

Revista Ciencias del Mar UAS



Octubre - Diciembre 2024

Núm. 1 Vol.2

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



E-ISSN (en trámite)



Nota

Científica

Cambios en la distribución espacial del camarón blanco *Penaeus vannamei* en estanques de cultivo semi-intensivo en respuesta a las fases lunares

Changes in the spatial distribution of the white shrimp *Penaeus vannamei* in semi-intensive farming as response to moon phases



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el origina



1. Baltazar Ramos Torres



0009-0004-7411-7866

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen S/N, Mazatlán 82000, Sinaloa, México.



2. Ricardo Urías Sotomayor



0000-0002-7020-061X

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen S/N, Mazatlán 82000, Sinaloa, México.



3. José Adán Félix Ortiz



0000-0001-9511-9108

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen S/N, Mazatlán 82000, Sinaloa, México.



4. Guillermo Rodríguez Domínguez



0000-0002-5612-5131

Universidad Tecnológica de Escuinapa, Escuinapa Sinaloa.

Autor de correspondencia: guirodom@uas.edu.mx



Cambios en la distribución espacial del camarón blanco *Penaeus vannamei* en estanques de cultivo semi-intensivo en respuesta a las fases lunares

Changes in the spatial distribution of the white shrimp *Penaeus vannamei* in semi-intensive farming as response to moon phases

► RESUMEN

El muestreo poblacional de camarón en estanques de cultivo es importante para estimar la abundancia y sobrevivencia, sin embargo, el comportamiento gregario de *P. vannamei* genera resultados con un grado de incertidumbre por la gran variabilidad de los datos. Para disminuir esta dificultad los técnicos acostumbran muestrear en fases de cuartos lunares asumiendo una distribución espacial más homogénea. Para probar esta hipótesis se realizaron muestreos de camarón blanco en tres estanques de cultivo semi-intensivo durante las fases de luna nueva, luna llena y cuartos lunares. Como indicadores de la distribución agregada se utilizó la razón varianza/media y un índice de agregación (*Ip*, por sus siglas en inglés index of patchiness). Se observó una relación de la intensidad de agregación con las fases lunares, con mayores índices de agregación en luna llena y los más bajos en luna nueva y cuarto creciente. Se recomienda el muestreo masivo de camarón en cualquiera de estas dos fases con un número de muestras superior a 30, independiente del tamaño del estanque.

Palabras clave: Distribución espacial, cultivo de camarón, varianza/media/ fases lunares, índice de agregación.



► ABSTRACT

Population sampling of shrimp in culture ponds is important to estimate abundance and survival, however, the gregarious behavior of *P. vannamei* generates results with a degree of uncertainty due to the high variability of the data. To reduce this difficulty, technicians usually sample during quarter moon phases, assuming a more homogeneous spatial distribution. To test this hypothesis, white shrimp were sampled in three semi-intensive culture ponds during the new moon, full moon, and quarter moon phases. The variance/mean ratio and a patchiness index (I_p) were used as indicators of aggregate distribution. A relationship was observed between the intensity of aggregation and the lunar phases, with higher aggregation indices during the full moon and the lowest during the new moon and first quarter moon. Mass sampling of shrimp is recommended in either of these two phases with a number of samples greater than 30, regardless of the size of the pond.

Key words: Spatial distribution, shrimp culture, variance/mean, moon phases, index of patchiness

► INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón en México inició en la década de los ochenta y tuvo un constante desarrollo, principalmente en la región del noroeste de México. Para el año 2023 la producción de camarón de cultivo fue del orden de 194,083 toneladas que representa el 78% de la producción total de camarón en México. Los principales estados productores de camarón de cultivo son Sinaloa, Sonora y Nayarit, los cuales aportan el 95% de la producción nacional (CONAPESCA, 2023).

En las granjas de cultivo de camarón se realizan periódicamente muestreos para determinar la abundancia de camarones en los estanques con el fin de estimar sobrevivencia y ajustar los volúmenes de alimento balanceado (NRC, 2011). Para este objetivo se recomienda realizar de tres a cuatro lances de atarraya por hectárea para los muestreos poblacionales (Clifford, 1998). Sin embargo, los camarones de cultivo tienden a formar agregaciones en los estanques, y este comportamiento



genera grandes variaciones en el número de camarones capturados durante los muestreos, afectando las estimaciones de abundancia por la gran incertidumbre que aporta la variación (Clifford, 1998).

El comportamiento de cada especie de camarón responde diferencialmente a diversos factores que afectan su distribución en los estanques (Clifford, 1998; Brito et al., 2017; Carvalho-Batista et al., 2023), pero uno de ellos se asocia a las fases lunares (Chiou et al., 2003). Con el fin de reducir la variación en los muestreos poblacionales, los técnicos de granjas en Sinaloa programan sus muestreos en los periodos de cuartos lunares porque aseguran que es cuando el camarón se distribuye más homogéneamente en el estanque, sin que exista ninguna evidencia en la literatura de que así suceda. El objetivo de esta nota fue evaluar como varía la distribución espacial de camarones en los estanques de cultivo dependiendo de la fase lunar.

▶ METODOLOGÍA

Se realizaron muestreos poblacionales de camarón blanco, *P. vannamei*, en tres estanques de cultivo de una granja de camarón localizada en la región meridional costera del estado de Sinaloa, durante un ciclo lunar. Las dimensiones de dos estanques muestreados fueron de 4 hectáreas cada uno y se denominarán en adelante como estanque 1 y 2, y otro estanque fue de 10 hectáreas, denominado en lo sucesivo estanque 3.

La captura de camarones se realizó con atarraya de 2.5 m de diámetro (con área de barrido de 6.5 a 7 m²) y 1/4 pulgadas de luz de malla. La persona encargada de lanzar la atarraya siempre fue la misma y cuenta con amplia experiencia, logrando una eficiencia de apertura de la atarraya del 90%, en todo caso, cuando el lance falló en alcanzar una abertura mayor al 90% se descartaron los datos de ese lance. Se realizaron 5 lances de atarraya por hectárea; así en los estanques 1 y 2 se realizaron 20 lances en cada uno, mientras que en el estanque 3 se realizaron 50 lances, distribuidos homogéneamente en los estanques. En cada lance se registró el número de camarones capturados. El peso promedio de los camarones muestreados varió entre 9 y 10 g. La recomendación de Clifford (1998) sobre los lances/hectárea para

estimar la densidad de los camarones, probablemente estaba considerando estanques de más de 10 hectáreas, toda vez que para estimar la densidad media de camarones es más importante el número total de lances que la densidad de lances por hectárea. Con el fin de evaluar el tamaño de muestra (número de lances por estanque) más adecuado, considerando la variación de camarones por lance, se siguió el siguiente procedimiento: 1.- Se identificaron las dos fases lunares con índices de agregación más bajos ya que a mayor varianza mayor es el tamaño de la muestra que se requiere. 2.- Se realizaron 10,000 remuestreos con reemplazo (bootstrapping) sobre los datos originales de estas dos fases con tamaños de muestra entre 5 y 50 lances a intervalos de 5, para cada estanque y fase lunar. 3.- Se ordenaron las medias de los remuestreos en orden ascendente y se eligió las medias en posición 250 (ICi95%) y 9750 (ICs95%) como intervalo de confianza al 95% y se calculó la gran \bar{X} de estos remuestreos. 4.- Entonces se estimó el porcentaje de error de estimación de la media ($\% \delta$) para cada tamaño de muestra, estanque y fase lunar con la siguiente fórmula.

$$\% \delta = \frac{100 * (ICs95\% - ICi95\%) / 2}{\bar{X}} = \frac{100 * (ICs94\% - ICi95\%)}{2 * \bar{X}}$$

La elección de un tamaño de muestra adecuado es una decisión sobre la ganancia de reducir la varianza y el costo del esfuerzo al aumentar el tamaño de la muestra. El porcentaje de error de la estimación de un parámetro está en función de la varianza y esta a su vez del tamaño de la muestra. Así entonces un análisis de la reducción del porcentaje error de estimación de la media con el incremento del tamaño de la muestra da información para elegir cual es más conveniente.

Los lances se realizaron por la mañana entre 06:00 y 08:00 am., considerando que la alta turbidez de los estanques (menos de 30 cm de disco de Secchi) mantenía activos los camarones en ese horario. Los muestreos se realizaron los días 9, 17 y 25 de octubre y el 2 de agosto de 2023, que corresponde con el ciclo lunar de cuarto menguante, luna nueva, cuarto creciente y luna llena, respectivamente.

Para evaluar la distribución espacial se estimó la razón varianza media (S^2/m) y el Índice de Agregación (I_p) como sigue:

$$I_p = 1 + \left(\frac{s^2}{m^2} - \frac{1}{m} \right)$$

Donde S^2 es la varianza del número de camarones por lance en la muestra de cada estanque, mientras que m es la captura media de camarones por lance en cada estanque. (Jingyuan et al., 2006, Henriques et al., 2017, Wade et al., 2018, Barnes & Hamylton, 2019).

Valores de la razón varianza media menores de 1 indican una distribución homogénea, un valor de 1 es indicativo de una distribución al azar, mientras que valores mayores a 1 indican una distribución agregada. Un valor de $I_p = 1$ también indica distribución al azar y los valores $I_p > 1$ indican la intensidad de la agregación; entre mayor sea la intensidad de la agregación, mayor será el valor de este índice.

► RESULTADOS

Los valores de la razón varianza/media variaron entre 3.7 y 22.9; muy lejos del valor de referencia de 1 que corresponde a una distribución espacial al azar, confirmando la naturaleza gregaria de los camarones en los estanques de cultivo, confirmándose además que el tamaño de los estanques no influye en el tipo de distribución, ya que en promedio la razón/varianza media de los tres estanques se mantuvo alrededor de 11.5 (figura 1a). Los valores de I_p variaron entre 1.07 y 1.41 con un promedio de 1.2 entre los estanques, con un comportamiento similar a la razón varianza/media. (figura 1b).

La distribución espacial de los camarones se vio influenciada por la fase lunar, observándose una mayor intensidad de agregación en luna llena, como lo indican los valores más altos de la razón varianza/media (>17.3) y del I_p (>1.3), mientras que en las fases de luna nueva y cuarto creciente se presentaron los valores más bajos de la razón varianza/media y de I_p , lo que indica una mayor dispersión espacial de los camarones en los estanques (figura 2).

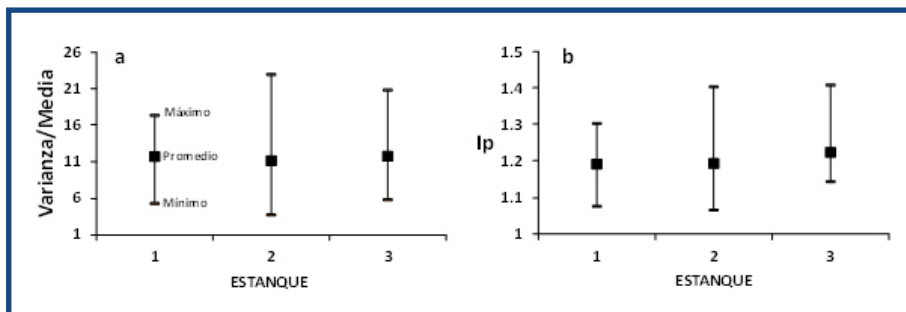


Figura 1.- Valores máximo, mínimo y promedio de la razón varianza media e I_p de los muestreos de camarones por estanque.

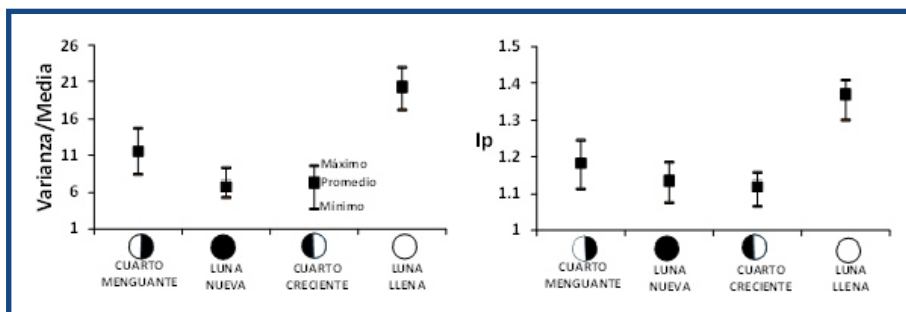


Figura 2.- Valores máximo, mínimo y promedio de la razón varianza media e I_p de los muestreos de camarones por fase lunar.

El error de estimación de la media de camarones por lance fue del 25 al 37% en muestras de 5 lances (figura 3) y fue disminuyendo con el incremento del tamaño de la muestra, independiente de la fase lunar y estanque, pero después de un tamaño de muestra de 30 lances, la reducción del error es cada vez más reducido. Por ejemplo, en el estanque 3, durante la fase lunar de cuarto creciente, un incremento del tamaño de muestra de 10 a 30 lances significó una reducción 10.9% en el error, mientras que un incremento de 30 a 50 lances la reducción del error fue solo de 3.6%.

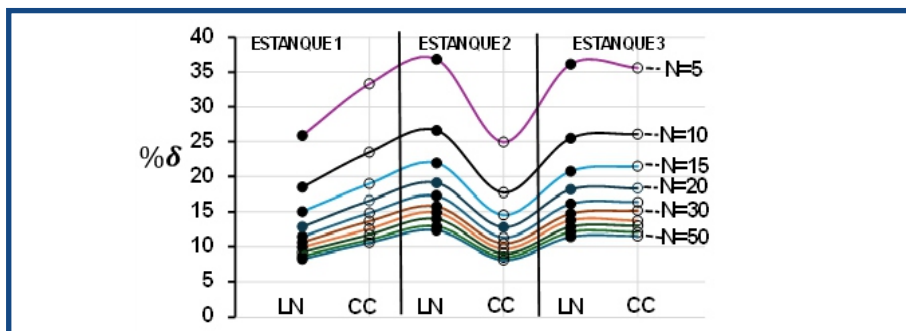


Figura 3. Porcentaje de error de la media estimada de camarones por lance para los tres estanques muestreados durante las fases de Luna Nueva (LN) y Cuarto Creciente (CC), en función del tamaño de la muestra (N)



► DISCUSIÓN

La información analizada soporta la hipótesis de que la dispersión espacial de camarones en estanques de cultivo está relacionada con las fases lunares. Sin embargo, no soporta la afirmación de los técnicos de las granjas de que en los cuartos lunares el camarón se distribuye más homogéneamente. Lo que se observa es un ciclo de intensidad de la distribución agregada de los camarones con un máximo en la fase de luna nueva, disminuyendo hacia la fase de cuarto creciente, luna nueva y un mínimo en cuarto creciente. Congruente con estos resultados la recomendación para realizar los muestreos de camarón en los estanques sería en las fases de luna nueva y cuarto creciente.

La relación entre distribución espacial y fases lunares puede tener su explicación en el comportamiento de los camarones a buscar refugio o enterrarse en los fondos en respuesta a la intensidad de luz (Bishop & Herrnkind, 1976, Brito *et al.*, 2017). Se ha demostrado que los camarones permanecen ocultos o enterrados durante el día y por la noche salen y se mantienen activos para alimentarse, reproducirse y escapar de depredadores (Fuss & Ogren, 1966, Dall *et al.*, 1990, Seo & Hong, 2007, Guan *et al.*, 2019). Por lo general el suelo de los estanques es heterogéneo en cuanto a las características que permiten a los camarones escarbar para enterrarse, habrá partes muy duras donde no se pueda excavar y otras más blandas, zonas de bajo oxígeno, etc., por lo que, al buscar el refugio los camarones adoptarán la distribución de las características del suelo agregándose en donde hay mejores condiciones para refugiarse.

Los valores más bajos de los indicadores de dispersión se observaron durante las fases de luna llena y cuarto menguante. Durante la fase de luna llena el cielo nocturno se encuentra iluminado toda la noche y de medianoche hasta el amanecer en el cuarto menguante. Esta intensidad de luz puede ser suficiente para disparar el mecanismo de búsqueda de refugio o enterrarse de los camarones, de manera que, a la hora del muestreo de las primeras horas de la mañana, los camarones ya estuvieron expuestos al menos desde medianoche a una luz lunar. En cambio, en las fases de luna nueva y cuarto creciente, el cielo nocturno



es completamente oscuro toda la noche y de medianoche al amanecer, respectivamente. Lo que implica que, a la hora del muestreo de los camarones en el estanque, estos habían pasado por al menos ocho horas en completa oscuridad, activando a los camarones a salir de sus refugios y dispersarse por los estanques para alimentarse, generando una dispersión más homogénea de los camarones en comparación a cuando se encontraban agregados en los sitios de refugio o enterrados en zonas adecuadas para esto. Estos resultados son coincidentes con los de Beardsley (1970) quien atribuyó que cambios en la distribución lateral del camarón rosado *Penaeus duorarum* en un canal de marea fueron atribuidos a la luz lunar, con una distribución agregada durante las fases lunares de luna llena y cuarto menguante, en contraste con una distribución homogénea en el fondo del canal durante las fases de cuarto creciente y luna nueva. Asimismo, Bishop y Herrnkind (1976) reportaron un incremento en la actividad de los camarones *P. duorarum* durante la luna nueva y cuarto creciente que es congruente con nuestra hipótesis de que en estas fases de mayor oscuridad los camarones salen de sus refugios y enterramientos para alimentarse, dispersándose más homogéneamente. Fuss & Ogren (1966) reportaron que la luz de la luna inhibe la actividad nocturna del camarón rosado hasta cierto punto, aunque el clima y la turbidez del agua pueden modificar este efecto.

El proceso de muda del exoesqueleto de los camarones en el proceso de crecimiento parece también estar asociado con las fases lunares (Hasnidar et al., 2014). Sin embargo, no está muy bien definido ya que hay estudios que tienen diferentes conclusiones; Bautista-Covarrubias et al (2020) sugieren que el proceso de muda en camarón blanco *P. vannamei* se presenta en luna llena y luna nueva. Hasnidar et al., (2014) reporta que la muda en un cangrejo de manglar se presenta poco antes de la luna llena y coincide con las afirmaciones de que en camarón blanco la mayoría de los camarones mudan en luna llena ([Moon Phases and How They Affect Shrimp Farms: Mass Molting Beware! | JALA Blog](#)). El autor principal de este artículo ha observado en los estanques que efectivamente la mayoría de los camarones *P. vannamei* mudan en luna llena. En esta condición de muda el camarón busca enterrarse para protegerse de los depredadores por su exoesqueleto blando que lo hace



más vulnerables, de manera que su distribución será la misma a la de los fondos adecuados para ese proceso de enterramiento que no es nada homogéneo en los estanques. Así, se esperaría que los altos índices de agregación en la fase de luna llena encontrados en este trabajo están asociados con el proceso de muda.

Con base en los resultados de esta investigación, los muestreos de camarón en los estanques de cultivo, con el objetivo de estimar la densidad promedio y con ello la biomasa en los estanques, debería realizarse en las fases de luna nueva y cuarto creciente cuando se presenta los menores índices de agregación y por lo mismo los menores valores de varianza.

El tamaño de la muestra debiera definirse en alguna de estas dos fases lunares en cada granja o estanque con base en la reducción del error de estimación con el incremento del tamaño de la muestra, pero los resultados de este trabajo indican que independiente de las dimensiones del estanque, el error de estimación se reduce sustancialmente hasta muestras de tamaño 30 y aunque a muestras más grandes sigue disminuyendo, la reducción de error es cada vez más pequeña. La recomendación de Clifford (1998) de tres a cuatro lances por hectárea sería válida solo para estanques mayores de 10 hectáreas, porque la varianza y el error de estimación son en base al total de la muestra no de una densidad de muestras por hectárea.

▶ AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada para la realización del programa de doctorado en ciencias (CVU 1202902), así como a la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través de la Facultad de Ciencias del Mar, por haberme aceptado como estudiante en su programa de Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos.



► BIBLIOGRAFÍA

- Barnesa, R.S.K. & Hamyltonc S. M. (2019).** Isometric scaling of faunal patchiness: Seagrass macrobenthic abundance across small spatial scales. *Marine Environmental Research*, 146, 89-100.
- Bautista-Covarrubias, J. C., Zamora-Ibarra, P. A., Apreza-Burgos, E. A., Rodríguez-Ocampo, N., Peraza-Gómez, V., López-Sánchez, J. A., Pacheco-Vega, M., González-Hermoso, J. P., & Frías-Espéricueta M. G. (2020).** Immune response and oxidative stress of shrimp *Litopenaeus vannamei* at different moon phases. *Fish and Shellfish Immunology*, 106, 591-595. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.08.040>.
- Beardsley, G. L. (1970).** Distribution of migrating juvenile pink shrimp, *Penaeus duorarum duorarum* Burkenroad, in Buttonwood Canal, Everglades National Park, Florida. *Transactions of the American Fisheries Society*, 99(2), 401-408. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1970\)99<401:DOMJPS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1970)99<401:DOMJPS>2.0.CO;2).
- Bishop, J. M., & Herrnkind, W. F. (1976).** Burying and molting pink shrimp, *Penaeus duorarum* (Crustacea: Penaeidae), under selected photoperiods of white light and UV-Light. *The Biological Bulletin*, 150(2), 163-182.
- Brito, R., Gelabert, R., Amador del Ángel, L. E., Alderete, Á., & Guevara, E. (2017).** Diel variation in the catch of the shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Decapoda, Penaeidae) and length-weight relationship, in a nursery area of the Terminos Lagoon, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 65-75 <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i1.24087>.
- Carvalho-Batista, A., Santos Nogueira, C., Caetano Costa, R., & Farinelli Pantaleao, J. A. (2023).** Shelter preference and variation in the daily activity pattern of the ornamental shrimp *Neocaridina davidi* (Caridea: Atyidae). *Nauplius*, 31, e2023018 <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2023018>.



- Chiou, W.-D., Lei-Zong, Ch., & Che-Tsung Ch. (2003).** Effects of lunar phase and habitat depth on vertical migration patterns of the sergestid shrimp *Acetes intermedius*. *Fisheries Science*, 69, 277-287.
- Clifford, H. C. (1998).** Manejo de piscinas sembradas con camarón azul *Litopenaeus stylirostris* Np. In: Jory, D. E. (Ed.) *Proceedings of the First Latin American Shrimp Farming Congress*, October 6-10, Panama, pp. 1-11.
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca CONAPESCA. (2023).** *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2023*. Mazatlán, México. 277 pp. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca>.
- Dall, W., Hill, B. J., Rothlisberg, P. C., & Staples, D. J. (1990).** *The Biology of the Penaeid Advances in Marine Biology*, 27. London, England: Elsevier Academic Press.
- Fuss, Ch. M. Jr, & Ogren, L. H. (1966).** Factors affecting activity and burrowing habits of the pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. *The Biological Bulletin*, 130(2), 170-191.
- Guan, L., Xianshi, J., Wu, Q., & Xiujuan, S. (2019).** Statistical modelling for exploring diel vertical movements and spatial correlations of marine fish species: a supplementary tool to assess species interactions. *ICES Journal of Marine Science*, 76(6), 1776-1783. doi:10.1093/icesjms/fsz033.
- Hasnidar, Y., Fujaya, D., Trijuno, D., Rani, C., & Tamsil, A. (2014).** Y organ cells activity based on the concentration of ecdysteroid from haemolymph of mangrove crab (*Scylla olivacea* Herbs, 1979). *Academic Research International*, 5(6), 94-103.
- Henriques, D.S.G., Borges, P.A.V., & Gabriel, R., (2017).** Regional processes drive bryophyte diversity and community composition in a small oceanic island. *Community Ecology*, 18, 193–202.



- Jingyuan, I. W., Gituru, R.W., Jinming, CH., & Qingfeng, W. (2006).** Spatial Distribution Pattern of Populations of *Isoetes sinensis* Palmer, an Endangered Quillwort in China. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 11(3), 694-698. Article ID: 1007-1202(2006)03-0694-05
- National Research Council (NRC) (2011).** Nutrient requirements of fish and shrimp. *Aquaculture International*, 20, 601-602. <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9480-6>
- Seo, I. S., & Hong, J. S. (2007).** Diurnal and tidal variation in the abundance of the macro-and megabenthic assemblages in Jangbong Tidal Flat, Incheon, Korea. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 12, 262-272.
- Wade, M. J., Fitzpatrick, C. L., & Lively, C. M. (2018).** 50-year anniversary of Lloyd's "mean crowding": Ideas on patchy distributions. *Journal of Animal Ecology*, 87, 1221-1226. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12854>