



“Servicios de consultoría para la elaboración de análisis de riesgo de los equinodermos *Asterias amurensis*, *Acanthaster planci*, *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica*, *Ophiactis savignyi* y el coral *Carijoa riisei* y un protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* en México”

Primer Informe Parcial

Servicio de consultoría individual: **Cristian Moisés Galván Villa**

15 de diciembre de 2018



“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.”

Título: Servicios de consultoría para la elaboración de análisis de riesgo de los equinodermos *Asterias amurensis*, *Acanthaster planci*, *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica*, *Ophioactys savignyi*, y el coral *Carijoa riisei* y un protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* en México.

Objetivo: Fortalecer el conocimiento acerca del potencial invasor de las especies objeto de este estudio para apoyar la toma de decisiones respecto a la implementación de las acciones preventivas, control y manejo.

Autor: Cristian Moisés Galván Villa.

Modo de citar: PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Servicios de consultoría para la elaboración de análisis de riesgo de los equinodermos *Asterias amurensis*, *Acanthaster planci*, *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica*, *Ophiactis savignyi*, y el coral *Carijoa riisei* y un protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de *Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y el coral *Carijoa riisei* en México. Proyecto 00089333 “FSP - Fort. capacidades manejo de Especies Exóticas Invasoras 083999”. 130 pp. + 7 Anexos. Galván-Villa, C.M. Laboratorio de Ecosistema Marinos y Acuicultura, Departamento de Ecología, CUCBA, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

Área objeto del informe: Bahía de Manzanillo, Colima, Pacífico mexicano.

Fecha de inicio: 20 de septiembre de 2018

Fecha de terminación: 30 de agosto de 2019

Este proyecto se enmarca en las acciones estratégicas transversales de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras de México en su acción estratégica transversal número 5.- Generar conocimiento para la toma de decisiones informadas. Asimismo cumple con los objetivos estratégicos 1) Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras, al realizarse el análisis de riesgo de seis especies de invertebrados marinos (equinodermos y corales) que potencialmente pueden poner en riesgo la salud de los ecosistemas marinos de nuestro país; 2) Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de especies invasoras que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas, con la elaboración de protocolos de detección temprana y respuesta rápida (DTRR) para tres especies (*Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y *Carijoa riisei*) con

potencial de invasión en la costa Pacífica de México; y 3) Informar oportuna y eficazmente a la sociedad para que asuma responsablemente las acciones a su alcance en la prevención, control y erradicación de las especies invasoras, mediante la elaboración de materiales de difusión (e.g. carteles) y talleres informativos que den a conocer a personas de la localidad de Manzanillo, Colima, las especies invasoras que se han detectado y las formas de como participar en el control y mitigación de las mismas.

Resumen: Las especies marinas invasoras han tenido enormes repercusiones en la biodiversidad, los ecosistemas, la pesca y la maricultura (la cría y cultivo de organismos marinos para el consumo humano), la salud humana, el desarrollo industrial y la infraestructura. Las especies exóticas pueden ser transportadas de muchas maneras: en el agua de lastre de los buques o adheridas a los cascos, adhiriéndose a equipos de buceo o empaques, por medio de organismos vivos comercializados como cebo vivo o alimentos y como agentes patógenos transportados por otros organismos, etc. De entre todos estos la dispersión por embarcaciones es considerada la de mayor relevancia para las especies acuáticas. Los barcos o buques proporcionan el medio de transporte perfecto para muchas especies, tanto marinas como terrestres. Se estima que 7,000 especies son transportadas cada día por todo el mundo en el agua de lastre y 10 mil millones de toneladas de agua de lastre se transfieren cada año a nivel mundial. En el siglo XIX, el transporte marítimo trasatlántico aumentó dramáticamente y muchas especies fueron transportadas entre Europa y la costa Este de América del Norte. Estas especies exóticas introducidas han provocado considerables impactos ambientales, económicos, a la salud y bienestar de las personas.

En este documento se incluyen fichas descriptivas de cuatro estrellas de mar (clase Asteroidea), una ofiura (clase Ofiuroidea) y un octocoral (subclase Octocorallia), con el objetivo de recabar e integrar toda la información disponible sobre las mismas. Tres de estas especies (*Astropecten polyacanthus*, *Luidia magnifica* y *Carijoa riisei*) son consideradas nuevos organismos exóticos invasores para México, debido a que recientemente se han observado algunos ejemplares dentro de la bahía de Manzanillo, Colima. Con el objetivo de integrar la información disponible de estas especies, se hizo una búsqueda y consulta de todas las publicaciones disponibles. Además, para realizar los análisis de riesgo se utilizó la herramienta Kit de Selección de Invasión de Especies Acuáticas (AS-ISK) v2, la cual se basa en preguntas dirigidas a grupos de organismos específicos, con el objetivo de establecer lineamientos generales como el estado del conocimiento de las especies, rutas de introducción, establecimiento, posibles impactos y sus procesos. Esta compilación de información servirá de línea base para generar o diseñar estrategias de manejo ante el posible riesgo de invasión por especies marinas en la costa del Pacífico de México.

3.1. Análisis de riesgo de la estrella de mar Corona de Espinas *Acanthaster planci* (Echinodermata: Acanthasteridae)

La estrella de mar “Corona de Espinas” *Acanthaster planci* es bien conocida en el Indo-Pacífico por su capacidad de causar daño a gran escala sobre los arrecifes de coral (Figura 5). Por el contrario, esta especie es aparentemente inocua en el Pacífico Oriental. A pesar de que, en México, la estrella de mar *A. planci* es un habitante común en las comunidades arrecifales a lo largo del Golfo de California, los estudios enfocados a esta estrella de mar son escasos, correspondiendo la mayoría a la mención de su presencia y abundancia de manera puntual (Brusca, 1973; Reyes-Bonilla & Calderón-Aguilera, 1999; Brusca & Hendrickx, 2010; Hernández-Morales, 2018).

La estrella *A. planci* está bien adaptada para la depredación de corales pétreos. Posee un cuerpo altamente flexible, lo que le permite alimentarse de una amplia variedad de diferentes tipos, formas y tamaños de coral. Sin embargo, prefiere colonias pequeñas, porque tienen menos protección de crustáceos que actúan como guardianes de las colonias grandes e intactas. Para alimentarse pueden envolver las colonias evertiendo su estómago y dejando libre sus podios para atacar superficies libres de nematocistos. La depredación de los corales por parte de *A. planci*, junto a los daños ocasionados por tormentas, enfermedades y aumentos de la temperatura han sido los impactos naturales más serios registrados en los arrecifes de coral. El impacto de estas estrellas de mar se considera uno de los problemas más serios de los sistemas arrecifales del Indo-Pacífico y cada día de otros lugares más (Reichelt *et al.*, 1990; Narváez & Zapata, 2009).



Figura 5. Estrella de mar Corona de Espinas *Acanthaster planci*. Fuente: Banco de imágenes de CONABIO. Fotografía: Teófilo Muñoz.

pescadores y prestadores de servicios de buceo implementaron por su cuenta un programa de eliminación de la estrella “corona de espinas”. Dicho programa ha provocado una reducción significativa de la especie, provocando prácticamente su desaparición en esta área (Reyes-Bonilla & Herrero-Perezrul, 2003). Esta situación pone en riesgo la estabilidad de las comunidades y es evidente que la falta de asesoría científica especializada ha puesto en riesgo no solo a la especie, sino que se puede poner en riesgo a todo el ecosistema arrecifal del parque.

3.7. Normatividad

En Australia y otras áreas del Indo-Pacífico han implementado diferentes modelos para el control y manejo de los brotes de *A. planci*, mediante la implementación de diferentes técnicas de eliminación de las estrellas de mar en las zonas de arrecifes de coral (e.g. Fisk & Power, 1999; Fraser *et al.*, 2000; de Dios & Sotto, 2015; Schaffelke & Anthony, 2015).

Esta especie no está incluida en ningún programa de conservación o control en México.

3.8. Resultados del Análisis de riesgo

El resultado de la evaluación de riesgo básica (BRA) realizado con la herramienta AS-ISK para *Acanthaster planci* fue de 22.0, el cual es equivalente a un riesgo Medio (Tabla 3.1, Anexo 2). El puntaje de la evaluación de riesgo básico más la evaluación de cambio climático (BRA+CCA) es de 34.0, lo que equivale a un riesgo Alto, considerando predicciones de las condiciones ambientales en México a futuro. Los resultados de ASK-ISK están basados en un intervalo de calibración de los puntajes de riesgo Bajo = -20, 1; riesgo Medio = 1, 28; y riesgo Alto = 28, 68, para los puntajes obtenidos en los análisis BRA y CCA.

Los resultados del análisis de riesgo indican que la estrella de mar corona de espinas *A. planci* puede ser altamente susceptible a las alteraciones ambientales de cambio climático, favoreciendo el incremento de los brotes masivos de estrellas. Los niveles de confianza para las preguntas del análisis fueron altos (0.90 para BRA+CCA y 0.92 para BRA). El sector comercial resulta ser el menos afectado (5 pts) por la presencia de *A. planci*; sin embargo, el sector ambiental puede ser afectado fuertemente por su presencia (12 pts) y los rasgos nocivos de la especie son altamente significativos (20 pts).

Tabla 3.1. Estadísticas obtenidas del análisis de riesgo de la estrella de mar Corona de Espinas *Acanthaster planci* con la herramienta AS-ISK.

Estadísticas	
Calificación	
BRA	22.0
Resultado BRA	Medio
BRA+CCA	34.0
Resultado BRA+CCA	Alto
Componentes de la calificación	
A. Biogeográfico/Histórico	2.0

1. Domesticación/Cultivo	2.0
2. Clima, distribución y riesgo de introducción	0.0
3. Invasora en otros sitios	0.0
B. Biología/Ecología	20.0
4. Rasgos no deseables (o persistencia)	9.0
5. Utilización de recursos	7.0
6. Reproducción	1.0
7. Mecanismos de dispersión	5.0
8. Atributos de tolerancia	-2.0
C. Cambio climático	12.0
9. Cambio climático	12.0
Preguntas respondidas	
Total	55
A. Biogeográfico/Histórico	13
1. Domesticación/Cultivo	3
2. Clima, distribución y riesgo de introducción	5
3. Invasora en otros sitios	5
B. Biología/Ecología	36
4. Rasgos no deseables (o persistencia)	12
5. Utilización de recursos	2
6. Reproducción	7
7. Mecanismos de dispersión	9
8. Atributos de tolerancia	6
C. Cambio climático	6
9. Cambio climático	6
Sectores afectados	
Comercial	5
Ambiental	12
Rasgos nocivos de la especie o población	20
Umbrales	
BRA	28
BRA+CCA	28
Confianza	
BRA+CCA	0.85
BRA	0.86
CCA	0.83

3.9. Resumen y conclusiones

Si bien los impactos humanos en los arrecifes de coral se pueden mitigar con relativa facilidad, es difícil predecir los brotes de estrellas de mar *A. planci* y aún más difícil gestionar sus poblaciones una vez que han alcanzado proporciones significativas. Hasta la fecha no se han registrado brotes masivos en México como los que ocurren en Australia o la región del Indo-Pacífico. Esto nos hace pensar que la estrella de mar mantiene poblaciones estables debido a las interacciones biológicas (por ejemplo, depredadores) dentro de las

comunidades que integran los sistemas de arrecife de coral del Pacífico mexicano y a que las condiciones ambientales no permiten un crecimiento acelerado de sus poblaciones. Otra razón que pudiera ser la más obvia es debido a la disponibilidad de alimento, ya que las estructuras coralinas en el Pacífico mexicano son pocas y de menor tamaño que las que se encuentran en la región del Indo-Pacífico.

Aunque se tiene mucha información sobre la biología de esta especie, la gran mayoría de esta proviene de estudios realizados en Australia, por lo que resulta de gran importancia para la toma de decisiones en nuestro país generar información de las poblaciones que se encuentran distribuidas en el Pacífico mexicano, principalmente sobre los factores ambientales que influyen más en el reclutamiento de individuos y por lo tanto en el crecimiento de las poblaciones. Posiblemente esto ayude a definir estrategias adecuadas antes de que se presente un brote masivo y afecte considerablemente los sistemas coralinos de la costa Pacífica de México o, por otro lado, evitar que se desarrollen programas de eliminación sin controles ni asesoría adecuada, que provoquen otro tipo de alteraciones o impactos negativos a los sistemas coralinos del país.

3.10. Referencias

- Adler, M., Kaul, A. & Jawad, A. S. M.** 2002. Foreign body synovitis induced by a crown-of-thorns starfish. *Rheumatology* 41: 230-231.
- Adjeroud, M., Chancerelle, Y., Schrimm, M., Perez, T., Lecchini, D., Galzin, R. & Salvat, B.** 2005. Detecting the effects of natural disturbances on coral assemblages in French Polynesia: a decade survey at multiple scales. *Aquatic Living Resources* 18: 111-123.
- Al-Jufaili, S. M., Al-Jabri, M. M., Al-Baluchi, A., Baldwin, R. M., Wilson, S. C., West, F. & Matthews, A. D.** 1999. Human impacts on coral reefs in the Sultanate of Oman. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 49: 65-74.
- Babcock, R. C. & Mundy, C.N.** 1992. Reproductive Biology, Spawning and Field Fertilization Rates of *Acanthaster planci*. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 43: 525-534.
- Babcock, R. C., Mundy, C. N. & Whitehead, D.** 1994. Sperm diffusion models and in situ confirmation of long-distance fertilization in the free-spawning asteroid *Acanthaster planci*. *Biological Bulletin* 186(1): 17-28.
- Babcock, R. C., Milton, D. A. & Pratchett, M. S.** 2016. Relationships between size and reproductive output in the crown-of-thorns starfish. *Marine Biology* 163: 234.
- Barham, E. G., Gowdy, R. W. & Wolfson, F. H.** 1973. *Acanthaster* (Echinodermata, Asteroidea) in Gulf of California. *Fishery Bulletin* 71(4): 927-942.
- Bell, P. R. F.** 1992. Eutrophication and coral reefs some examples in the Great Barrier Reef lagoon. *Water Research* 26(5): 553-568.

- Benzie, J. A. H.** 1999. Major genetic differences between crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) populations in the Indian and Pacific Oceans. *Evolution* 53(6): 1782-1795.
- Birk, S.** 1979. *Crown of Thorn management plan*. Marine Resources Division, Koror, Palau.
- Birkeland, C.** 1982. Terrestrial Runoff as a Cause of Outbreaks of *Acanthaster planci* (Echinodermata: Asteroidea). *Marine Biology* 69: 175-185.
- Birkeland, C. & Lucas, J. S.** 1990. *Acanthaster planci: major management problems of coral reefs*. Florida, CRC Press.
- Black, K. P. & Moran, P. J.** 1991. Influence of hydrodynamics on the passive dispersal and initial recruitment of larvae of *Acanthaster planci* (Echinodermata: Asteroidea) on the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series* 69(1-2): 55-65.
- Branham, J. M., Reed, S. A., Bailey, J. M. & Caperon, J.** 1971. Coral-eating sea stars: *Acanthaster planci*. Hawaii. *Science* 172: 1155-1157.
- Brauer, R. W., Jordan, M. R. & Barnes, D. J.** 1970. Triggering of the stomach eversion reflex of *Acanthaster planci* by coral extracts. *Nature* 228: 342.
- Brodie, J.** 2012. Great Barrier Reef dying beneath its crown of thorns. The Conversation. <http://theconversation.com/great-barrier-reef-dying-beneath-its-crown-of-thorns-6383>. Consultado el 18/03/2019.
- Brodie, J., Fabricius, K., De'ath, G. & Okaji, K.** 2005. Are increased nutrient inputs responsible for more outbreaks of crown-of-thorns starfish? *Marine Pollution Bulletin* 51(1-4): 266-278.
- Brusca, R. C.** 1973. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona. 513 pp.
- Brusca, R. C.** 2010. *The Gulf of California Biodiversity and Conservation*. Arizona University Press, Tucson, Arizona. 354 pp.
- Brusca, R. C. & Hendrickx, M. E.** 2010. Invertebrate Biodiversity and Conservation in the Gulf of California. En: Medellín R. & Brusca R. (Eds.), *The Gulf of California: Biodiversity and Conservation* (pp. 72-95). University of Arizona Press.
- Buck, A. C. E., Gardiner, N. M. & Boström-Einarsson, L.** 2016. Citric Acid Injections: An Accessible and Efficient Method for Controlling Outbreaks of the Crown-of-Thorns Starfish *Acanthaster cf. solaris*. *Diversity* 8: 28.
- Caballes, C. F., Pratchett, M. S., Kerr, A. M. & Rivera-Posada, J. A.** 2016. The role of maternal nutrition on oocyte size and quality, with respect to early larval development in the coral-eating starfish, *Acanthaster planci*. *PLoS ONE* 11(6): e0158007.
- Cameron, A. M., Endean, R. & De Vantier, L. M.** 1991. Predation on massive corals: Are devastating population outbreaks of *Acanthaster planci* novel events? *Marine Ecology Progress Series* 75(2-3): 251-258.

- Caso, M. E.** 1961. *Los equinodermos de México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, 123 pp.
- Caso, M. E.** 1962. Estudios sobre asteridos de México. Observaciones sobre especies Pacíficas del género *Acanthaster* y descripción de una subespecie nueva, *Acanthaster ellisii pseudoplanci*. *Anales del Instituto de Biología UNAM* 32(1-2): 313-331.
- Caso, M. E.** 1974. Morfología externa de *Acanthaster planci* (Linnaeus). *Journal of the Marine Biological Association of India* 16(1): 83-93.
- Chesher, R. H.** 1969. Destruction of Pacific corals by the sea star *Acanthaster planci*. *Science* 165: 280-283.
- Clark, C. & Weitzman, B.** 2008. Population Study Survey of *Acanthaster planci*, the Crown-of-Thorns starfish on the Northwest Coast Moorea, French Polynesia. Report of the University of California, Santa Cruz.
- Colgan, M. W.** 1987. Coral Reef Recovery on Guam (Micronesia) After Catastrophic Predation by *Acanthaster planci*. *Ecology* 68(6): 1592-1605.
- Dana, T. & Wolfson, A. A.** 1970. Eastern Pacific crown-of-thorns starfish populations in the lower Gulf of California. *San Diego Society of Natural History* 16(4): 83-90.
- De Alba, C.** 1978. Predación de coral por la estrella de mar corona de espinas *Acanthaster ellisii* (Gray) en el área de Bahía de La Paz. *Memorias I Simposio de Biología Marina, UABCS* 1: 45-51.
- De'ath, G. & Moran, P. J.** 1998. Factors affecting the behaviour of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci* L.) on the Great Barrier Reef: 1: Patterns of activity. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology* 220(1): 83-106.
- De'ath, G., Fabricius, K. E., Sweatman, H. & Puotinen, M.** 2012. The 27-year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(44): 17995-17999.
- de Dios, H. H. Y. & Sotto, F.** 2015. Crown-of-Thorns Starfish (*Acanthaster planci*) Population Control Technique and Management Strategies Designed for Developing Country. *Journal Science, Engineering and Technology* 3: 1-20.
- DeVantier, L. M. & Deacon, G.** 1990. Distribution of *Acanthaster planci* at Lord Howe Island, the southern-most Indo-Pacific reef. *Coral Reefs* 9: 145-148.
- Dumas, P., Moutardier, G., Ham, J., Kaku, R., Gereva, S., Lefèvre, J. & Adjeroud, M.** 2016. Timing within the reproduction cycle modulates the efficiency of villagebased crown-of-thorns starfish removal. *Biological Conservation* 204: 237-246.
- Endean, R.** 1977. *Acanthaster planci* infestations on the reefs of the Great Barrier Reef. 185-191. En: D. L. Taylor (Ed). *Proceedings of the Third International Coral Reef Symposium*. Volume 1. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Miami, Florida, USA.
- Fabricius, K. E.** 1996. Ecosystem recovery after episodic disturbance: Resilience of some coral reefs after *Acanthaster* outbreaks. *Senckenbergiana Maritima* 27(3-6): 227-235.

Fabricius, K. E., Okaji, K. & De'ath, G. 2010. Three lines of evidence to link outbreaks of the crown-of-thorns seastar *Acanthaster planci* to the release of larval food limitation. *Coral Reefs* 29: 593-605.

Faure, G. 1989. Degradation of coral reefs at Moorea Island French Polynesia by *Acanthaster planci*. *Journal of Coastal Research* 5(2): 295-305.

Fraser, N., Crawford, B. R. & Kusen, J. 2000. Best practices guide for crown-of-thorns clean-ups. Proyek Pesisir Special Publication. Coastal Resources Center Coastal Management Report #2225. Coastal Resources Center, University of Rhode Island, Narragansett, Rhode Island. 38 pp.

Fisk, D. A. & Power, M. C. 1999. *Development of Cost-Effective Control Strategies for Crown-of-thorns starfish*. CRC Reef Research Centre Technical Report No. 25 Townsville. CRC Reef Research Centre. 61 pp.

GBIF. 2018. GBIF Occurrence Download. Consultado el 12/12/2028 https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=2271208.

Glynn, P. W. 1974. The impact of *Acanthaster* on corals and coral reefs in the eastern Pacific. *Environmental Conservation* 1(4): 295-304.

Glynn, P. W. 2004. High complexity food webs in lowdiversity Eastern Pacific reef-coral communities. *Ecosystems* 7: 358-367.

Glynn, P. W., Maté, J. L., Baker, A. C. & Calderón, M. O. 2001. Coral bleaching and mortality in Panama and Ecuador during the 1997–1998 El Niño-Southern Oscillation event: spatial/temporal patterns and comparisons with the 1982-1983 event. *Bulletin of Marine Science* 69(1): 79-109.

Gray, J. E. 1840. A synopsis of the genera and species of the class Hypostoma (*Asterias* Linnaeus). *Annals and Magazine of Natural History* 6: 175-184 & 275-290.

Guzman, H. M. & Cortes, J. 1992. Cocos Island (Pacific of Costa Rica) coral reefs after the 1982-1983 El Nino disturbance. *Revista de Biología Tropical* 40(3): 309-324.

Harriott, V., Goggin, L. & Sweatman, H. 2003. Crown-of-thorns starfish on the Great Barrier Reef. Current state of knowledge. November 2003 (revised edition). CRC Reef Research Centre Ltd.

Hart, A. M. & Klumpp, D. W. 1996. Response of herbivorous fishes to crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* outbreaks: I. Substratum analysis and feeding ecology of *Acanthurus nigrofusus* and *Scarus frenatus*. *Marine Ecology Progress Series* 132(1-3): 11-19.

Haszprunar, G. & Spies, M. 2014. An integrative approach to the taxonomy of the crown-of-thorns starfish species group (Asteroidea: *Acanthaster*): A review of names and comparison to recent molecular data. *Zootaxa* 3841(2): 271-284.

Hendrickx, M. E., Brusca, R. C. & Findley, L. T. 2005. *Listado y Distribución de la Macrofauna del Golfo de California, México, Parte I: Invertebrados*. Arizona- Sonora Desert Museum. 429 p.

Hermosillo-Núñez, B., Rodríguez-Zaragoza, F., Ortiz, M., Galván-Villa, C. M., Cupul-Magaña, A. & Ríos-Jara, E. 2015. Effect of habitat structure on the most frequent echinoderm species inhabiting coral reef communities at Isla Isabel National Park (Mexico). *Community ecology* 16(1): 125-134.

Hernández-Morales, A. 2018. Estudio de la estrella de mar “Corona de espinas” *Acanthaster planci* (Echinodermata: Acanthasteridae) en las comunidades arrecifales del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California, 74 pp.

Herrero-Pérezrul, M. D. 2008. Diversity and abundance of reef macro-invertebrates (Mollusca; Echinodermata) in the southern Gulf of California, México. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium* 26: 7-11.

Hoegh-Guldberg, O. 1994. Uptake of dissolved organic matter by larval stage of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*. *Marine Biology* 120(1): 55-63.

Holguin-Quiñones, O. E., González-Medina, F. D. J., Solís-Marín, F. & Félix-Pico, E. F. 2008. Variación espacio-temporal de Scleractinia, Gorgonacea, Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda, Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea, de fondos someros de la isla San José, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 56(3): 1189-1199.

Johnson, D. B., Moran, P. J. & Drimls, S. 1990. Evaluation of a crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) control program at Grub Reef (central Great Barrier Reef). *Coral Reefs* 9: 167-171.

Katz, S. M., Pollock, F. J., Bourne, D. G. & Willis, B. L. 2014. Crown-of-thorn starfish predation and physical injuries promote brown band disease on corals. *Coral Reefs* 33: 705-716.

Kayal, M., Vercelloni, J., De Loma, T. L., Bosserelle, P., Chancerelle, Y., Geoffroy, S., Stievenart, C., Michonneau, F., Penin, L., Planes, S. & Adjeroud, M. 2012. Predator crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) outbreak, mass mortality of corals, and cascading effects on reef fish and benthic communities. *PloS one* 7(10): e47363.

Keesing J. K. & Lucas J. S. 1992. Field measurement of feeding and movement rates of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology* 156(1): 89-104.

Keesing, J. K., Wiedermeyer, W. L., Okaji, K., Halford, A. R., Hall, K. C. & Cartwright, C. M. 1996. Mortality rates of juvenile starfish *Acanthaster planci* and *Nardoa* spp. measured on the Great Barrier Reef, Australia and in Okinawa, Japan. *Oceanologica Acta* 19(3-4): 441-448.

Keesing, J. K., Halford, A. R., Hall, K. C. & Cartwright, C. M. 1997. Large-scale laboratory culture of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* (L.) (Echinodermata: Asteroidea). *Aquaculture* 157: 215-226.

Lane, D. J. 2012. *Acanthaster planci* impact on coral communities at permanent transect sites on Bruneian reefs, with a regional overview and a critique on outbreak causes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92(4): 803-809.

Lassig, B. 1995. Controlling crown-of-thorns starfish. Great Barrier Reef Marine Park Authority.

Lourey, M. J., Ryan, D. A. J. & Miller, I. R. 2000. Rates of decline and recovery of coral cover on reefs impacted by, recovering from and unaffected by crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*: A regional perspective of the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series* 196: 179-186.

Luna-Salguero, B. M. & Reyes-Bonilla, H. 2010. Community and trophic structure of sea stars (Echinodermata: Asteroidea) in rocky reefs of Loreto, Gulf of California, Mexico. *Hidrobiológica* 20(2): 127-134.

Lucas, J. S., Nash, W. J. & Nishida, M. 1985. Aspects of the evolution of *Acanthaster planci* (L.) (Echinodermata, Asteroidea). *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti* 5: 327-332.

MacNeil, M. A., Mellin, C., Pratchett, M. S., Hoey, J., Anthony, K. R., Cheal, A. J., Miller, I., Sweatman, H., Cowan, Z. L., Taylor, S., Moon, S. & Fonnesbeck, C. J. 2016. Joint estimation of crown of thorns (*Acanthaster planci*) densities on the Great Barrier Reef. *PeerJ* 4: e2310.

Mah, C. L. 2018. World Asteroidea Database. *Acanthaster planci* (Linnaeus, 1758). Consultado en: World Register of Marine Species <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=213289> on 2018-06-17.

McKnight, D. G. 1978. *Acanthaster planci* (Linnaeus) (Asteroidea: Echinodermata) at the Kermedec Islands. *N. Z. Oceanogr. Inst. Rec.* 4: 17-19.

Moore, R. J. 1990. Persistent and transient populations of the crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci*. Pp: 236-277. En: R. H. Bradbury. *Acanthaster and the Coral Reef: A theoretical perspective*. Springer, Berlin, Heidelberg. 348 pp.

Moran, P. J. 1986. The *Acanthaster* phenomenon. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 24: 379-480.

Moran, P. J. 1988. The *Acanthaster* phenomenon. *AIMS Monograph Series* 7.

Moran, P. J. 1990. *Acanthaster planci* (L.): biographical data. *Coral reefs* 9(3): 95-96.

Moran, P. J. 1997. Crown-of-thorns starfish questions and answers. Australian Institute of Marine Science (AIMS).

Moran, P. J., Bradbury, R. H. & Reichelt, R. E. 1988. Distribution of recent outbreaks of the Crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) along the Great Barrier Reef: 1985-1986. *Coral Reefs* 3: 125-137.

- Morello, E. B., Plagányi, É. E., Babcock, R. C., Sweatman, H., Hillary, R. & Punt, A. E.** 2014. Model to manage and reduce crown-of-thorns starfish outbreaks. *Marine Ecology Progress Series* 512: 167-183.
- Murillo-Cisneros, D. A.** 2012. Variación espacio-temporal de *Acanthaster planci* (Echinodermata: Asteroidea) en el Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 63 pp.
- Nakamura, R.** 1986. A morphometric study on *Acanthaster planci* populations in the Ryukyu Islands Japan. *Galaxea* 5(2): 223-238.
- Narváez, K. & Zapata, F. A.** 2009. First record and impact of the crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci* (Spinulosida: Acanthasteridae) on corals of Malpelo Island, Colombian Pacific. *Revista de Biología Tropical* 58(Suppl. 1): 139-143.
- Nicolet, K. J., Chong-Seng, K. M., Pratchett, M. S., Willis, B. L. & Hoogenboom, M. O.** 2018. Predation scars may influence host susceptibility to pathogens: evaluating the role of corallivores as vectors of coral disease. *Scientific Reports* 8: 5258.
- Nishida, M. & Lucas, J. S.** 1988. Genetic differences between geographic populations of the crown-of-thorns starfish throughout the Pacific region. *Marine Biology* 98(3): 359-368.
- Nugues, M.M. & Bak, M.P.** 2009. Brown-band syndrome on feeding scars of the Crown-of-thorn starfish *Acanthaster planci*. *Coral Reefs*, 28: 507-510.
- Ormond, R. F. G. & Campbell, A. C.** 1974. Formation and breakdown of *Acanthaster planci* aggregations in the Red Sea. Pp. 595-619. En: A. M. Cameron, B. M. Campbell, A. B. Cribb, R. Endean, J. S. Jell, O. A. Jones, P. Mather & F. H. Talbot (Eds). *Proceedings of the Second International Coral Reef Symposium*. The Great Barrier Reef Committee, Brisbane, Australia.
- Ormond, R., Bradbury, R. H., Bainbridge, S., Fabricius, K., Keesing, J., De Vantier, L. M., Medlay, P. & Steven, A.** 1990. Test of a model of regulation of crown-of-thorns starfish by fish predators. 189-207. En: R. H. Bradbury (Ed). *Acanthaster and the coral reef: a theoretical perspective*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Palau Conservation Society.** 1999. Crown of thorns starfish control strategy draft.
- PERSGA/GEF.** 2003. Coral Reefs in the Red Sea and Gulf of Aden. Surveys 1990 to 2000 Summary and Recommendations. PERSGA Technical Series No. 7. PERSGA, Jeddah.
- Quinn, N. J. & Kojis, B. L.** 2003. The dynamics of coral reef community structure and recruitment patterns around Rota, Saipan, and Tinian, western Pacific. *Bulletin of Marine Science* 72(3): 979-996.
- Quinn, N. L. & Kojis, B. L.** 2006. Natural resilience of coral reef ecosystems. 61-75. En: W. F. Precht (Ed.) *Coral reef restoration handbook*. Taylor and Francis, Boca Raton.
- Ravindran, J., Raghukumar, C. & Raghukumar, S.** 1999. Disease and stress-induced mortality of corals in Indian reefs and observations on bleaching of corals in the Andamans. *Current Science* 76(2): 233-237.

- Reichelt, R. E., Bradbury, R. H. & Moran, P. J.** 1990. The crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci*, on the great barrier reef. *Mathematical and Computer Modelling* 13(6): 45-60.
- Reyes-Bonilla, H. & Calderón-Aguilera, L. E.** 1999. Population density, distribution and consumption rates of three corallivores at Cabo Pulmo Reef, Gulf of California, Mexico. *Marine Ecology* 20(3-4): 347-357.
- Reyes-Bonilla, H. & Herrero-Perezrul, M. D.** 2003. El caso de la “corona de espinas” ¿excesos de celo conservacionista?. La Jornada Ecológica. <https://www.jornada.com.mx/2003/03/31/eco-h.html>.
- Reyes-Bonilla, H., González-Azcárraga, A. & Rojas-Sierra, A.** 2005. Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 53(3): 233-244.
- Ríos-Jara, E., Galván-Villa, C. M. & Solís-Marín, F. A.** 2008. Equinodermos del Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 131-141.
- Rivera-Posada, J. A., Pratchett, M. S., Cano-Gomez, A., Arango-Gomez, J. D. & Owens, L.** 2011. Injection of *Acanthaster planci* with thiosulfate-citrate-bile-sucrose agar (TCBS). I. Disease induction. *Diseases of Aquatic Organisms* 97(2): 85e94.
- Rivera-Posada, J. A., Pratchett, M. S., Aguilar, C., Grand, A. & Caballes, C. F.** 2014. Bile salts and the single-shot lethal injection method for killing crown-of-thorns sea stars (*Acanthaster planci*). *Ocean & Coastal Management* 102: 383-390.
- Rodríguez-Villalobos, J. C., Work, T. M., Calderon-Aguilera, L. E., Reyes-Bonilla, H. & Hernández, L.** 2015. Explained and unexplained tissue loss in corals from the Tropical Eastern Pacific. *Diseases of aquatic organisms* 116(2): 121-131.
- Sano, M.** 2000. Stability of reef fish assemblages: Responses to coral recovery after catastrophic predation by *Acanthaster planci*. *Marine Ecology Progress Series* 198: 121-130.
- Schaffelke, B. & Anthony, K.** 2015. Australian Institute of Marine Science Crown-Of-Thorns Starfish Research Strategy. AIMS: Australia’s Tropical Marine Research Agency. 10 pp.
- Seenprachawong, U.** 2016. An Economic Valuation of Coastal Ecosystems in Phang Nga Bay, Thailand. *Marine and Coastal Ecosystem Valuation, Institutions, and Policy in Southeast Asia*, pp 31-45.
- Seymour, R. M. & Bradbury, R. H.** 1999. Lengthening reef recovery times from crown-of-thorns outbreaks signal systemic degradation of the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series* 176: 1-10.
- Sladen, W. P.** 1889. *Report on the Scientific Results of Voyage of H. M. S. Challenger. Asteroidea*, Vol. XXX. p. 893.
- Souter, D. & Lindén, O.** 2005. *Status Report on Coral Reef Degradation in the Indian Ocean*. Department of Biology and Environmental Science. University of Kalmar. CORDIO, Kalmar, 96 pp.

Sweatman, H. 2008. No-take reserves protect coral reefs from predatory starfish. *Current Biology* 18: R598-R599.

Teruya, T., Suenaga, K., Koyama, T., Nakano, Y. & Uemura, D. 2001. Arachidonic acid and alpha-linolenic acid, feeding attractants for the crown-of-thorns sea star *Acanthaster planci*, from the sea urchin *Toxopneustes pileolus*. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology* 266(2): 123-134.

Timmers, M. A., Andrews, K. R., Bird, C. E., deMaintenton, M. J., Brainard, R. E. & Toonen, R. J. 2010. Widespread Dispersal of the Crown-of-Thorns Sea Star, *Acanthaster planci*, across the Hawaiian Archipelago and Johnston Atoll. *Journal of Marine Biology* 2011, Article ID 934269: 10 pages.

Timmers, M. A., Bird, C. E., Skillings, D. J., Smouse, P. E. & Toonen, R. J. 2012. There's No Place Like Home: Crown-of-Thorns Outbreaks in the Central Pacific Are Regionally Derived and Independent Events. *PLoS ONE* 7(2): e31159.

Tsuda, R. T., Jones, R. S., Randall, R. H. & Struck, M. R. 1970. *Acanthaster planci* crown of thorns starfish: Resurvey of Saipan and Tinian: Survey of Aguijan. University of Guam.

Uthicke, S., Schaffelke, B. & Byrne, M. 2009. A boom–bust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in echinoderms. *Ecological Monographs* 79(1): 3-24.

Verrill, A. E. 1867. Notes on the Radiata in the museum of Yale College, with descriptions of new genera and species: Comparison of the tropical echinoderm fauna of the east and west coasts of America. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 1: 339-351.

Vicente, N. 1999. Natural treasures under heavy pressure. *Oceanorama* 30: 7-12.

Vogler, C., Benzie, J., Lessios, H., Barber, P. & Wörheide, G. 2008. A threat to coral reefs multiplied? Four species of crown-of-thorns starfish. *Biology Letters* 4(6): 696-699.

Wilkinson, C. 2004. *Status of the Coral Reefs of the World: 2004*. Australian Institute of Marine Science, Townsville.

Yamaguchi, M. 1986. *Acanthaster planci* infestations of reefs and coral assemblages in Japan: a retrospective analysis of control efforts. *Coral Reefs* 5: 23-30.

Yamaguchi, M. 1987. Occurrences and persistency of *Acanthaster planci* pseudo-population in relation to oceanographic conditions along the Pacific coast of Japan. *Galaxea* 6: 277-288.

Yamaguchi, M. 1973. Early life histories of coral reef asteroids, with special reference to *Acanthaster planci* (L.). Pp: 369-387. En: *Biology and Geology of Coral Reefs*, Vol. 2, Jones, O. A., Endean, R. (eds). Academic Press, New York.

Zapata, F. A., Del Mar-Palacios, M., Zambrano, V. & Rodríguez-Moreno, M. 2017. Filling the gaps: first record of the Crown-of-thorns Starfish, *Acanthaster planci* (Linnaeus, 1758) (Spinulosida: Acanthasteridae), at Gorgona Island, Colombia, Tropical Eastern Pacific. *Check List* 13(3): 2112.

for the Arctic seastar *Asterias amurensis* to invade a warming Southern Ocean. *Global Change Biology* 22: 3874-3887.

Anexo 2. Informe de resultados del AR con AS-ISK de *Acanthaster planci*.

[AS-ISK v2 InformeAcanthaster planci.xlsx](#)

Nombre del Taxón: *Acanthaster planci*

A.- BIOGEOGRÁFICO/ HISTÓRICO

1.- 1.01 - ¿Se ha sometido el taxón a un proceso de domesticación (o cultivo) por, al menos, 20 generaciones?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Esta especie se ha mantenido en cautiverio a nivel experimental con el objetivo de conocer y describir su ciclo de desarrollo. Los investigadores han podido cultivar larvas de *A. planci* en laboratorio desde 1971 (Henderson & Lucas, 1971). Desde entonces, se han realizado numerosos estudios biológicos utilizando larvas de *A. planci* cultivadas (Lucas, 1984). Los juveniles se han cultivado para experimentos de laboratorio a pequeña escala; sin embargo, el cultivo de grandes cantidades de estrellas de mar juveniles para experimentos ecológicos no se ha desarrollado por completo (Yamaguchi, 1974).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Henderson JA, Lucas JS. 1971. Larval development and metamorphosis of *Acanthaster planci* (Asteroidea). *Nature* 232: 655–657. Lucas JS. 1984. Growth and maturation of *Acanthaster planci* (L.) (Asteroidea) and hybrids in the laboratory including observations on the effects of diet. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 79: 129–147. Yamaguchi M. 1974. Growth of juvenile *Acanthaster planci* (L.) in the laboratory. *Pacific Science* 28: 123–138

2.- 1.02 - ¿Se cosecha/captura el taxón en estado silvestre y tiene probabilidades de ser vendido o utilizado vivo?

RESPUESTA: NO

JUSTIFICACIÓN: No existen registros de que la especie se explote comercialmente o para beneficio humano.

CONFIANZA: Baja

3.- 1.03 ¿Tiene el taxón razas, variedades, sub-taxa o congéneres invasores?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Durante los últimos 30 años, varios conjuntos de datos moleculares han sugerido que *Acanthaster planci* podría ser más que una sola especie. Hace casi una década, el código de barras del ADN (secuencias parciales del gen COI mitocondrial) mostró que hay al menos cuatro especies en el Indo-Pacífico dentro de lo que se concibió anteriormente como una única especie. Dos de estas especies — *A. planci* Linnaeus, 1758, distribuido en el norte del Océano Índico, y *A. mauritiensis* de Lorient, 1885, distribuido en el sur del Océano Índico, ya han sido nombrados inequívocamente. Todas las especies de COTS tienden a producir brotes y agregación masiva, aunque esto aparece con más frecuencia en las especies del Pacífico (Houk et al., 2007). Sin embargo, a la fecha es difícil determinar claramente cuales de estas especies pueden considerarse como especies invasoras y cuales no (Haszprunar et al., 2017).

CONFIANZA: Media

REFERENCIAS: Houk, P.; Bograd, S.; van Woesik, R. 2007. The transition zone chlorophyll front can trigger *Acanthaster planci* outbreaks in the Pacific Ocean: Historical confirmation. *J. Oceanogr.* 63, 149–154. Haszprunar, G., Vogler, C., Wörheide, G. 2017. Persistent Gaps of Knowledge for Naming and Distinguishing Multiple Species of Crown-of-Thorns-Seastar in the *Acanthaster planci* Species Complex. *Diversity* 9(2): 22.

2.- CLIMA, DISTRIBUCIÓN Y RIESGO DE INTRODUCCIÓN

4.- 2.01.- ¿Qué tan similares son las condiciones climáticas entre el área de Análisis de Riesgo (AR) y el área de distribución nativa del taxón?

RESPUESTA: N/A

JUSTIFICACIÓN: *Acanthaster planci* se encuentra distribuida ampliamente en todo el Océano Pacífico, desde el océano Índico (Mar Rojo y África Oriental) hasta el Pacífico (desde el sur de Japón hasta la isla de Lord Howe, y desde la costa oeste de Panamá hasta el Golfo de California). Es considerada una especie nativa de la región del Pacífico Oriental Tropical, por lo que el Pacífico mexicano se encuentra dentro de su área de distribución original. En México se encuentra más comunmente dentro del Golfo de California asociada a las formaciones coralinas que ahí se encuentran (Glynn et al., 2001). No se ha reportado su presencia en el Golfo de México ni el Mar Caribe. La presencia de *A. planci* ha sido ampliamente monitoreada en el Golfo de California desde 2003-2015, pero los trabajos no describen su distribución y ni su abundancia de manera específica. Estos estudios mencionan a esta especie como unas de las cuatro estrellas más abundantes de las comunidades arrecifales del Golfo de California (Reyes-Bonilla et al., 2005; Luna-Salguero & Reyes-Bonilla, 2010).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Glynn, P.W., J.L. Maté, A.C. Baker & M.O. Calderón. 2001. Coral bleaching and mortality in Panama and Ecuador during the 1997–1998 El Niño–Southern Oscillation event: spatial/temporal patterns and comparisons with the 1982–1983 event. *Bulletin of Marine Science* 69(1): 79-109. Reyes-Bonilla, H., A. González-Azcárraga & A. Rojas-Sierra. 2005. Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 53(3):233-244; Luna-Salguero, B.M. & H. Reyes-Bonilla. 2010. Community and trophic structure of sea stars (Echinodermata: Asteroidea) in rocky reefs of Loreto, Gulf of California, Mexico. *Hidrobiológica* 20(2):127-134.

5.- 2.02.- ¿Cuál es la calidad de los datos usados para la comparación climática?

RESPUESTA: Alto

JUSTIFICACIÓN: Las condiciones climáticas de las áreas de distribución de la estrella *A. planci* corresponden a climas de tipo tropical y subtropical, con zonas donde hay presencia de arrecifes coralinos (Reyes-Bonilla et al., 2005; Luna-Salguero & Reyes-Bonilla, 2010).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Reyes-Bonilla, H., A. González-Azcárraga & A. Rojas-Sierra. 2005. Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 53(3):233-244. Luna-Salguero, B.M. & H. Reyes-Bonilla. 2010. Community and trophic structure of sea stars (Echinodermata: Asteroidea) in rocky reefs of Loreto, Gulf of California, Mexico. *Hidrobiológica* 20(2):127-134.

6.- 2.03.- ¿Se encuentra ya el taxón fuera de cautiverio en el área AR?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Se ha registrado a lo largo de zonas arrecifales del Golfo de California, frente a las costas de Nayarit (Islas Marietas e Isla Isabel), así como en las islas de Revillagigedo. Sin embargo, en el resto del Pacífico mexicano no se ha registrado para lo cual se desconoce la razón (Hernández-Morales, 2018).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIAS: Hernández-Morales, A. 2018. Estudio de la estrella de mar Corona de espina *Acanthaster planci* (Echinodermata: Acanthasteridae) en las comunidades arrecifales del Golfo de California. Tesis de Maestría, CICIMAR, Instituto Politécnico Nacional, 73 pp.

7.- 2.04.- ¿Cuántos vectores potenciales pudo usar el taxón para entrar al área AR?

RESPUESTA: Ninguno

JUSTIFICACIÓN: La especie es nativa de la región del Pacífico oriental tropical. El supuesto más importante de la hipótesis del brote secundario en la región del Indo-Pacífico de *A. planci* es que sus larvas se dispersan ampliamente en masa sobre las corrientes oceánicas. El rango pan-tropical del Pacífico (Australia a Panamá) de *A. planci* es un indicador potencial de dispersión amplia, y la evidencia genética disponible que utiliza alozima, ADN de COI mitocondrial y microsatélites nucleares respalda una alta capacidad de dispersión, con pocas barreras detectadas para el flujo de genes (Benzie, 1992). Además, tres afirmaciones genéticas comprobables sustentan esta hipótesis, basada en el alto potencial de dispersión de *A. planci* (Lucas, 1973), el tiempo correlacionado de brotes secundarios en ubicaciones distantes (Moran, 1986), y patrones de corrientes oceánicas (Houk et al., 2007). Es probable que se produjera dispersión desde el centro del Indo-Oeste del Pacífico (es decir, Malasia-Indonesia-Filipinas) a través de las corrientes del norte hacia Ryukyu y Japón y a través de las corrientes del sur hasta Australia y el Mar del Coral. La capacidad de dispersión extendida de la larva teleplanca facultativa permitiría tiempo suficiente no solo para la dispersión a Hawai a través de la extensión Kuroshio, sino también a la costa este del Pacífico desde las Islas de la Línea a través de la corriente de la corriente ecuatorial del norte (Birkeland & Lucas, 1990). Las poblaciones del oeste de Australia parecen haber sido derivadas de fuentes del Pacífico en lugar de las del Océano Índico, debido a su coloración y similitud de alozimas con las poblaciones del Pacífico, posiblemente a través de un raro evento de colonización después de la apertura del Estrecho de Torres hace unos 8000 años (Benzie, 1992).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Benzie, J.A.H. 1992. Review of the genetics, dispersal and recruitment of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*). Australian Journal of Marine and Freshwater Research 43: 597–610. Lucas, J.S. 1973. Reproductive and larval biology of *Acanthaster planci* (L.) in Great Barrier Reef waters. Micronesica 9: 197–203. Moran, P.J. 1986. The *Acanthaster* phenomenon. Oceanography and Marine Biology Annual Review 24: 379–480. Houk P, Bograd S, Van Woesik R. 2007. The transition zone chlorophyll front can trigger *Acanthaster planci* outbreaks in the Pacific Ocean: historical confirmation. Journal of Oceanography 63: 149–154. Birkeland, C. & J. Lucas. 1990. *Acanthaster planci*: major management problem of coral reefs. CRC Press, 257 pp. Benzie, J.A.H. 1992. Review of the genetics, dispersal and recruitment of Crown-of-thorns Starfish (*Acanthaster planci*), Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43:597-610.

8.- 2.05.- ¿Se encuentra el taxón actualmente próximo a, y con probabilidades de, entrar en el corto plazo al área AR (ej. introducciones accidentales o intencionales)?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Hay un riesgo permanente de que esta estrella de mar pueda colonizar la región del Mar Caribe y algunas porciones del Golfo de México debido a la presencia de arrecifes coralinos. En 2017, se reportó la presencia de *A. planci* en la isla Gorgona en Colombia, por lo que se puede deducir que su distribución se está ampliando a regiones más sureñas (Zapata et al., 2017). Con esto se abre la posibilidad de su dispersión a través del Canal de Panamá hacia la región del Atlántico oeste si no se tienen precauciones en la vigilancia de las embarcaciones que cruzan el canal de la parte del Pacífico al Atlántico. Además, puede ser posible una introducción accidental por traslado y liberación de ejemplares o larvas por personas o turistas que viajen a la región del Caribe mexicano (Galván-Villa comentarios personales).

CONFIANZA: Media

REFERENCIAS: Zapata, F.A., M. Del Mar-Palacios, V. Zambrano & M. Rodríguez-Moreno. 2017. Filling the gaps: first record of the Crown-of-thorns Starfish, *Acanthaster planci* (Linnaeus, 1758) (Spinulosida: Acanthasteridae), at Gorgona Island, Colombia, Tropical Eastern Pacific. Check List 13(3): 2112.

3.- INVASORA EN OTROS SITIOS

9.- 3.01.- **¿Se ha naturalizado el taxón (ha establecido poblaciones viables) fuera de su rango de distribución original?**

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: En la Gran Barrera de Coral, los brotes primarios muestran un subconjunto de la diversidad genética en la población total (Benzie & Stoddart, 1992) y se cree que producen cohortes anormalmente grandes de larvas que impulsan la conectividad entre poblaciones dispares (Benzie, 1992). En consecuencia, los brotes secundarios son genéticamente distintos de las poblaciones locales de baja densidad (sin brotes) que normalmente habitan en los arrecifes, pero no se diferencian de otras poblaciones de brotes. La hipótesis del brote secundario se ha respaldado con datos genéticos en una parte limitada del rango de *A. planci* (a lo largo de un tramo de 750 km en la Gran Barrera de Coral), y se basa en análisis de alozimas con fecha. Sin embargo, esta hipótesis se ha convertido en una teoría aceptada para explicar los brotes que ocurren consecutivamente entre las líneas costeras discontinuas de islas, archipiélagos y regiones en todo el Océano Pacífico tropical (Yasuda et al., 2009). La extrapolación general más allá de la Gran Barrera de Coral ha dado lugar a la presunción de que los brotes pueden propagarse y se propagan en todo el rango de *A. planci* (Palumbi, 2003). Houk et al. (2007) proponen que los brotes desencadenados por el frente de clorofila de la zona de transición en las islas de Hawai finalmente sembraron brotes secundarios a más de 4500 km de distancia en el noroeste del Pacífico, dispersándose progresivamente a lo largo del sendero del Giro del Pacífico Norte, aunque no hay datos que confirmen la dispersión entre miles de kilómetros.

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Benzie JAH, Stoddart JA. 1992. Genetic structure of outbreaking and nonoutbreaking crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) populations on the Great Barrier Reef. *Marine Biology* 112: 119–130. Benzie JAH. 1992. Review of the genetics, dispersal and recruitment of crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 43: 597–610. Yasuda N, Nagai S, Hamaguchi M, Okaji K, Gerard K, et al. (2009) Gene flow of *Acanthaster planci* (L.) in relation to ocean currents revealed by microsatellite analysis. *Molecular Ecology* 18: 1574–1590. Palumbi, S.R. 2003. Population genetics, demographic connectivity, and the design of marine reserves. *Ecological Applications* 13(1): S146–S158. Houk P, Bograd S, Van Woesik R. 2007. The transition zone chlorophyll front can trigger *Acanthaster planci* outbreaks in the Pacific Ocean: historical confirmation. *Journal of Oceanography* 63: 149–154.

10.- 3.02.- **¿En las áreas donde ha sido introducido el taxón se han documentado impactos negativos a poblaciones silvestres o taxones de importancia comercial?**

RESPUESTA: Sí

JUSIFICACIÓN: Se han realizado muchas investigaciones sobre los efectos de pastoreo de *A. planci* en la cobertura y supervivencia de los arrecifes de coral, principalmente en el Indo-Pacífico. Las encuestas realizadas desde principios de la década de 1990, han ilustrado la disminución de la cobertura de coral duro vivo coincidente con los brotes de *A. planci* a lo largo de los sistemas de arrecifes entre Lizard Island y Townsville (costa de Queensland, Australia). Los investigadores han enfatizado la importancia de aumentar la conciencia pública sobre estos brotes en continuo aumento, ya que la depredación de las estrellas de mar sobre el coral puede dañar seriamente los arrecifes hasta el punto en que la sostenibilidad de la lucrativa

industria del turismo de arrecifes podría verse afectada. Para proteger estos arrecifes, así como a las personas que dependen de ellos para su sustento económico, los investigadores deben determinar cómo las actividades humanas afectan el ciclo de los brotes de las estrellas de mar. Específicamente, es necesario realizar más investigaciones sobre los efectos de la sobrepesca de los depredadores conocidos de *A. planci*, y sobre cómo el aumento de la escorrentía de nutrientes de la tierra afecta la supervivencia, el reclutamiento y el crecimiento de sus larvas (Stump, 1996; Engelhardt et al., 2001).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Engelhardt, U., M. Hartcher, N. Taylor, J. Cruise, D. Engelhardt, M. Russell, I. Stevens, G. Thomas, D. Williamson, D. Wiseman. 2001. Crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) in the central Great Barrier reef region. Results of fine-scale surveys conducted in 1999-2000. CRC Reef Research Centre Technical Report, 32: 1-100. Stump, R. 1996. An investigation to describe the population dynamics of *Acanthaster planci* (L.) around Lizard Island, Cairns Section, Great Barrier Reef Marine Park. CRC Reef Research Technical Report, 10: 1-56.

11.- 3.03.- ¿En las áreas donde ha sido introducido el taxón se han documentado impactos negativos a la acuicultura?

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: No existen reportes de afectaciones a sistemas de cultivo.

CONFIANZA: BAJA

12.- 3.04.- ¿En las áreas donde ha sido introducido el taxón se han documentado impactos negativos a los servicios ecosistémicos?

RESPUESTA: SI

JUSTIFICACIÓN: La estrella Corona de Espinas (COTS) es reconocida por su capacidad para alterar la estructura de la comunidad de coral, ya que se alimenta de corales pétreos y otros organismos bentónicos por medio de la liberación de su estómago en el coral y la digestión de las partes blandas (Lawrence, 1987). Después de alimentarse, la estrella deja una cicatriz blanca en la estructura coralina, el esqueleto de coral en poco tiempo (<24 horas) es colonizado por cianobacterias filamentosas y algas; y esto puede ocasionar la muerte del coral (Uthicke et al, 2009). El incremento en la densidad poblacional de COTS puede ocasionar la muerte en áreas extensas de arrecifes coralinos en un tiempo relativamente corto. Los brotes ocurren cuando su densidad está en un punto donde su tasa de alimentación excede la tasa promedio de crecimiento del coral a largo plazo (Fabricius, 2013). Esto puede alterar fuertemente el ecosistema al reducir la diversidad y riqueza de especies, con lo cual podría ocurrir un cambio en el arrecife, es decir, de ser un arrecife dominado por coral, pasa a ser un arrecife dominado por las algas (Uthicke et al., 2009). Este fenómeno ha causado la disminución del 50% de la cubierta de coral vivo en los últimos 27 años, en particular en La Gran Barrera Australiana (De'ath et al., 2012). Se sugiere el 42% del 50% de pérdida coralina causada por brotes es consecuencia de la sobrepesca de depredadores de *A. planci* como el caracol tritón *Charonia tritonis* (Uthicke et al., 2009), el aumento de nutrientes en el mar por escorrentía y desechos de la agricultura (Birkeland, 1982; Uthicke et al., 2009).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Lawrence, J.M. 1987. A functional biology of echinoderms. Baltimore. Johns Hopkins University Press. Uthicke, S., Schaffelke, B. & Byrne, M. 2009. A boom–bust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in echinoderms. Ecological Monographs 79(1): 3-24. Fabricius KE (2013) *Acanthaster planci*. In: Lawrence JM (ed) Starfish: biology and ecology of the Asteroidea. JHU Press, Maryland, USA, pp 133–152. De'ath, G., Fabricius, K. E., Sweatman, H. & Puotinen, M. 2012. The 27–year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. Proceedings of the National Academy of Sciences 109(44):

17995-17999. Birkeland, C. 1982. Terrestrial Runoff as a Cause of Outbreaks of *Acanthaster planci* (Echinodermata: Asteroidea). *Marine Biology* 69: 175-185.

13.- 3.05.- ¿En las áreas donde ha sido introducido el taxón se han documentado impactos negativos socioeconómicos?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: En áreas donde los arrecifes de coral forman la base de la subsistencia local y las pesquerías comerciales a pequeña escala, los efectos en cascada de los brotes de *Acanthaster planci* pueden afectar drásticamente los recursos de peces e invertebrados, lo que constituye una amenaza potencial para la seguridad alimentaria y el estilo de vida de las comunidades costeras (Sano, 2000). Los cambios posteriores de fase de arrecifes estéticos altamente diversos a paisajes submarinos más homogéneos y la presencia de estrellas de mar altamente venenosas también pueden impactar profundamente en la industria turística local; desde 2002, el gobierno australiano ha comprometido un total de \$ 2.4 millones para el control de las estrellas de mar en reconocimiento del daño en los sitios clave de turismo y conservación en la Gran Barrera de Coral (Hoey & Chin, 2004).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Sano, M. 2000. Stability of reef fish assemblages: responses to coral recovery after catastrophic predation by *Acanthaster planci*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 198: 121-130. Hoey, J., Chin, A. 2004. Crown-of-thorns starfish *A. Chin* (Ed.), *The State of the Great Barrier Reef On-Line*, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia

B.- BIOLOGÍA/ECOLOGÍA

14.- 4.01.- ¿Puede el taxón ser venenoso o representar un riesgo de algún tipo para la salud humana?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: *Acanthaster planci* es el único miembro del grupo de estrellas de mar que tiene una toxina en sus numerosas espinas en la superficie. Causan no solo lesiones tóxicas, cuyas severidades dependen del sitio de la picadura y la cantidad de espinas involucradas, sino también síntomas sistémicos graves como hemólisis, relajación muscular y supresión del sistema nervioso central (Sato et al., 2008).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIA: Sato, H., Tsuruta, Y., Yamamoto, Y. I., Asato, Y., Taira, K., Hagiwara, K., ... & Uezato, H. 2008. Case of skin injuries due to stings by crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*). *The Journal of dermatology*, 35(3), 162-167.

15.- 4.02.- ¿Puede el taxón afectar a uno o más taxa nativos (que no estén amenazados o protegidos)?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Las grandes poblaciones de estas estrellas de mar pueden devastar un arrecife entero, como lo ocurrido en la Gran Barrera Arrecifal de Australia. Además, después de reducir la cobertura de coral vivo, las estrellas de mar juveniles y subadultas prefieren alimentarse de coral duro recién formado, lo que afecta significativamente el proceso de recuperación del coral (Engelhardt et al., 1999).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIA: Engelhardt, U., M. Hartcher, J. Cruise, D. Engelhardt, M. Russell, N. Taylor, G. Thomas, D. Wiseman. 1999. Fine scale surveys of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) in the central Great Barrier Reef Region. CRC Reef Research Centre Technical Report, 30: 1-97.

16.- 4.03.- ¿Existen taxones amenazados o protegidos que el taxón no nativo pudiera parasitar dentro del área AR?

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: No existen especies en la lista de especies amenazadas de la NOM-059-SEMARNAT-2010 que corran el riesgo de ser parasitadas o depredadas por *A. planci* (DOF, 2010); sin embargo, puede causar una disminución considerable de la cobertura coralina, principalmente de los géneros *Pocillopora*, *Pavona*, *Porites* y *Psammocora*, que se encuentran presentes en los sistemas arrecifales del Pacífico Mexicano. En el Pacífico Oriental Tropical, *A. planci* ocurre con densidades poblacionales bajas; solamente en Panamá e Isla de Cocos su abundancia ha sido significativa (Narváez & Zapata, 2010).

CONFIANZA: Media

REFERENCIAS: DOF. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010. Narváez, K., Zapata, F.A. 2010. First record and impact of the crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci* (Spinulosida: Acanthasteridae) on corals of Malpelo Island, Colombian Pacific. *Revista de Biología Tropical* 58(1): 139-143).

17.- 4.04.- ¿Es el taxón adaptable, en términos de condiciones climáticas u otras ambientales, de manera que se incremente su persistencia potencial si ya invadió, o pudiera invadir, el área AR?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Debido a que esta estrella es un coralívoro, que consume casi exclusivamente corales esclerectinios vivos, su dispersión depende en gran medida de la disponibilidad de este elemento en el lugar. Se puede considerar que *A. planci* tiene un papel en la diversificación del hábitat. Sin embargo, si la cobertura de coral se reduce drásticamente, las poblaciones de especialistas en arrecifes de coral (animales que dependen exclusivamente de la cobertura de coral para refugio y alimentos) pueden disminuir. Por lo tanto, el impacto de *A. planci* en su entorno depende de cuán abundantes sean (Wilson et al., 2008). En un estudio realizado en el Parque Nacional Archipiélago de Espíritu Santo (PNAES) en el periodo 2010-2014, en el sitio El Cardonal, el cual tiene una cobertura coralina alta (33%) registraron solo tres individuos, mientras que, para la Ballena, área con una cobertura de 10% se contabilizaron 39 individuos; en este último sitio predominó la cobertura de tapete de algas (50%), lo que indica que en ausencia de coral los organismos se están alimentando de este grupo de algas (Castro-Peláez, 2016). Esta conducta se hace evidente en individuos observados en fondos arenosos, aislados de la zona arrecifal, en postura de alimentación y con el estómago evertido hacia el suelo arenoso, degradando la diversa flora y fauna. Esta observación resuelta importante considerando que se ha definido como especie arrecifal, llegando a encontrarse en fondo arenosos (Hernández-Morales, 2018).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIAS: Wilson, S. K., R. Fisher, M. S. Pratchett, N. A. J. Graham, N. K. Dulvy, R. A. Turner, A. Cakacaka, N. V. C. Polunin & S. P. Rushton. 2008. Exploitation and habitat degradation as agents of change within coral reef fish communities. *Global Change Biology* 14: 2796-2809. Castro-Peláez, M.A. 2016. Variación espacio-temporal de la abundancia de algunas especies de asteroideos (Echinodermata) en El Parque Nacional Archipiélago Espíritu Santo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 62 pp. Hernández-Morales, A. 2018. Estudio de la estrella de mar "Corona de espinas" *Acanthaster planci* (Echinodermata: Acanthasteridae) en las comunidades arrecifales del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR, IPN.

18.- 4.05.- ¿Puede el taxón alterar la estructura/función de las redes tróficas en los ecosistemas acuáticos, que ya ha invadido o que pudiera invadir en el área AR?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Un brote de *A. planci* en diversas zonas donde se encuentran comunidades coralinas, como por ejemplo, la zona de bahía Carrizales (Manzanillo, Colima) o Islas Marietas (Bahía Banderas, Nayarit) pudiera causar una severa inestabilidad en el sistema del arrecife al disminuir la cobertura de coral, lo que ocasionaría la reducción de habitats para muchas especies de peces e invertebrados marinos. Este arrecife se considera uno de los mejores conservados debido a las pocas perturbaciones ambientales y el poco uso humano, por lo que la introducción de una especie coralívora podría alterar la estructura trófica del arrecife (Reyes-Bonilla et al., 2012).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIA: Reyes-Bonilla, H., Escobosa-González, L.E., Cupul-Magaña, A., Medina-Rosas, P., Calderón-Aguilera, L. 2012. Estructura comunitaria de corales zooxantelados (Anthozoa: Scleractinia) en el arrecife coralino de Carrizales, Pacífico Mexicano. Revista de Biología Tropical 61(2): 583-594.

19.- 4.06.- ¿Puede el taxón ocasionar impactos negativos a los servicios ecosistémicos en el área AR?

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: Las bajas densidades que se han registrado en los últimos años en la región del Pacífico mexicano sugieren que la presencia de la estrella no representa riesgo a las comunidades naturales. De acuerdo con la preferencia por corales hermatípicos se esperaría encontrar una mayor abundancia de estrellas en sitios de mayor cobertura coralina; sin embargo, se ha observado lo contrario y las poblaciones de *A. planci* no han mostrado un crecimiento que ponga en riesgo los ecosistemas del Pacífico mexicano (Hernández-Morales, 2018). De igual forma en otras regiones del Pacífico Oriental Tropical como Malpelo las bajas densidades de *A. planci* sugieren que actualmente ella no representa amenaza alguna para los arrecifes (Narváez & Zapata, 2010).

CONFIANZA: Media

REFERENCIA: Hernández-Morales, A. 2018. Estudio de la estrella de mar "Corona de espinas" *Acanthaster planci* (Echinodermata: Acanthasteridae) en las comunidades arrecifales del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR, IPN. Narváez, K., Zapata, F.A. 2010. First record and impact of the crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci* (Spinulosida: Acanthasteridae) on corals of Malpelo Island, Colombian Pacific. Revista de Biología Tropical 58(1): 139-143.

20.- 4.07.- ¿Puede el taxón ser hospedero y/o actuar como vector para plagas reconocidas y agentes infecciosos que sean endémicos en el área AR?

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: No hay evidencias que demuestren que hay plagas o agentes infecciosos endémicos en la región del Pacífico mexicano.

CONFIANZA: Alta

21.- 4.08.- ¿Puede el taxón ser hospedero y/o actuar como vector para plagas reconocidas y agentes infecciosos que estén ausentes (sean nuevos) en el área AR?

RESPUESTA: Si

JUSTIFICACIÓN: La depredación de *A. planci* juega un papel importante en la transmisión de la enfermedad de la banda marrón en los corales formadores de arrecifes (Nugues & Bak, 2009). *A. planci* puede ser un vector

de la enfermedad que transmite el o los patógenos primarios durante la alimentación. La estrella también puede facilitar la propagación de la enfermedad actuando como un factor estresante. Las cicatrices por la alimentación pueden proporcionar un punto de entrada para los patógenos y o aumentar la virulencia de los ciliados. La depredación de *A. planci* también reduce rápidamente el tamaño de las colonias, especialmente durante los brotes masivos. Dicha disminución de tamaño podría agotar las reservas energéticas por debajo de las cuales se compromete la resistencia a las enfermedades (Katz et al., 2014).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIA: Nuges, M.M. & Bak, M.P. 2009. Brown-band syndrome on feeding scars of the Crown-of-thorn starfish *Acanthaster planci*. *Coral Reefs*, 28: 507-510. Katz, S. M., Pollock, F. J., Bourne, D. G. & Willis, B. L. 2014. Crown-of-thorn starfish predation and physical injuries promote brown band disease on corals. *Coral Reefs* 33: 705-716.

22.- 4.09.- ¿Puede el taxón alcanzar un tamaño corporal que incremente las posibilidades de liberarlo de cautiverio?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Los adultos normalmente oscilan entre 250 y 350 mm de diámetro, y algunos individuos tienen más de 700 mm de diámetro (Moran, 1988).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIA: Moran, P. 1988. The *Acanthaster* phenomenon. Australian Institute of Marine Science Monograph Series, 7: 379-480.

23.- 4.10.- ¿Es el taxón capaz de mantenerse en diversas condiciones de velocidad de corrientes de agua (p. ej. es versátil en el uso de hábitat)?

RESPUESTA: Sí

JUTIFICACIÓN: Las larvas de *A. planci* se dispersan ampliamente, en masa sobre las corrientes oceánicas. El rango pan-tropical del Pacífico (Australia a Panamá) de *A. planci* es un indicador potencial de dispersión amplia, y la evidencia genética disponible que utiliza alozima, ADN de COI mitocondrial y microsatélites nucleares respalda una alta capacidad de dispersión (Yasuda et al., 2009). Además, hay afirmaciones genéticas comprobables que sustentan la hipótesis basada en el alto potencial de dispersión atribuido a *A. planci* y el tiempo correlacionado de los brotes secundarios en lugares distantes y los patrones de corrientes oceánicas (Benzie, 1992).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIA: Yasuda N, Nagai S, Hamaguchi M, Okaji K, Gerard K, et al. 2009. Gene flow of *Acanthaster planci* in relation to ocean currents revealed by microsatellite analysis. *Molecular Ecology* 18: 1574–1590. Benzie JAH. 1992. Review of the genetics, dispersal and recruitment of crownof-thorns starfish (*Acanthaster planci*). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 43: 597–610.

24.- 4.11.- ¿Puede el modo de vida del taxón (p. ej. excreción de subproductos) o comportamientos (p. ej. alimentación) reducir la calidad del hábitat para taxones nativos?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: La estrella de mar *A. planci* es el principal enemigo natural de los corales que construyen arrecifes. Resultan en mortalidades masivas de corales, a veces aniquilando poblaciones, con consecuencias típicamente de segundo orden y de largo plazo en varias comunidades. Los efectos en cascada de los brotes de *Acanthaster* por lo general se extienden a todo el ecosistema de arrecifes y suelen provocar aumentos en

las algas bentónicas, una pérdida de los conjuntos de alimentación de coral, un colapso general de la complejidad estructural del arrecife y una disminución de la biodiversidad y la productividad (Sano, 2000). Además de causar un extenso agotamiento de los corales, la alimentación selectiva por *A. planci* causa una mortalidad diferencial entre las especies de corales y puede ejercer una influencia importante en la estructura de la comunidad de corales, ya sea aumentando o disminuyendo la diversidad de corales (Porter, 1972).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIA: Sano, M. 2000. Stability of reef fish assemblages: responses to coral recovery after catastrophic predation by *Acanthaster planci*. *Mar Ecol-Prog Ser* 198: 121–130. Porter, J.W. 1972. Predation by *Acanthaster* and its effect on coral species diversity. *Am Nat* 106: 487–492.

25.- 4.12.- ¿Puede el taxón mantener una población viable incluso cuando esté presente a bajas densidades (o persistir en condiciones adversas en alguna forma latente)?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Las poblaciones de *A. planci* comúnmente muestran oscilaciones cíclicas entre períodos prolongados de baja densidad con individuos escasamente distribuidos entre grandes áreas de arrecifes (típicamente <1 ind.ha⁻¹), las poblaciones pueden aumentar dramáticamente durante ciertos períodos, alcanzando altas densidades denominadas “brotes” (por ejemplo, 1515 ind.ha⁻¹) (Kayal et al., 2012). El éxito de una baja proporción de la producción de larvas de *A. planci* puede ser suficiente para mantener un alto éxito post-larvario y el reclutamiento en poblaciones adultas (Wolfe et al., 2017). Además, los huevos y larvas también están protegidos químicamente con toxinas que pueden disuadir a los depredadores. Parece que los COTS están contruidos para la resistencia de las larvas y el éxito post-larval (Lucas et al., 1979). Las larvas exhiben una fuerte plasticidad en el desarrollo que se adapta a su fenotipo con las condiciones ambientales, con bandas ciliadas más largas cuando los nutrientes se limitan a aumentar su capacidad para capturar las escasas partículas de alimentos (Wolfe et al., 2015).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIA: Kayal, M., Vercelloni, J., Lison de Loma, T., Bosserelle, P., Chancerelle, Y., Geoffroy, S., Stievenart, C.I., Michonneau, F.o., Penin, L., Planes, S., Adjeroud, M., 2012. Predator crown-of-thorns starfish outbreak, mass mortality of corals, and cascading effects on reef fish and benthic communities. *PLoS One* 7 (10), e47363. Wolfe, K., Graba-Landry, A., Dworjanyn, S. A., & Byrne, M. 2017. Superstars: Assessing nutrient thresholds for enhanced larval success of *Acanthaster planci*, a review of the evidence. *Marine Pollution Bulletin*, 116(1-2), 307–314. Lucas, J.S., Hart, R.J., Howden, M.E., Salathe, R., 1979. Saponins in eggs and larvae of *Acanthaster planci* (L.) (Asteroidea) as chemical defences against planktivorous fish. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 40, 155–165. Wolfe, K., Graba-Landry, A., Dworjanyn, S.A., Byrne, M., 2015. Larval phenotypic plasticity in the boom-and-bust crown-of-thorns seastar, *Acanthaster planci*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 539, 179–189.

5. UTILIZACIÓN DE RECURSOS

26.- 5.01.- ¿Puede el taxón consumir taxones nativos amenazados o protegidos en el área AR?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: No se encuentran especies amenazadas o protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010) en la bahía de Manzanillo que pudieran ser depredadas por *A. planci* (Solís-Marín F.A. comunicación personal). Sin embargo, en la lista roja de la IUCN se encuentran 5 especies dentro de la categoría de Preocupación menor (LC) (*Porites panamensis*, *Pocillopora capitata*, *P. lutea*, *Pavona clavus*, *P. gigantea*), todas estas registradas para la costa de Colima (IUCN, 2018).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIA: DOF. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental -Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010. IUCN 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. <http://www.iucnredlist.org>.

27.- 5.02.- ¿Puede el taxón retener recursos alimenticios (incluyendo nutrientes) en detrimento de taxones nativos en el área AR?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Los brotes de *A. planci* pueden ocasionar el colapso de las poblaciones coralívoras residentes de los arrecifes las cuales sufren limitaciones tróficas tras la depredación de los corales por la estrella de mar. Esta escasez de alimentos, además de la pérdida de refugios y hábitat, se ha considerado uno de los principales efectos causantes de la disminución observada de peces marinos que se alimentan de coral. También se ha reportado la pérdida de comunidades de decápodos que viven dentro de las ramas de coral (Kayal et al., 2012). Por otro lado, la materia orgánica derivada del coral (moco de coral y microorganismos asociados) puede ser asimilada por las larvas de *A. planci* y puede ser una alternativa importante o un recurso alimentario adicional para las larvas a través de períodos de baja biomasa de fitoplancton. Este recurso alimenticio adicional podría potencialmente facilitar los brotes de la estrella al reducir la limitación de recursos (Nakajima et al., 2016). Además, estos agregados de moco de coral son considerados como uno de los principales contribuyentes al origen de la materia orgánica en partículas (POM) en aguas de arrecife (Huettel et al., 2006), siendo una importante fuente de alimento para varios animales de arrecife, como los peces, el zooplancton y varios taxones bentónicos, como los cangrejos de coral y las estrellas frágiles (Nakajima & Tanaka, 2014).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Kayal, M., Vercelloni, J., De Loma, T. L., Bosserelle, P., Chancerelle, Y., Geoffroy, S. & Adjeroud, M. 2012. Predator crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) outbreak, mass mortality of corals, and cascading effects on reef fish and benthic communities. *PloS one* 7(10): e47363. Nakajima, R., Nakatomi, N., Kurihara, H., Fox, M. D., Smith, J. E., & Okaji, K. 2016. Crown-of-thorns starfish larvae can feed on organic matter released from corals. *Diversity* 8(4): 18. Huettel, M.; Wild, C.; Gonelli, S. 2006. Mucus trap in coral reefs: Formation and temporal evolution of particle aggregates caused by coral mucus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 307, 69–84. Nakajima, R.; Tanaka, Y. 2014. The role of coral mucus in the material cycle in reef ecosystems: Biogeochemical and ecological perspectives. *J. Jpn. Coral Reef Soc.* 2014 16: 3–27.

6. REPRODUCCIÓN

28.- 6.01.- ¿Puede el taxón exhibir cuidado parental y/o reducir la edad de madurez sexual en respuesta a las condiciones ambientales?

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: No se ha documentado la existencia de cuidado parental o de que la especie reduzca su edad de primera madurez sexual por cambios en las condiciones ambientales. Sin embargo, se ha encontrado que algunos factores ambientales como la temperatura o la presencia de fitoplancton pueden inducir el desove de los organismos con mayor efecto sobre los machos que en las hembras (Caballes & Pratchett, 2017).

CONFIANZA: Media

REFERENCIAS: Caballes, C.F. & Pratchett, M.S. 2017. Environmental and biological cues for spawning in the crown-of-thorns starfish. *PLoS ONE* 12(3): e0173964.

29.- 6.02.- ¿Puede el taxón producir gametos viables o propágulos (en el área AR)?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: *Acanthaster planci* genera de manera estacional durante los meses de verano, de acuerdo con la ubicación de cada población. Las poblaciones en el hemisferio norte generalmente desovan entre mayo y agosto, mientras que las poblaciones en el hemisferio sur desovan entre noviembre y febrero (Birkelanci & Lucas, 1990; Moran, 1988a, b). La temperatura es considerada como uno de los principales factores que controlan la gametogénesis en *A. planci*, de modo que la actividad reproductiva máxima se observa a menudo durante los meses más cálidos del año o cuando las temperaturas son cercanas a los 28°C (Pratchett et al., 2014).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Birkelanci, C. & J. Lucas. 1990. *Acanthaster planci*: Major Management Problem of Coral Reefs. Boca Raton, Florida: CRC Press. Moran, P. 1988a. Crown-of-Thorns Starfish: Questions and Answers. Queensland: Australian Institute of Marine Science; Moran, P. 1988b. The *Acanthaster* phenomenon. Australian Institute of Marine Science Monograph Series, 7: 379-480. Pratchett, M.S., Caballes, C.F., Rivera-Posada, J.A. & Sweatman, H.P.A. 2014. Limits to understanding and managing outbreaks of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster* spp.). *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 52: 133-200.

30.- 6.03.- **¿Puede el taxón hibridar con taxones nativos de forma natural?**

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: En la región del Pacífico mexicano *Acanthaster planci* es la única especie reconocida. Solo se ha reportado hibridación en laboratorio con *Acanthaster brevispinus*, la cual solo se encuentra distribuida en el Indo-Pacífico, por lo que no hay riesgo de hibridación en México (Lucas & Jones, 1976; Lucas, 1984).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Lucas, J. S. & Jones, M. M. 1976. "Hybrid crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci* X *A. brevispinus*) reared to maturity in the laboratory". *Nature* 263: 409-412; Lucas, J. S. 1984. Growth, maturation and effects of diet in *Acanthaster planci* (L.) (Asteroidea) and hybrids reared in the laboratory. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 79(2): 129-147

31.- 6.04.- **¿Puede el taxón ser hermafrodita o reproducirse asexualmente?**

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: No es una especie hermafrodita, aunque existe una controversia respecto al tema de reproducción asexual en *A. planci*. En un estudio preliminar se encontró evidencia que de que esta estrella puede regenerarse a partir de la pérdida extensa de tejido, pero la supervivencia parece depender de mantener al menos parte del disco central (Messmer et al., 2013).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIAS: Messmer, V., Pratchett, M. S., & Clark, T. D. 2013. Capacity for regeneration in crown of thorns starfish, *Acanthaster planci*. *Coral Reefs* 32(2): 461-461.

32.- 6.05.- **¿Depende el taxón de la presencia de otro taxón (o de características específicas del hábitat) para completar su ciclo de vida?**

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Este asteroideo es un coralívoro, que consume casi exclusivamente corales escleractinios vivos (i.e. corales formadores de arrecifes), aunque como adulto es un carnívoro oportunista, también puede depredar invertebrados sésiles incrustados y animales muertos. *Acanthaster planci* consume la mayoría de los tipos de corales pétreos como *Pocillopora*, *Acropora*, *Pavona* y *Porites* (Keesing & Lucas, 1992; Moran, 1988; Pratchett, 2007).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Keesing, J. & J. Lucas. 1992. Field measurement of feeding and movement rates of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 156: 89-104. Moran, P. 1988. Crown-of-Thorns Starfish: Questions and Answers. Queensland: Australian Institute of Marine Science. Pratchett, M. 2007. Feeding preferences of *Acanthaster planci* (Echinodermata: Asteroidea) under controlled conditions of food availability. *Pacific Science* 61(1): 113-119

33.- 6.06.- ¿Se sabe (o es probable) que el taxón produzca un gran numero de propágulos o descendientes en un tiempo corto (p. ej. <1 año)?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Tiene una fecundidad muy alta (> 100 millones de ovocitos por temporada para una sola estrella de mar), lo que permite la capacidad de tener aumentos muy rápidos en el tamaño de la población (Babcock et al., 2016).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Babcock, R.C., Milton, D.A. & Pratchett, M.S. 2016. Relationships between size and reproductive output in the crown-of-thorns starfish. *Marine Biology* 163(11): 1-7.

34.- 6.07.- ¿Cuántas unidades de tiempo (días, meses, años) requiere el taxón para alcanzar la edad de la primera reproducción? [En el campo de Justificación, indicar la unidad de tiempo concreta utilizada.]

RESPUESTA: 2

JUSTIFICACIÓN: Se estima que requiere cerca de dos años para alcanzar su talla de madurez sexual (Caballes & Pratchett, 2014).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Caballes, C. F., & Pratchett, M. S. 2014. Reproductive biology and early life history of the crown-of-thorns starfish. Pp: 101-114. En: *Echinoderms: Ecology, Habitats and Reproductive Biology*. Whitmore, E. (Ed.). Nova Science Publishers Inc, United States.

7.- MECANISMOS DE DISPERSIÓN

35.- 7.01.- ¿Cuántos vectores/vías internas potenciales podría utilizar el taxón para dispersarse dentro del área AR (con hábitats adecuados en la cercanía)?

RESPUESTA: >1

JUSTIFICACIÓN: Dispersión natural (local): Se ha estimado que las larvas de *A. planci* pueden llegar a desplazarse hasta 250 metros por semana y los adultos pueden recorrer entre 2-10 metros por día, sin embargo, factores como la densidad, cobertura coralina y la acción de las olas altas pueden cambiar estos valores y por lo tanto, retardar o acelerar la colonización de nuevos sitios en los arrecifes (Chesher, 1969; Keesing & Lucas, 1992). Corrientes de agua: las larvas de *Acanthaster* son transportadas por corrientes a áreas muy dispersas, como ha sido el caso de Ryukyus (Japón) (Nakamura, 1986; Timmers et al., 2011).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Chesher, R.H. 1969. Destruction of Pacific corals by the sea star *Acanthaster planci*, *Science* 165: 280-283. Keesing, J.K. & Lucas, J.S. 1992. Field measurement of feeding and movement rates of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 156(1): 89-104. Nakamura, R. 1986. A morphometric study on *Acanthaster planci* populations in the Ryukyu Islands Japan, *Galaxea* 5(2): 223-238; Timmers, M.A.; Andrews, K.R.; Bird, C.E.; deMaintenton, M.J.; Brainard, R.E. &

Toonen, R.J. 2011. Widespread Dispersal of the Crown-of-Thorns Sea Star, *Acanthaster planci*, across the Hawaiian Archipelago and Johnston Atoll. *Journal of Marine Biology*: Article ID 934269

36.- 7.02.- ¿Alguno de estos vectores/vías podría llevar al taxón a la proximidad cercana de una o más áreas protegidas (p. ej. ZCM, APM, SICE)?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Hay muy poca información referente a *A. planci* a lo largo de la costa oeste de México. En el Golfo de California sus poblaciones se extienden desde Isla Rasa, en Bahía de Los Ángeles (28.8° N) hasta Isla Tres Marias, Nayarit (21° 41' N) (Hendrickx et al., 2005). Para el Golfo de California no se cuenta con trabajos recientes enfocados en esta estrella de mar, y los que existen corresponden a trabajos que nos describen su distribución y abundancia de manera puntual. Dentro de su distribución se incluyen varias áreas naturales protegidas. Podría llegar a la zona de La Boquita o al arrecife de Carrizales, los cuales son sitios con formaciones coralinas importantes desde el punto de vista ecológico y turístico (Galván-Villa observaciones personales). Los patrones de circulación de corriente que se presentan en las bahías de Santiago y Manzanillo pueden contribuir a la dispersión de la estrella de mar. Las corrientes de marea muestran un patrón de circulación durante el flujo, con una tendencia ciclónica en el área de Santiago y una anticiclónica en la porción de Manzanillo, invirtiéndose esta tendencia durante el reflujo (Galicia-Pérez et al., 2008).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Hendrickx, M. E., Brusca, R. C. & Findley, L. T. 2005. Listado y distribución de la macrofauna del Golfo de California, México: Parte 1. Invertebrados. Arizona-Sonora Desert Museum. 429 pp. Galicia-Pérez, M. A., Gavino-Rodríguez, J. H., & Torres-Orozco, E. 2008. Aspectos de la circulación marina y el oleaje en la bahía de Manzanillo. Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Facultad de Ciencias Marinas, Revista Iridia de la Universidad de Colima.

37.- 7.03.- ¿Tiene el taxón la capacidad de adherirse activamente a algún sustrato duro (p. ej. casco de embarcaciones, boyas, pilotes) de modo que se incremente su probabilidad de dispersión?

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: No presenta ninguna estructura especial para adherirse a sustratos duros como los cascos de embarcaciones o materiales flotantes (Moran, 1988).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIAS: Moran, P. 1988. Crown-of-Thorns Starfish: Questions and Answers. Queensland: Australian Institute of Marine Science.

38.- 7.04.- ¿Puede llevarse a cabo la dispersión natural del taxón por medio de huevos (para animales) o por medio de propágulos (para plantas: semillas, esporas) dentro del área AR?

RESPUESTA: SI

JUSTIFICACIÓN: Las larvas de *Acanthaster* pueden ser transportadas por corrientes a áreas muy dispersas (Timmers et al., 2011).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Timmers, M.A.; Andrews, K.R.; Bird, C.E.; deMaintenton, M.J.; Brainard, R.E. & Toonen, R.J. 2011. Widespread Dispersal of the Crown-of-Thorns Sea Star, *Acanthaster planci*, across the Hawaiian Archipelago and Johnston Atoll. *Journal of Marine Biology*: Article ID 934269.

39.- 7.05.- ¿Puede la dispersión natural del taxón ocurrir en etapas larvales/juveniles (para animales) o por medio de fragmentos/brotes (para plantas) dentro del área AR?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Por medio de larvas que son transportadas por las corrientes marinas (Timmers et al., 2011). Se han reconocido dos fases de vida de esta estrella: la pelágica que consiste en una etapa larvaria de 3-4 semanas, después de esto las larvas se asientan en los arrecifes poco profundos y se convierten en prejuveniles pasando a la fase bentónica; entre los 16 meses y los tres años, los juveniles migran hacia la superficie de las colonias de coral dejando de ser crípticos (Keesing et al., 1997; Caballes et al., 2016).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Timmers, M.A.; Andrews, K.R.; Bird, C.E.; deMaintenton, M.J.; Brainard, R.E. & Toonen, R.J. 2011. Widespread Dispersal of the Crown-of-Thorns Sea Star, *Acanthaster planci*, across the Hawaiian Archipelago and Johnston Atoll. *Journal of Marine Biology*: Article ID 934269. Keesing, J.K., A.R. Halford, K.C. Hall, & C.M. Cartwright. 1997. Large-scale laboratory culture of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* (L.) (Echinodermata: Asteroidea). *Aquaculture*, 157: 215-226. Caballes, C. F., M.S. Pratchett, A.M. Kerr & J.A. Rivera-Posada. 2016. The role of maternal nutrition on oocyte size and quality, with respect to early larval development in the coral-eating starfish, *Acanthaster planci*. *PLoS One* 11(6): e015800.

40.- 7.06.- **¿Pueden los estadios post-juveniles y adultos del taxón migrar dentro del área AR para reproducirse?**

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Esta especie no mantiene un área de distribución o territorio. Los comportamientos locomotores observados en *A. planci* son típicos de las estrellas de mar depredadoras. Los individuos se arrastran a una velocidad de hasta 35 cm por minuto sobre los arrecifes de coral y escombros, encontrando y consumiendo corales pétreos invirtiendo el estómago sobre el sustrato de coral y digiriendo los pólipos. Los juveniles se alimentan por la noche en las zonas expuestas del arrecife frontal, donde aparentemente es menos probable que los depredadores las noten, mientras que los adultos son más comunes en las zonas protegidas del arrecife (Engelhardt et al., 1999; 2001; Stump, 1996; Moran, 1988a, b).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Engelhardt, U., M. Hartcher, J. Cruise, D. Engelhardt, M. Russell, N. Taylor, G. Thomas & D. Wiseman. 1999. Fine scale surveys of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) in the central Great Barrier Reef Region. CRC Reef Research Centre Technical Report, 30: 1-97. Engelhardt, U., M. Hartcher, N. Taylor, J. Cruise, D. Engelhardt, M. Russell, I. Stevens, G. Thomas, D. Williamson & D. Wiseman. 2001. Crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) in the central Great Barrier reef region. Results of fine-scale surveys conducted in 1999-2000. CRC Reef Research Centre Technical Report, 32: 1-100. Stump, R. 1996. An investigation to describe the population dynamics of *Acanthaster planci* (L.) around Lizard Island, Cairns Section, Great Barrier Reef Marine Park. CRC Reef Research Technical Report, 10: 1-56. Moran, P. 1988a. Crown-of-Thorns Starfish: Questions and Answers. Queensland: Australian Institute of Marine Science. Moran, P. 1988b. The *Acanthaster* phenomenon. Australian Institute of Marine Science Monograph Series, 7: 379-480.

41.- 7.07.- **¿Pueden los huevos o propágulos del taxón ser dispersados por otros animales dentro del área AR?**

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: No se tiene reportes de que esta especie haya sido transportada por otros organismos. Se sabe que durante la fase pelágica, la larva viaja pasivamente con las corrientes marinas (Okaji, 1996).

CONFIANZA: Media

REFERENCIAS: Okaji, K.T. 1996. Feeding ecology in the early life stages of the crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci* (L.). Ph.D. Thesis, James Cook University, Townsville, Australia.

42.- 7.08.- **¿Puede la dispersión del taxón a lo largo de los vectores/vías mencionadas en las siete preguntas previas (7.01–7.07; p. ej. tanto accidental como intencional) ser rápida?**

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Las tasas de movimiento de *Acanthaster planci* promedian 2.8 metros por día en lugares con baja densidad de estrellas de mar y alta cobertura coralina, y 10.3 metros por día en sitios con alta densidad y baja cobertura. Dentro de los arrecifes de Australia, se ha encontrado que las tasas de movimiento de la población fueron más altas en áreas con poca cobertura de coral y las estrellas de mar grandes fueron presentan mayor movilidad que las más pequeñas (Keesing & Lucas, 1992).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIAS: Keesing, J.K. & Lucas, J.S. 1992. Field measurement of feeding and movement rates of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 156(1): 89-104.

43.- 7.09.- **¿Es la dispersión del taxón dependiente de la densidad?**

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Las tasas de movimiento de *Acanthaster planci* promedian 2.8 metros por día en lugares con baja densidad de estrellas de mar y alta cobertura coralina, y 10.3 metros por día en sitios con alta densidad y baja cobertura. Dentro de los arrecifes de Australia, se ha encontrado que las tasas de movimiento de la población fueron más altas en áreas con poca cobertura de coral y las estrellas de mar grandes fueron presentan mayor movilidad que las más pequeñas (Keesing & Lucas, 1992).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Keesing, J.K. & Lucas, J.S. 1992. Field measurement of feeding and movement rates of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 156(1): 89-104.

8. ATRIBUTOS DE TOLERANCIA

44.- 8.01.- **¿Puede el taxón resistir fuera del agua por periodos largos (p. ej. mínimo de una o más horas) en alguna etapa de su ciclo de vida?**

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: Es un organismo totalmente acuático, los adultos solo pueden permanecer unos cuantos minutos fuera del agua cerrando los surcos ambulacrales y manteniendo agua dentro de ellos (Galván-Villa observaciones personales).

CONFIANZA: Media

45.- 8.02.- **¿Es el taxón capaz de tolerar un amplio rango de condiciones de calidad de agua relevantes para el mismo? [En el campo de Justificación, indique la(s) variable(s) de calidad de agua a la(s) que se refiere.]**

RESUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: La temperatura afecta las densidades de esta estrella. A menor temperatura superficial, mayor es el número de organismos con rangos de entre 22° y 24.5°C (Cintra-Buenrostro et al., 2005). Aunque, Johnson & Babcock (1994) mencionan que *A. planci* en el arrecife Davies (18° 50' S) en Australia produce larvas normales de bipinaria a 22.3° y 21°C. En áreas de fuerte acción de las olas, la arena puede proporcionar una

barrera al movimiento de la estrella de mar entre parches de arrecife (Chesher, 1969). La estrella de mar prefiere vivir en áreas más protegidas, como lagunas, y en aguas más profundas a lo largo de los frentes de los arrecifes (Moran, 1997). Por lo general, evitan las aguas poco profundas en las cimas de los arrecifes, donde es probable que las condiciones del agua sean más turbulentas (Moran, 1997). Cuando el clima es tranquilo, el rango potencial de la estrella de mar aumenta y la estrella de mar puede cruzar zonas de arena y alimentarse en áreas de aguas poco profundas (Chesher, 1969; Moran, 1997).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIAS: Cintra-Buenrostro, C. E., H. Reyes-Bonilla & M. D. Herrero-Pérezrul. 2005. Oceanographic conditions and diversity of sea stars (Echinodermata: Asteroidea) in the Gulf of California, México. *Revista de Biología Tropical*. 53 (3): 245-261. Johnson, L. G. & R. C. Babcock. 1994. Temperature and the larval ecology of the crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci*. *Biological Bulletin*. 187 (3): 304-308. Chesher, R.H. 1969. Destruction of Pacific corals by the sea star *Acanthaster planci*, *Science* 165: 280-283. Moran, P.J. 1997. Crown-of-thorns starfish questions and answers. Australian Institute of Marine Science.

46.- 8.03.- ¿Puede ser el taxón controlado o erradicado en estado silvestre por agentes químicos, biológicos u otros medios?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Se han utilizado diferentes métodos para su erradicación. Entre estos se encuentra la extracción manual de ejemplares y entierro de los mismos, el uso de venenos o sustancias químicas inyectados en las estrellas, cortar los ejemplares, colocar cercas submarinas para evitar su dispersión. Cada uno de estos métodos tiene sus puntos a favor y en contra. Los más utilizados y con mejores resultados han sido la extracción manual y el uso de químicos inyectados directamente en las estrellas (Chugoku-Shikoku Regional Environmental Office, 2011; Fabricius, 2013).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Chugoku-Shikoku Regional Environmental Office. 2011. Crown-of-thorns starfish control manual. Kuroshio Biological Research Foundation; Fabricius, K. 2013. *Acanthaster planci*. En: *Starfish: Biology and Ecology of the Asteroidea*. J.M. Lawrence (Ed). Johns Hopkins, 267 pp; http://issg.org/database/species/management_info.asp?si=1043&fr=1&sts=&lang=EN consultado el 5 de diciembre de 2018.

47.- 8.04.- ¿Puede el taxón tolerar o beneficiarse de alteraciones ambientales/humanas?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Las afectaciones a las comunidades coralinas pueden afectar el desarrollo de la especie. Los efectos del calentamiento global están afectando directamente a los arrecifes coralinos, como consecuencia hay una pérdida considerable de cobertura coralina (Hughes et al., 2003). Esto implica menos disponibilidad de alimento para *A. planci*. Además, la extracción o pesca de peces que fungen como depredadores puede beneficiarles y permitir un aumento en las densidades de sus poblaciones (Zann et al., 1987; Moran, 1988).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Hughes, T.P., Baird, A.H., Bellwood, D.R., Card, M., Connolly, S.R., Folke, C... & Roughgarden, J. 2003. Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. *Science* 103: 929-933. Zann, L., Brodie, J., Berryman, C. & Naqasima, M. 1987. Recruitment, ecology, growth and behavior of juvenile *Acanthaster planci* (L.) (Echinodermata: Asteroidea). *Bulletin of Marine Science*. 41(2): 561-575. Moran, P. 1988. The *Acanthaster* phenomenon. Australian Institute of Marine Science Monograph Series 7: 379-480.

48.- 8.05.- ¿Puede el taxón tolerar niveles de salinidad más altos o bajos que los que se encuentran en su ambiente habitual?

RESPUESTA: No

JUSTIFICACIÓN: Se ha encontrado que la reducción de la salinidad tiene fuertes efectos negativos en la fertilización y el desarrollo temprano de *Acanthaster planci*, comenzando con la fertilización y continuando a través de la eclosión de embriones. La fertilización fue relativamente resistente a las reducciones en la salinidad, permaneciendo por encima del 90% hasta que la salinidad se redujo a 25 ppt o menos. La reducción de la salinidad retrasa la eclosión, pero la reducción del pH, de forma aislada o en combinación con una menor salinidad, no tiene efectos detectables en este punto del desarrollo (Allen et al., 2017).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Allen, J.D., Schrage, K.R., Foo, S.A., Watson, S. & Byrne, M. 2017. The Effects of Salinity and pH on Fertilization, Early Development, and Hatching in the Crown-of-Thorns Seastar. *Diversity* 9: 1-14.

49.- 8.06.- ¿Existen enemigos naturales efectivos (depredadores) del taxón en el área AR?

RESPUESTA: Sí

JUSTIFICACIÓN: Los depredadores más conocidos de *A. planci* incluyen la concha de triton gigante *Charonia tritonis* y varios peces en las familias Balistidae y Tetraodontidae, que tienen escamas con forma de placa córnea y dientes afilados y fuertes que les permiten eliminar trozos de tejido de *A. planci*. Particularmente en la región del Pacífico mexicano se encuentran por lo menos seis especies depredadoras de la estrella de mar y otras especies de invertebrados (Cowan et al., 2017).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Cowan, Z.L., Pratchett, M., Messmer, V. & Ling, S. 2017. Known Predators of Crown-of-Thorns Starfish (*Acanthaster* spp.) and their role in mitigating, if not preventing, population outbreaks. *Diversity* 9: 1-19.

C.- CAMBIO CLIMÁTICO

50.- 9.01.- ¿Considerando las predicciones de condiciones climáticas futuras, ¿son susceptibles de incrementarse, reducirse o no manifestar cambios los riesgos de introducción del taxón en el área AR?

RESPUESTA: Incremento

JUSTIFICACIÓN: Las posibilidades de dispersión y generación de brotes de *A. planci*, pueden verse favorecidos por el incremento de la temperatura de los océanos. El incremento de la temperatura ayuda al desarrollo de las larvas de *A. planci* y por lo tanto, puede ser un cofactor que favorezca los brotes (Uthicke et al., 2015). Sin embargo, se debe considerar que el incremento de temperatura en los océanos afecta directamente el desarrollo de los arrecifes coralinos, lo que hoy esta provocando una perdida considerable de coral vivo en todo el mundo (Hughes et al., 2003). Esta perdida de cobertura de coral afecta directamente el desarrollo de *A. planci* ya que su dieta se compone principalmente de coral vivo. Con base en esto se podría suponer que las posibilidades de introducción, por ejemplo, en el Mar Caribe podrían reducirse en el futuro. Algunos estudios anteriores mencionan que las poblaciones de *A. planci* han mantenido un comportamiento constante respecto a la baja densidad (<1 ind/m²) en el Golfo de California desde los años 70 (Hernández-Morales, 2018).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIAS: Uthicke, S., Logan, M., Liddy, M., Francis, D., Hardy, N., & Lamare, M. 2015. Climate change as an unexpected co-factor promoting coral eating seastar (*Acanthaster planci*) outbreaks. *Scientific Reports* 5:

8402. Hughes, T.P., Baird, A.H., Bellwood, D.R., Card, M., Connolly, S.R., Folke, C... & Roughgarden, J. 2003. Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. *Science* 103: 929-933. Hernández-Morales, A. 2018. Estudio de la estrella de mar "Corona de espinas" *Acanthaster planci* (Echinodermata: Acanthasteridae) en las comunidades arrecifales del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B. C. 79 pp.

51.- 9.02.- Considerando las predicciones de condiciones climáticas futuras, ¿son susceptibles de incrementarse, reducirse o no manifestar cambios los riesgos de establecimiento del taxón en el área AR?

RESPUESTA: Incremento

JUSTIFICACIÓN: De acuerdo a un estudio por Uthicke et al. (2015) determinaron mediante modelos predictivos que el aumento en la temperatura de los océanos favorece el desarrollo y asentamiento de las larvas de *A. planci*. El incremento de la temperatura se correlaciona con un aumento en la concentración de alimento para las larvas y por lo tanto, un aumento en la tasa de supervivencia y asentamiento. En este estudio se concluye que la temperatura es un cofactor que puede favorecer la aparición de brotes de la estrella corona de espinas.

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Uthicke S., Logan M., Liddy M., Francis D., Hardy N. & Lamare M. 2015. Climate change as an unexpected co-factor promoting coral eating seastar (*Acanthaster planci*) outbreaks. *Scientific reports* 5: 8402.

52.- 9.03.- Considerando las predicciones de condiciones climáticas futuras, ¿son susceptibles de incrementarse, reducirse o no manifestar cambios los riesgos de dispersión del taxón dentro del área AR?

RESPUESTA: Incremento

JUSTIFICACIÓN: Los modelos de predicción suponen un incremento en las tasas de supervivencia y asentamiento de larvas de *A. planci* debido al aumento de la temperatura promedio de los océanos. La dispersión de estas puede ser favorecida por la disponibilidad de alimento, lo que les permita colonizar otras regiones (Uthicke et al., 2015).

CONFIANZA: Muy Alta

REFERENCIAS: Uthicke S., Logan M., Liddy M., Francis D., Hardy N. & Lamare M. 2015. Climate change as an unexpected co-factor promoting coral eating seastar (*Acanthaster planci*) outbreaks. *Scientific reports* 5: 8402.

53.- 9.04.- Considerando las predicciones de condiciones climáticas futuras, ¿cuál es la posible magnitud de futuros impactos potenciales a la biodiversidad y/o al estatus/integridad ecológica?

RESPUESTA: Más Alta

JUSTIFICACIÓN: Los crecimientos masivos (outbreaks) que se han presentado en la región del Indo-Pacífico han provocado una disminución considerable de la cobertura coralina. La tasa de reducción por depredación de *Acanthaster planci* se estima entre un 0.2 y 1.5% por año desde 1960 (Bruno & Selig, 2007). Por lo tanto, si se llegaran a presentar estos aumentos de densidades en las poblaciones regionales podrían provocar un desequilibrio en las comunidades coralinas locales, las cuales funcionan como fuente de reclutas de muchas especies. En este sentido, muchos grupos de investigación han enfatizado la importancia de aumentar la conciencia pública sobre estos brotes en continuo aumento, ya que la depredación de corales por las estrellas de mar puede dañar seriamente los arrecifes hasta el punto en que la sostenibilidad de la lucrativa industria del turismo de arrecifes podría verse afectada. Para proteger estos arrecifes, así como a las personas que dependen de ellos para su sustento económico, los investigadores deben determinar cómo las actividades humanas afectan el ciclo de los brotes de estrellas de mar. Específicamente, es necesario realizar más

investigaciones sobre los efectos de la sobrepesca de los depredadores conocidos de *A. planci*, y sobre cómo el aumento de la escurritía de nutrientes de la tierra afecta la supervivencia, el reclutamiento y el crecimiento de la larva (Stump, 1996; Engelhardt et al., 2001).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIA: Bruno, J. & Selig, E. 2007. Regional decline of coral cover in the Indo-Pacific: timing, extent, and subregional comparisons. Public Library of Science ONE 2: e711. Stump, R. 1996. An investigation to describe the population dynamics of *Acanthaster planci* (L.) around Lizard Island, Cairns Section, Great Barrier Reef Marine Park. CRC Reef Research Technical Report, 10: 1-56. Engelhardt, U., M. Hartcher, N. Taylor, J. Cruise, D. Engelhardt, M. Russell, I. Stevens, G. Thomas, D. Williamson & D. Wiseman. 2001. Crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) in the central Great Barrier reef region. Results of fine-scale surveys conducted in 1999-2000. CRC Reef Research Centre Technical Report, 32: 1-100.

54.- 9.05.- Considerando las predicciones de condiciones climáticas futuras, ¿cuál es la posible magnitud de futuros impactos potenciales a la estructura y/o función ecosistémica?

RESPUESTA: Más alta

JUSTIFICACIÓN: Se han realizado muchas investigaciones sobre los efectos de pastoreo de *Acanthaster planci* en la cobertura y supervivencia de los arrecifes de coral. Las grandes poblaciones de esta estrella de mar pueden devastar un arrecife, como ha ocurrido en la Gran Barrera de Coral de Australia. Además, después de reducir la cobertura de coral vivo, las estrellas de mar juveniles y subadultas prefieren alimentarse de coral duro recién formado, lo que afecta significativamente el proceso de recuperación de coral (Engelhardt et al., 1999). El incremento de la temperatura de los océanos puede contribuir a un incremento en la densidad de larvas, las cuales a su vez pueden ser dispersadas por las corrientes a lugares distantes (Hughes et al., 2003). El aumento en las tasas de supervivencia y asentamiento de las larvas de *A. planci*, llevara a un incremento de reclutas en los arrecifes coralinos, los cuales están siendo afectados por otros estresores como acidificación, sedimentación, contaminación y sobrepesca (Hughes et al., 2003).

CONFIANZA: Alta

REFERENCIAS: Engelhardt, U., M. Hartcher, J. Cruise, D. Engelhardt, M. Russell, N. Taylor, G. Thomas & D. Wiseman. 1999. Fine scale surveys of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) in the central Great Barrier Reef Region. CRC Reef Research Centre Technical Report 30: 1-97. Hughes, T.P., Baird, A.H., Bellwood, D.R., Card, M., Connolly, S.R., Folke, C... & Roughgarden, J. 2003. Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. Science 103: 929-933.

55.- 9.06.- Considerando las predicciones de condiciones climáticas futuras, ¿cuál es la posible magnitud de futuros impactos potenciales a los servicios ecosistémicos/factores socioeconómicos?

RESPUESTA: Más alta

JUSTIFICACIÓN: La reducción de cobertura coralina por depredación de *Acanthaster planci*, puede afectar directamente las actividades turísticas como el buceo o snorkeling, que son fuentes importantes de ingreso para muchas comunidades costeras, y que ahora utilizan como su medio de sustento con el fin de reducir el impacto por otras actividades como la sobrepesca. Además, de forma indirecta la pérdida de arrecifes de coral provocaría una disminución en la tasa de reproducción y reclutamiento de muchas especies dependientes de ellos para completar sus ciclos de vida. Estas especies pueden ser recursos explotados comercialmente como fuente de alimento, afectando la economía de las personas que dependen de ellas (Hughes et al., 2003; Rochet et al., 2010).

CONFIANZA: Alta