal *et al.* 2016; Shikov *et al.*, 2018; Stabili *et al.*, 2018; Hou *et al.*, 2018; Rubilar *et al.*, 2021). El extracto de la gónada del erizo de mar presenta una gama de sustancias de interés farmacognóstico, tales como: carnitina, ácidos grasos poliinsaturados (EPA: grupo Omega-3), fosfolípidos, cardiolipina, glucósidos, compuestos aromáticos, péptidos, aminoácidos, macro- y microelementos, compuestos orgánicos de yodo, selenio y muchos otros que tienen un tónico efecto antioxidante, radioprotector e hipolipidémico (Vasileva *et al.*, 2017). Uno de estos compuestos son los pigmentos antioxidantes activos naftoquinonas (de color rojo parduzco intenso) relacionados con las vitaminas del grupo K: equinocromo A o Ech-A (presente en el fluido celómico y gónadas) y espinocromos A-E (presentes en la testa y espinas) que interrumpen y eliminan procesos patológicos en humanos (enfermedades cardiovasculares, proceso de envejecimiento, inflamación, deterioro de la función hepática, enfermedades oncológicas, entre otros) de los oligoelementos libres peligrosos producto de las reacciones biológicas (ROS: especies de oxígeno reactivas, Service y Wardlaw, 1984; Hou *et al.*, 2018; Fedoreyev *et al.*, 2019).

En el mar ecuatoriano se reportan dos especies del género *Arbacia* (Arbaciidae: Arbacioida): *Arbacia stellata* (Blainville, 1825) y *A. spatuligera* (Valenciennes, 1846). En particular, *A. stellata* se distribuye desde el sur de California, Estados Unidos de Norteamérica, hasta Perú, incluyéndose a las Islas Galápagos – Ecuador (Hooker *et al.*, 2005; Burcham y Caruso, 2015). Este estudio básico demuestra que el erizo de mar negro *A. stellata* presenta un atributo biológico funcional de interés para la acuicultura por su potencialidad para aplicación en la biotecnología, farmacéutica, alimentaria y cosmética con base en la presencia del pigmento rojo naftoquinona Ech-A en el fluido celómico de individuos con amplio intervalo de tamaños. Ech-A, también se encuentra en las gónadas asociado a otros compuestos de alto nivel medicinal (Shikov *et al.*, 2018) tal como ha sido reportado en *A. lixula* en el mar Mediterráneo (Cirino *et al.*, 2017) y *A. dufresnii* en la región patagónica de Argentina (Rubilar *et al.*, 2020; Barbieri *et al.*, 2021). No obstante, todavía hay varios temas inexplorados en el erizo de mar *A. stellata*, particularmente relativos a la producción de Ech-A en el fluido celómico. Por eso, el objetivo de este estudio fue determinar la presencia y los niveles del pigmento Ech-A en el fluido celómico de *A. stellata* de un amplio rango de individuos de diferente talla corporal.

Se recolectaron 150 erizos de mar *A. stellata* en dos localidades de la costa continental ecuatoriana entre octubre 2019 y marzo 2020: (1) erizos pequeños recolectados de un sistema *long-line* de cultivo de *Crassostrea gigas* en la localidad pesquera de Monteverde, Santa Elena (1°59'1,59" S; 80°45'35,15" O) y (2) erizos grandes recolectados de una plataforma flotante (facilidad pesquera - muelle de madera) en Cojimíes, Manabí (0°22'59,99" N, 80° 01'59,99" O). Los erizos de mar fueron transportados en envases isotérmicos (21,0 ± 1,0 °C) a los laboratorios del Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Naturales Renovables de la Universidad Técnica de Manabí – extensión Sucre, Manabí. La talla y peso fueron medidos utilizando un calibrador Vernier de 0,01 mm de precisión (diámetro de testa, expresado en milímetros) y una balanza electrónica de 0,01 g de precisión (peso húmedo, expresado en gramos), respectivamente. Se extrajo fluido celómico (FC) del celoma perivisceral con jeringa para insulina de 1,0 ml y aguja calibre 31G. Las muestras de FC se recolectaron en tubos Eppendorf de 1,5 ml precargados con 30 mmol/l de ácido etilendiaminetetracético, EDTA (Matranga *et al.*, 2006) y mantenidos a -20 °C hasta su procesamiento. Los valores espectrales de absorbancia de Ech-A fueron medidos con un termoespectrofotómetro de UV-luz visible (modelo Evolution™ 201-220). Los barridos desde 300 a 700

nm (Service & Wardlaw, 1984; Coates *et al.*, 2017) evidenciaron los mayores en longitudes de onda de 387 y 487 nm (Fig. 1). El tratamiento estadístico de los datos consistió en verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Para medir diferencias de los valores de Ech-A y sus posibles interacciones entre individuos de diferente tamaño (en talla) y las absorbancias: 387 y 487 se realizó Análisis de Varianza (ANOVA). En las comparaciones donde fueron detectadas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey HSD para conocer cuáles eran diferentes. Los valores promedios de las variables analizadas se expresan con el error estándar. Se utilizó el programa STATISTICA 10.0 (StatSoft, Inc., EE. UU.).

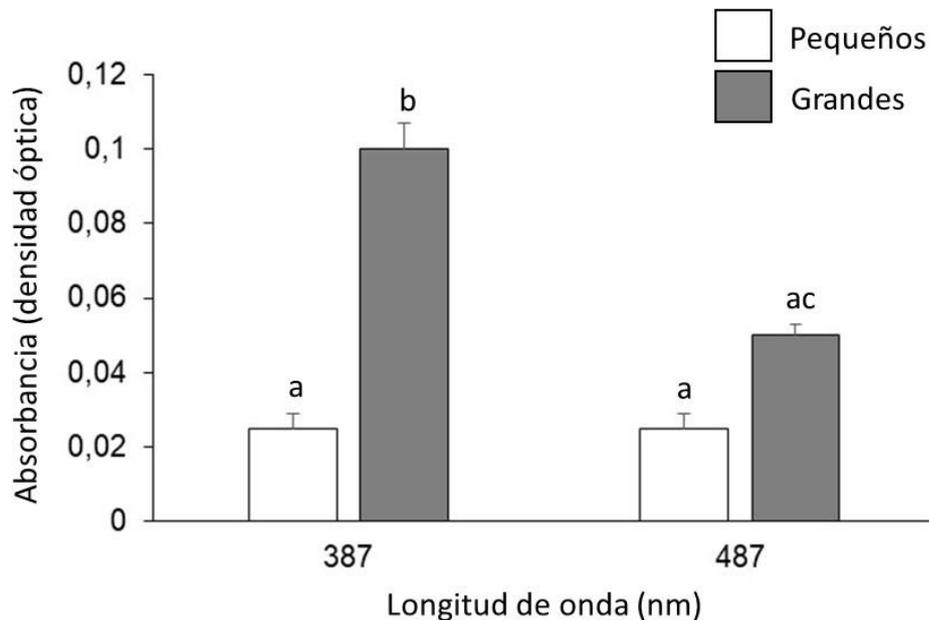


**Figura 1.** Espectro de absorción del fluido celómico del erizo de mar *Arbacia stellata* con dos picos de absorción (387 y 487 nm) indicativos de la presencia del pigmento equinocromo A.

La talla y peso de los erizos de mar en las categorías de pequeño ( $16,3 \pm 0,3$  mm diámetro de testa, DT y  $2,8 \pm 0,3$  g) y grande ( $45,7 \pm 0,4$  mm DT y  $56,4 \pm 1,1$  g) fueron significativamente distintos (Talla:  $F = 6257,99$ ,  $P = 0,00003$ , Tabla 1A; Peso:  $F = 1515,23$ ,  $P = 0,00003$ , Tabla 1B). Los picos de absorción 387 y 487 nm fueron indicadores del EchA soluble y libre de células en el FC (Figs. 1, 2). Se observó interacción entre los individuos grandes que registraron los picos de absorción más altos para la biomolécula EchA en ambas longitudes de onda (387 nm:  $0,10 \pm 0,008$  y 487 nm:  $0,05 \pm 0,005$ ; Fig. 2), siendo la longitud de onda 387 nm la que registró valores más altos de absorción ( $F = 5,53$ ;  $P = 0,046$ ; Tabla 1C).

**Tabla 1.** Resumen de estadísticas ANOVA - 1 vía: A) talla (diámetro de testa), B) peso (en gramos), y ANOVA - 2 vías: C) absorción (nm) y tamaño (erizos pequeños y grandes).

	Efecto	SS	DF	MS	F	P
A	Talla	1 310,98	1	1 310,98	6 257,99	0,00003
	Error	3,692	4	0,92	1 420,25	
B	Peso	4 364,28	1	4364,28	1515,23	0,00003
	Error	11,52	4	2,88		
C	Absorción	0,0017	1	0,0017	5,57	0,045
	Tamaño	0,0075	1	0,0075	24,32	0,001
	A x T	0,0017	1	0,0017	5,53	0,046
	Error	0,0025	8	0,0003		



**Figura 2.** Absorbancias (DO) a dos longitudes de onda (387 y 487 nm) en erizos de mar *Arbacia stellata* de diferente diámetro de testa (pequeños y grandes). Barras expresan error estándar. Las letras no compartidas indican diferencias significativas.

Debido a que el crecimiento de los erizos de mar es indeterminado, plástico y asintótico (Sebens, 1987), consecuentemente el tamaño está determinado por la edad, actividad reproductiva y disponibilidad del alimento. Los resultados aquí reportados no tienen relación con el desarrollo ontogénico (etapas de juvenil - adulto) o estadios reproductivos de *A. stellata*, sino sólo en relación de datos del individuo que muestran aspectos y medidas de su estado corporal (expresado en talla): (i) pequeños: < 21 mm de DT y (ii) grandes: >51 mm DT. De acuerdo con Muñoz-Entrena (2020) *A. stellata* es una especie muy voraz de rápido crecimiento que puede superar en crecimiento a otras especies de erizos de mar ruderales (p.e., *Lytechinus pictus*) y usa energía en el desarrollo de espinas gruesas y caparazón fuerte, que le confieren protección contra depredadores y manejo de estrés frente condiciones ambientales extremas; p.e., falta de alimento (Lawrence, 2007). Con respecto a su actividad reproductiva, Díaz-Martínez et al. (2019) reportan que *A. stellata* presenta un ciclo reproductivo semicontinuo y es desovante parcial. En tanto, Ernst et al. (1973; fide Gianguzza, 2020) reportan que *A. lixula* alcanza su madurez sexual entre 9,0 y 14,0 mm de diámetro de testa; aunque Tommasi (1964) reportó madurez sexual en especímenes de 6,0 mm en las costas de Brasil. Nuestros resultados permiten inferir que la producción del pigmento Ech-A en el fluido celómico de *A. stellata* pudiera ocurrir en individuos menores de 21 mm de DT que ya habrían iniciado su ciclo de reproducción, y que la mayor producción de Ech-A sería en individuos con el mayor desarrollo gonadal. Esto concuerda con Hou et al. (2020) quienes indicaron que los pigmentos del grupo de las polihidroxi-naftoquinonas (PHNQ) cumplen diferentes funciones, entre ellas, como mecanismos de defensa para asegurar su desarrollo, supervivencia y reproducción.

El pigmento Ech-A se encuentra principalmente presente en los celomocitos granulados rojos que modulan el sistema inmune del erizo de mar (Matranga et al., 2000; Coates et al., 2017). Por consiguiente, nuestros resultados infieren sobre la actividad metabólica reproductiva durante las diferentes fases de desarrollo gonadal de esta especie (a través del crecimiento gonadosomático), como un requerimiento fisiológico que eleva las defensas antioxidantes en la maduración de gametos (Zapata-Vívenes et al., 2018). Por consiguiente, la producción de Ech-A aumentaría de manera importante conforme aumente el tamaño del individuo (sea macho o hembra), pero mantenga la bioenergética de alimentación (Lawrence, 2007). No se descarta que el pigmento Ech-A podría estar unido a una o más proteínas asociadas con la reproducción, como la vitelogenina (Brooks y Wessel, 2002; Walker et al., 2013). Por otra parte, se determinó que la longitud de onda 387 nm permite una detección confiable de producción del pigmento Ech-A para un intervalo amplio de tamaños del erizo de mar *A. stellata*, similar a la detección de Ech-A en el erizo de mar *Paracentrotus lividus*, donde la absorbancia en 346 nm fue el mejor indicador (Coates et al., 2017). Todo

esto es importante considerar para fines de acuicultura al momento de la extracción de fluido celómico de adultos reproductores en cautiverio, para cuantificar la concentración y obtención del pigmento Ech-A sin sacrificar a los erizos de mar.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Buenas prácticas en el uso de animales

Los autores declaran haber seguido todas las pautas internacionales, nacionales e institucionales aplicables para el cuidado y uso ético de los animales estudiados.

### Agradecimientos

Este estudio forma parte del proyecto “Desarrollo de protocolos de producción de juveniles y de extracción-caracterización de sustancias nutraceuticas del erizo de mar *Arbacia stellata* (Blainville, 1823) para diversificación acuícola en Manabí, Ecuador”, financiado por la Universidad Técnica de Manabí bajo el código PYT1344-CONV2019-FCV0023.

### REFERENCIAS

- Barbieri E., Rubilar T., Gázquez A., Avaro M., Seiler E., Vera-Piombo M., Gittardi A., Chaar F., Fernández J., Sepulveda L. (2020). Sea urchin pigments as potential therapeutic agents against the spike protein of SARS-CoV-2 based on in silico analysis. *ChemRxiv*. (Preprint). <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.12568595.v1>
- Brown N.P., Eddy S.D. (2015). Echinoderm aquaculture. John Wiley & Sons, Inc.
- Burcham D., Caruso N.L. (2015). Abundance, size, and occurrence of *Arbacia stellata* in Orange County, California. *California Fish and Game*, 101:184-187.
- Cirino P., Brunet C., Ciaravolo M., Galasso C., Musco L., Vega-Fernández T., Sansone C., Toscano A. (2017). The sea urchin *Arbacia lixula*: A novel natural source of Astaxanthin. *Marine Drugs*, 15:187. <https://doi.org/10.3390/md15060187>
- Coates C.J., McCulloch C., Betts J., Whalley T. (2018). Echinochrome A release by red spherule cells is an iron-withholding strategy of sea urchin innate immunity. *Journal of Innate Immunity*, 10:129-130. <https://doi.org/10.1159/000484722>
- Díaz-Martínez J.P., Carpizo-Ituarte E.J., Benítez-Villalobos F. (2019). Reproductive patterns of the black starry sea urchin *Arbacia stellata* in Punta Banda, Baja California, México. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99:1379-1391. <https://doi.org/10.1017/S0025315419000316>
- FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Rome: FAO.
- Fedoreyev S.A., Krylova N.V., Mishchenko N.P., Vasileva E.A., Pislyagin E.A., Iunikhina O.V., Lavrov V.F., Svitich O.A., Ebralidze L.K., Leonova G.N. (2018). Antiviral and antioxidant properties of Echinochrome A. *Marine Drugs*, 16:509. <https://doi.org/10.3390/md16120509>
- Gianguzza P. (2020). Chapter 4: *Arbacia*. En: J.M. Lawrence (ed.). *Sea Urchins: Biology and Ecology, Fourth Edition*, 43:419-429. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819570-3.00024-X>

- Gjedrem T., Robinson N., Rye M. (2012). The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. *Aquaculture*, 350-353:117-129. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.008>
- Goyal M.R., Rasul-Suleria H.A., Kirubanandan S. (2020). Technological processes for marine foods, from water to fork: Bioactive compounds, industrial applications and genomics. Editorial Apple Academic Press Inc. 375 pp.
- Hooker Y., Solís-Marín F.A., Llellis M. (2005). Equinodermos de las Islas Lobos de Afuera (Lambayeque, Perú). *Revista Peruana de Biología*, 12:77-82.
- Hou Y., Vasileva E.A., Carne A., McConnel M., El-Din A. Bekhit A., Mishchenko N.P. (2018). Naphthoquinones of the spinochrome class: occurrence, isolation, biosynthesis and biomedical applications. *RSC Advances*, 8:32637-32650. <https://doi.org/10.1016/10.1039/c8ra04777d>
- Hou Y., Carne A., McConnell M., Bekhit, A., Mros S., Amagase K., Bekhit A. (2020). In vitro antioxidant and antimicrobial activities, and in vivo anti-inflammatory activity of crude and fractioned PHNQs from sea urchin (*Evechinus chloroticus*). *Food Chemistry*, 316:126339. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126339>
- Lawrence J. (2007). Edible sea urchins: Use and life-history strategies. In: Lawrence J.M. (ed). Edible sea urchins: Biology and ecology. Florida, USA. pp: 1-9.
- Leal M.C., Rocha R.J.M., Rosa R., Calado R. (2016). Aquaculture of marine non-food organisms: what, why and how? *Reviews in Aquaculture*, 10:400-423. <https://doi.org/10.1111/raq.12168>
- Li J.W y Vederas J.C. (2009). Drug discovery and natural products: end of an era or an endless frontier? *Science*, 325:161-165. <https://doi.org/10.1126/science.1168243>
- Matranga V., Pinsino A., Celi M., Di Bella G., Natoli A. (2006). Impacts of UV-B radiation on short-term cultures of sea urchin coelomocytes. *Marine Biology*, 149:25-34. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-0212-1>
- Micael J., Alves M., Costa A. Jones M. (2009). Exploitation and conservation of echinoderms. *Oceanography and Marine Biology*, 47:191-208. <https://doi.org/10.1201/9781420094220.ch4>
- Mordor Intelligence (2021). Global nutraceuticals market (2021-2026). Industry Reports, 41 pp.
- Muñoz-Entrena S. (2019). Growth of juveniles of two species of sea urchins under three different diets. Tesis de grado en Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canarias, España. 28 pp.
- Rasul-Suleria H.A., Osborne S., Masci P., Gobe G. (2015). Marine-based nutraceuticals: An innovative trend in the food and supplement industries. *Marine Drugs*, 13:6336-6351. <https://doi.org/10.3390/md13106336>
- Rubilar T., Barbieri E., Gázquez A., Avaro M., Vera-Piombo M., Gittardi A., Seiler E., Fernández J., Sepulveda L., Char F. (2020). In Silico analysis of sea urchin pigments as potential therapeutic agents against SARS-CoV-2: main protease (Mpro) as a target. *ChemRxiv*. Preprint. <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.12598487.v1>
- Sebens K.P. (1987). The ecology of indeterminate growth in animals. Annual review of ecology and systematics, 18:371-407. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002103>
- Service M., Wardlaw A.C. (1984). Echinochrome-A as a bactericidal substance in the coelomic fluid of

*Echinus esculentus* (L.). *Comparative Biochemistry Physiology*, 79:161-165.  
[https://doi.org/10.1016/0305-0491\(84\)90008-7](https://doi.org/10.1016/0305-0491(84)90008-7)

Shikov A.N., Pozharitskaya O.N., Krishtopina A.S., Makarov V.G. (2018). Naphthoquinone pigments from sea urchins: Chemistry and pharmacology. *Phytochemistry Reviews*, 17:509-534.  
<https://doi.org/10.1007/s11101-018-9547-3>

Stabili L., Acquaviva M.I., Cavallo R., Gerardi C., Narracci M., Pagliara P. (2018). Screening of three echinoderm species as new opportunity for drug discovery: Their bioactivities and antimicrobial properties. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, <https://doi.org/10.155/2018/7891748>

Stefansson G., Kristinsson H., Ziemer N., Hannon C., James P. (2017). Markets for sea urchins: A review of global supply and markets, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12657.99683>.

Tommasi L.R., 1964. Observaciones sobre Equinoideos del Brasil. *Revista. Brasileira de Biología*, 24:83-93.

Vasileva E.A., Mishchenko N.P., Fedoreyev S.A. (2017). Diversity of polyhydroxynaphthoquinone pigments in North Pacific sea urchins. *Chemistry and Biodiversity*, 14:170-182.  
<https://doi.org/10.1002/cbdv.201700182>

Zapata-Vívenes E., Arzola K., Reyes-Lujan J., Dwigth A., Guevara M. Marcano L. (2018). Defensas antioxidantes y sustratos energéticos durante el desarrollo gonadal del erizo negro *Echinometra lucunter*. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 57:2-9.

Recibido: 09-07-2021

Aprobado: 10-08-2021

Versión final: 12-08-2021

