

Evaluación experimental del crecimiento de las especies *Stylophora sp* y *Acropora millepora* (corales duros) en un sistema con recirculación

Juan Pablo Cuartas¹, Luis David Cuartas², Carlos Arturo David Ruales³.

■ Resumen

Introducción. Los corales ofrecen cientos de especies para los acuaristas de vida marina, un mercado que ha incrementado de manera insostenible colocando en peligro muchas especies en el mundo debido a su actividad principalmente extractiva; una ventaja es que se pueden cultivar en sistemas con recirculación. Ensayos de crecimiento de este tipo de corales en Colombia no se han reportado. Los corales pertenecen al phylum Cnidaria y a la clase Anthozoa, incluyen más de 9000 especies, presentan variedad de estrategias reproductivas desde la asexual, hasta la sexual. A la subclase Hexacoralia pertenecen los corales duros como por ejemplo los géneros *Stylophora* y *Acropora*. **Objetivo.** Medir el crecimiento de los géneros *Stylophora* y *Acropora* dentro de un sistema cerrado. **Materiales y métodos.** Un sistema de 760 litros complementado con un sistema de filtración tipo biológico y mecánico con Skimmer Bubble King® (240 Litros), fue utilizado para el mantenimiento de 3 colonias de los géneros mencionados. Se registró el crecimiento coralino y se controlaron los parámetros de calidad de agua; temperatura; pH; salinidad; calcio; magnesio; alcalinidad; ORP; PAR; amonio y nitritos, durante seis meses. **Resultados.** *Acropora millepora* (variedades roja y verde), presentaron los mismos valores en los registros de longitud y el número de ramificaciones al final del experimento, 22 cm y 25 ramificaciones, respectivamente. Para *Stylophora*, la longitud final desde la base hasta el ápice del fragmento fue de 26 cm y el número de ramificaciones hacia el final del experimento fueron 25. Los parámetros de calidad de agua se mantuvieron dentro de los rangos de confort para las especies del estudio.

Palabras claves: crecimiento coralino, acuario, sistema hidráulico, parámetros fisicoquímicos.

1 Industrial Pecuario, Zootecnista. Gerente Empresa Aqcuaviva AMO SAS

2 Industrial Pecuario, Zootecnista. Gerente de Producción Aqcuaviva AMO SAS

3 Biol. Esp. MSc. Profesor del Programa de Zootecnia. Corporación Universitaria Lasallista. Correo para correspondencia: cadavid@lasallistadocentes.edu.co - luisdcuartas@gmail.com



Experimental evaluation to the growth of *Stylophora* sp and *Acropora millepora* (hard corals) in a re-circulation system

■ Abstract

Introduction. Corals offer hundreds of species to sea life aquarists, a market that has growth beyond the sustainable limits jeopardizing many species worldwide, mainly due to extractive activities. There is, however, an advantage in the fact that corals can be grown in re-circulation systems. Growth tests for these types of corals have not been reported in Colombia. The phylum Cnidaria and the Anthozoa species include more than 9000 types with several reproductive strategies, from the asexual to the sexual one. Hard corals, such as *Stylophora* and *Acropora*, belong to the Hexacoralia sub-species. **Objective.** Measure the growth of *Stylophora* and *Acropora* species within a closed system. **Materials and Methods.** A 760 liters system, completed with a biological and mechanic type filtration system with Skimmer Bubble King® (240 Litters), was used to maintain three colonies of the aforementioned species. The growth of the corals was registered and the following parameters were controlled throughout a six months period: quality of the water, pH, salinity, calcium, magnesium, alkalinity, ORP, PAR, ammonia and nitrites. **Results.** *Acropora millepora* (red and green varieties), obtained the same values in the length and number of ramifications registrations at the end of the experiment: 22 centimeters and 25 ramifications, respectively. For *Stylophora*, the final length from the base to the apex of the fragment was 26 centimeters and the number of ramifications at the end of the experiment was 25. The water quality parameters were all within the comfort ratios for the species studied.

Key words: Coral growth, aquarium, hydraulic system, physical-chemical parameters.

Avaliação experimental do crescimento das espécies *Stylophora* sp e *Acropora millepora* (corais duros) num sistema com recirculação

■ Resumo

Introdução. Os corais oferecem centos de espécies para os acuaristas de vida marinha, um mercado que incrementou de maneira insustentável colocando em perigo muitas espécies no mundo devido a sua atividade principalmente extrativa; uma vantagem é que se podem cultivar em sistemas com recirculação. Ensaio de crescimento deste tipo de corais na Colômbia não se reportaram. Os corais pertencem ao phylum Cnidaria e à classe Anthozoa, incluem mais de 9000 espécies, apresentam variedade de estratégias reprodutivas desde a assexual, até a sexual. À subclasse Hexacoralia pertencem os corais duros como por exemplo os gêneros *Stylophora* e *Acropora*. **Objetivo.** Medir o crescimento dos gêneros *Stylophora* e *Acropora* dentro de um sistema fechado. **Materiais e métodos.** Um sistema de 760 litros complementado com um sistema de filtragem tipo biológico e mecânico com Skimmer Bubble King® (240 Litros), foi utilizado para a manutenção de 3 colônias dos gêneros mencionados. Registrou-se o crescimento coralino e se controlaram os parâmetros de qualidade de água; temperatura; PH; salinidade; cálcio; magnésio; alcalinidade; ORP; PAR; amônio e nitritos, durante seis meses. **Resultados.** *Acropora millepora* (variedades vermelha e verde), apresentaram os mesmos

valores nos registros de longitude e o número de ramificações ao final do experimento, 22 cm e 25 ramificações, respectivamente. Para *Stylophora*, a longitude final desde a base até o ápice do fragmento foi de 26 cm e o número de ramificações para o final do experimento foram 25. Os parâmetros de qualidade de água se mantiveram dentro das castas de conforto para as espécies do estudo.

Palavras importantes: crescimento coralino, aquário, sistema hidráulico, parâmetros físico-químicos.

■ Introducción

Varias características se pueden destacar en cuanto a los arrecifes coralinos, una de ellas es que poseen un alto valor como servicio ecosistémico en vista de la protección que ofrecen a la costa, el aporte de nutrientes; productos de origen natural para incontables procesos (industria farmacéutica y cosmética); otra, como atracción turística alrededor del mundo (Hoegh-Guldberg, Mumby, Hooten, Steneck, Greenfield, Gomez, Harvell, Sale, Edwards, Caldeira, Knowlton, Eakin, Iglesias-Prieto, Muthiga, Bradbury, Dubi y Hatzios, 2007; Leal, Puga, Serôdio, Gomes y Calado, 2012; Moberg y Folke, 1999); además, ofrecen cientos de especies para la acuarofilia de vida marina; bienes, cuyo consumo ha incrementado de manera insostenible colocando en peligro muchas especies en el mundo (Delbeek, 2001; Rhyne, Rotjan, Bruckner y Tlusty, 2009; Wabnitz, Taylor y Green, 2003); en este negocio se destacan los corales que por su alto valor económico son apetecidos en diferentes tiendas de acuaristas y en menor medida para laboratorios con fines de investigación, cuyos trabajos se centran en protocolos de reproducción, manejo de calidad de agua, influencia de la longitud de onda; entre otros (Leal et al, 2012; Shafir, Van Rijn y Rinkevich, 2006); todas estas actividades demandan grandes cantidades de

corales, las cuales sumadas al mercado ilegal ponen en peligro este recurso. La acuicultura de corales es una actividad en auge y puede suplir la demanda para el negocio actual, además de las actividades relacionadas con la conservación, la investigación y también las que tienen que ver con el lucro (Hoegh-Guldberg et al., 2007).

El cultivo de corales se realiza en la actualidad aplicando dos métodos llamados in situ (sistemas abiertos) o ex situ (sistemas cerrados o con recirculación); el método ex situ, hace la propagación por fuera del ambiente natural, en lo que se denomina sistemas con recirculación, los cuales incluso pueden estar distantes o cercanos del medio natural, en lo que se denomina un sistema de flujo a través del sistema de cultivo, el cual bombea agua del mar y es pasada a través de filtros antes de ser utilizada en el cultivo (Forsman, Rinkevich y Hunter, 2006); la ventaja de estos sistemas es el mayor control, maximizando la producción y garantizando el éxito en el cultivo coralino. Por lo general los sistemas con recirculación son utilizados en lugares donde existen restricciones por el uso o nula disponibilidad del agua de mar; utilizando agua de mar artificial. Este sistema tiene mayores responsabilidades en su manejo ya que si el agua no es correctamente filtrada puede presentar problemas relacionados con la pérdida de elementos necesarios tales como el estroncio, el calcio y el magnesio, además se requiere de una maduración previa del biofiltro en orden a alcanzar el equilibrio biológico y fisicoquímico del sistema de cultivo lo cual determina la producción (Martins, Eding, Verdegem, Heinsbroe, Schneider, Blancheton, Roque d'Orbcastel y Verreth, 2010).

Para Colombia no se registra información sobre trabajos relacionados con la producción ex situ de corales, por lo tanto el objetivo de este trabajo fue el de estandarizar el funcionamiento de un sistema de recirculación y evaluar el crecimiento de los corales duros *Stylophora* y *Acropora* con



el fin de aplicarlo a especies coralinas nativas. A pesar de que *Acropora* pertenece a la zona indopacífica, en Colombia existe referenciado el género para el mar caribe en la zona del parque Tayrona con las especies *Acropora palmata* y *Acropora Cerviconis*, que presentan características similares (Garzón-Ferreira, Moreno-Bonilla y Valderrama Vásquez, 2004). *Stylophora* sp pertenece a la gran barrera coralina Australiana y su familia (Pocilloporidae) tiene representantes en el Caribe Colombiano; estas semejanzas podrían establecer métodos de trabajo para especies nativas relacionadas.

■ Materiales y métodos

Material biológico. Fragmentos de los corales de los géneros *Stylophora* sp y *Acropora millepora* (variedades verde y roja), fueron adquiridos de acuaristas locales; estos corales fueron estabilizados y aclimatados al sistema con varios meses de anticipación, esto se hizo con el propósito de eliminar la variable del estrés del experimento, ya que se ha observado que el estrés de introducir un coral en un sistema nuevo puede provocar enfermedades y debilitamiento del tejido del animal. Los corales fueron mantenidos en las instalaciones de un laboratorio privado en la Florida, Estados Unidos de América (EUA).

Infraestructura. El sistema consta de un acuario de 760 Litros (Lt) de volumen efectivo, unido a un sistema de filtración de 240 Lt de volumen efectivo, con una distribución uniforme físico, químico, biológico y de esterilización por filtros ultravioleta (UV).

Calidad de agua e iluminación. Los parámetros de calidad de agua se midieron una vez al día con una sonda de pH y ORP (potencial de óxido-redox) marca Pinpoint®, medidores de Calcio (Ca^{+2}), Magnesio (Mg), Alkalidad (Alk), Amonio (NH_3) y Nitritos (NO_2^-) marca Salifer®. El agua es circulada 10 veces por hora; el

sistema cuenta además con un espumador de proteínas (Skimmer®), este permanece prendido constantemente. El agua es mantenida a una temperatura de 25.3 a 26 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), por medio de un sistema automático de calentamiento por gas natural. Cuenta además con una iluminación a base de LEDs® de 155 vatios (w), que generan una iluminación constante de 230 PAR (radiación fotosintética activa), con un total de 9 horas encendidas por día asemejando así las condiciones naturales.

Medidas y controles. Se tomaron medidas mensuales de crecimiento usando un pie de rey marca UYUSTOOLS® el cual expresa la medida en milímetros. Se redujo el proceso de manipulación de los corales, para evitar estrés por efecto directo del mismo y evitar factores que pudieran interrumpir su buena salud y crecimiento.

Estadística. Los resultados se expresan como promedios \pm DE (desviación estándar) de los parámetros considerados de seguimiento; usando el programa Microsoft Excel 2010®.

■ Resultados

La tabla 1, indica los valores de referencia en los parámetros de calidad de agua y los obtenidos con la implementación y manejo del sistema de recirculación durante el ensayo en un periodo de seis meses. Se observa que todos los parámetros se mantuvieron dentro de los rangos de confort registrados para el manejo ex situ de estos géneros coralinos, lo que indica que el diseño y la puesta en marcha del sistema de filtración cumplieron con su objetivo.

Como consecuencia del establecimiento del sistema, la madurez del agua y el control permanente de su calidad, se pudo determinar que todos los corales en general tuvieron un crecimiento constante, el cual desarrolla su

Tabla 1. Parámetros de calidad de agua en el sistema de recirculación y valores de referencia (n=6).

Parámetro	Valor Referencia	Meses						Promedio	SD
		1	2	3	4	5	6		
Temperatura °C	25 - 26	25,3	25,3	25,2	25,5	25,4	25,3	25,33	0,10
pH (unidades de pH)	8,2-8,4	8,3	8,4	8,35	8,4	8,38	8,32	8,36	0,04
SALINIDAD en densidad	1025-1030	1025	1024	1025	1026	1026	1025	1025	0,75
Ca ppm	440-460	440	448	455	460	456	448	452	7,22
Mg ppm	1400-1550	1450	1556	1520	1550	1550	1480	1517	43,73
Alcalinidad dkh	8-10,5	9,8	9,2	10,5	10	9,8	9,5	9,8	0,44
Amonio ppm	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Nitritos ppm	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
PAR	S.R.	230	243	256	255	251	254	248	10,07
ORP	S.R.	242	245	251	263	275	286	260	17,55

ppm: partes por millón o miligramos por litro; dkh: unidades de alcalinidad x10; S.R: sin registro. Valores de referencia tomados de Holmes-Farley, R. (2003-2005-2006 y 2007).

crecimiento conforme va madurando, ligado al incremento del número de ramificaciones; es así como la especie *Acropora millepora* (variedades roja y verde), presentaron los mismos valores en los registros de longitudinal y el número de ramificaciones al final del experimento; 22 cm y 25 ramificaciones, respectivamente (figuras 1 y 2). A partir del tercer mes se notó crecimientos de hasta 10mm en cada ramificación del coral, además, corales que empezaron con dos ramificaciones terminaron con más de 25.

La figura 1, indica al inicio del experimento para la especie *Acropora millepora*, una longitud total inicial de 12 cm (tomada desde la base hasta el ápice del fragmento) y 6 ramificaciones (A); a los cuarenta y cinco días muestra un crecimiento longitudinal de 17 cm y 12 ramificaciones (B), hacia el quinto mes 19 cm de longitud total y 18 ramificaciones (C), al sexto mes se puede observar una longitud total de 22 cm y 25 ramificaciones.

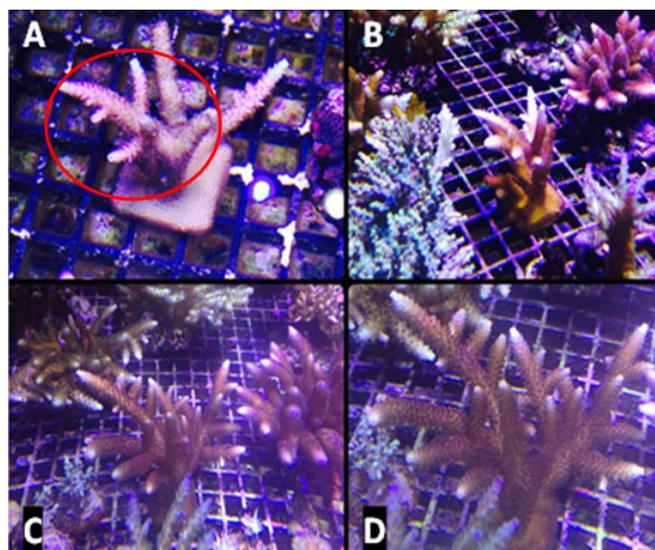


Figura 1.

Acropora millepora. (variedad roja). El círculo indica el fragmento al cual se le hizo el seguimiento. (A) Al inicio del experimento; (B) a los 45 días; (C) al quinto mes y (D) al sexto mes del experimento.

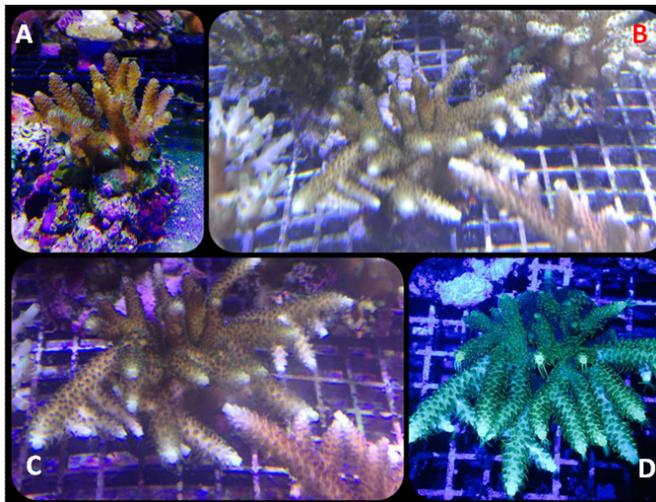


Figura 2.

Acropora millepora. (variedad verde) (A) al inicio del experimento; (B), a los 75 días; (C), al quinto mes y (D) al sexto mes del experimento.

Para *Stylophora* sp, la longitud final desde la base hasta el ápice del fragmento fue de 26 cm y el número de ramificaciones hacia el final del experimento fueron 25. Al inicio del experimento para la misma especie, la longitud total inicial fue de 8 cm y 7 ramificaciones; a los setenta y cinco días (75) un crecimiento longitudinal de 12 cm y 12 ramificaciones; hacia el quinto mes 18 cm de longitud total y 19 ramificaciones (C); al sexto mes se puede observar una longitud total de 26 cm y 25 ramificaciones. La figura 3; muestra tres momentos durante el seguimiento del desarrollo de *Stylophora*. La tabla 2, resume los datos de los seguimientos hechos al inicio y al final del periodo de observación para las especies de corales duros *Acropora* y *Stylophora*.

Tabla 2. Principales datos de crecimiento para *Acropora* y *stylophora*

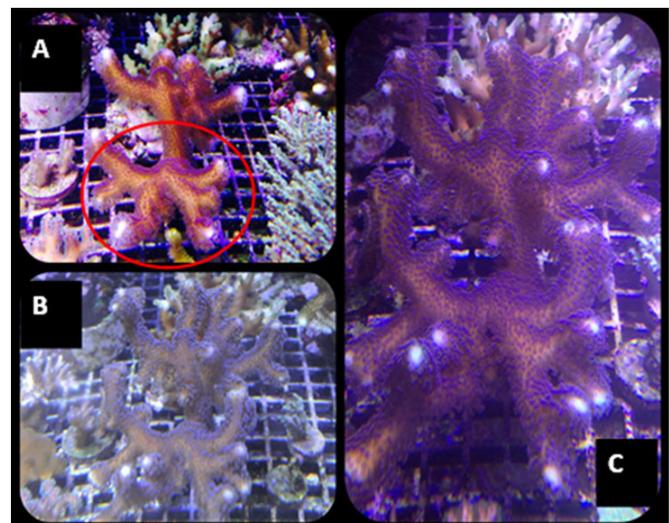
ESPECIE	L.I	L.F	I.L	R.I	R.F	I.R
<i>Acropora</i> Roja-Verde	12	22	10	6	25	19
<i>Stylophora</i>	8	26	18	7	25	18

L.I (longitud inicial), **L.F** (longitud final) y **I.L** (incremento en longitud) en centímetros (cm); **R.I** (ramificaciones iniciales), **R.F** (ramificaciones finales) y **I.R** (incremento en ramificaciones) en unidades.

Se puede observar un crecimiento mensual promedio de 1,66 cm en longitud para las variedades verde y roja de *Acropora* y de 3 cm para la especie *Stylophora*; el porcentaje de incremento de ramificaciones para *Acropora* es cercano al 417% en los seis meses de seguimiento y para *Stylophora*, este porcentaje es del 357%, en el mismo periodo de tiempo.

Figura 3.

Stylophora sp. El círculo indica el fragmento al cual se le hizo el seguimiento. (A) al inicio del experimento; (B), a los 120 días y (C) al sexto mes del experimento



■ Discusión

La optimización del cultivo de corales ex situ ha llamado la atención de la comunidad científica, de comerciantes y de acuárfilos que ven en estas técnicas, a pesar de su elevado costo de producción, una gran oportunidad en vista de que se puede maximizar la sobrevivencia, las tasas de crecimiento a través de la optimización de las condiciones de cultivo (Forsman et al., 2006) y, de reproducirlos fácilmente por fragmentación (asexual), disminuyendo de manera notable la presión sobre los sistemas coralinos (Olivotto, Planas, Simões, Holt, Avella y Calado, 2011); los cortes o "frags" utilizados en el presente estudio presentaron una adaptación similar a la reportada por Schlacher, Stark y Fischer (2007), quienes evaluaron varios tipos de sustratos para la propagación asexual del coral *Acropora solitaryensis*. De hecho, valida la técnica de los cortes para cultivos ex situ como una estrategia adecuada para la propagación de este tipo de corales e incrementa las posibilidades de reducir el impacto que sobre los sistemas coralinos naturales se hace hoy en día; según Green y Shirley (1999), el porcentaje que aportan los sistemas de propagación ex situ no supera el 0,03%, de ahí la importancia de seguir trabajando sobre este tipo de sistemas de acuicultura.

Según Riegl, Heine y Branch (1996), el éxito del cultivo coralino está influenciado por diferentes factores, tales como el movimiento del agua; la temperatura (Sella y Benayahu, 2010); nutrientes y la alimentación del tipo heterotrófica (Orejas, Ferrier-Pages, Reynaud, Gori, Beraud, Tsounis, Allemand y Gili, 2011); la luz, la cual es considerada uno de los más importantes factores que influyen la producción coralina ex situ (Rocha, Pimentel, Serôdio, Rosa y Calado, 2013a; Rocha, Serôdio, Leal, Cartaxana y Calado, 2013b; Schutter, van Velthoven, Janse, Osinga, Janssen, Wijffels y Verreth, 2008; Schutter, van der Ven, Janse, Verreth, Wijffels y Osinga, 2012); Reynaud, Ferrier-Pagès, Boisson,

Allemand y Fairbanks, (2004), demostraron que la tasa de crecimiento de *Acropora verweyi* fue significativamente mayor bajo intensidades de luz ($400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ – mayores a 230 PAR), lo que supone favorecer el proceso de calcificación. En el presente estudio este valor se mantuvo en 248 PAR, que probablemente ayudo a mantener la tasa de crecimiento constante para las especies *Acropora* y *Stylophora*. Además de los anteriores, otros factores de calidad de agua como la salinidad y en general todos los parámetros asociados a los fisicoquímicos que se supone están en el medio natural también se deben tener en cuenta para el bienestar en el cultivo ex situ (Boulon, Chiappone, Halley, Jaap, Keller, Kruczynski, Miller y Rogers, 2005). En el presente estudio, la salinidad permaneció constante y se aproxima al promedio de 35‰ (partes por mil), el cual se considera óptimo para el género *Acropora* (Boulon, et al., 2005); la temperatura estuvo acorde a lo reportado para este ítem bajo sistemas de recirculación (Baird y Marshall, 2002); incluso para evitar el blanqueamiento según Brown (1997), mantener la temperatura entre 25 a 26°C promedio fue excelente para el bienestar en *Acropora palmata*, en el presente estudio este parámetro mantuvo un promedio de 25,33°C. Por su parte, el pH se mantuvo por encima de 8,3 condición que posiblemente favoreció el proceso de calcificación de los corales, al existir una mayor disponibilidad de carbonatos (Marubini, Ferrier-Page's, Furla, y Allemand, 2008); además se tomaron como referencia algunos datos de calidad de agua citados por Holmes-Farley (2003; 2005; 2006 y 2007), los cuales fueron mantenidos con pocas variaciones, concordando así con los autores citados.

■ Conclusiones

La estandarización de los parámetros de calidad de agua del sistema de recirculación se vieron reflejados en unos corales con buena condición;



es así como para *Acropora millepora*, en el periodo de seguimiento (6 meses) se observó que quintuplicaron su tamaño.

Se observó claramente que el método de reproducción asexual por fragmentación es totalmente eficiente, como quedó demostrado en el seguimiento del crecimiento de los corales objeto de estudio.

Por último se abre una posibilidad de extrapolar este tipo de sistemas y estudios a corales duros y blandos para especies nativas en nuestro país; tema que hasta el momento no se ha abordado, pero que tiene una gran oportunidad, no solo de mercado, sino también como estrategia de protección y conservación de este importante ecosistema.

■ Agradecimientos

Queremos agradecer al Laboratorio Aqcuaviva AMO SAS por su apoyo total en el desarrollo de esta investigación; también a nuestro profesor Carlos Arturo David por todos sus aportes y guía en esta publicación y, al Doctor Jorge Nelson López Macías por inspirarnos a ser cada día mejores científicos.

■ Referencias

Baird, A.H. y Marshall, P.A. (2002) Mortality, growth and reproduction in scleractinian corals following bleaching on the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series* 237: 133-141

Boulon, R., Chiappone, M., Halley, R., Jaap, W., Keller, B., Kruczynski, B., Miller, M. y Rogers, C. (2005) Atlantic *Acropora* status review document. *Acropora Biological Review Team*. Report to National Marine Fisheries Service, Southeast Regional Office, Miami, 152 pp.

Brown, B.E. (1997) Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16: 129-138.

Delbeek, J. (2001). Coral farming: past, present and future trends. *Aquarium Sciences and Conservation* 3, 171–181.

Forsman, Z., Rinkevich, B. y Hunter, C. (2006) Investigating fragment size for culturing reefbuilding corals (*Porites lobata* and *P. compressa*) in ex situ nurseries. *Aquaculture* 261, 89–97.

Garzón-Ferreira, J., Moreno-Bonilla, M. y Valderrama-Vásquez J. (2004) Condición actual de las formaciones coralinas de *Acropora palmata* y *A. cervicornis* en el parque nacional natural tayrona (Colombia). *Bol. Invest. Mar. Cost.* 33 117-136

Green, E. y Shirley, F. (1999) The global trade in corals: World Conservation Monitoring Centre WCMC. *Biodiversity Series* 10: 1-74

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C.D., Sale, P.F., Edwards, A.J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C.M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R.H., Dubi, A. y Hatzitolos, M.E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*. 318, 1737-1742.

Holmes-Farley, R. (2007). Do-It-Yourself Magnesium Supplements for the Reef Aquarium. Recuperado de: <http://reefkeeping.com/issues/2006-07/rhf/index.php>. [febrero 20 de 2014]

Holmes-Farley, R. (2006). Refractometers and Salinity Measurement. Recuperado de: <http://reefkeeping.com/issues/2006-12/rhf/index.php>. [febrero 20 de 2014]

- Holmes-Farley, R. (2003) ORP and the Reef Aquarium. Recuperado de: <http://reefkeeping.com/issues/2003-12/rhf/feature/index.php>. [febrero 20 de 2014]
- Holmes-Farley, R. (2005). Water changes in reef aquaria. Recuperado de: <http://reefkeeping.com/issues/2005-10/rhf/index.php>. [febrero 20 de 2014]
- Leal, M.C., Puga, J., Serôdio, J., Gomes, N.C.M. y Calado, R. (2012) Trends in the discovery of new marine natural products from invertebrates over the last two decades- where and what are we bioprospecting?. PLoS One. 7
- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., Roque d'Orbcastel, E. y Verreth, J.A.J. (2010) New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. Aquacultural Engineering 43 (3), 83–93.
- Marubini, F., Ferrier-Page's, C., Furla, P. y Allemand, D., (2008) Coral calcification responds to seawater acidification: a working hypothesis towards a physiological mechanism. Coral Reefs 27: 491-499.
- Moberg, F. y Folke, C. (1999) Ecological goods and services of coral reef ecosystems. Ecological Economics. 29, 215–233.
- Orejas, C., Ferrier-Pages, C., Reynaud, S., Gori, A., Beraud, E., Tsounis, G., Allemand, D. y Gili, J.M. (2011). Long-term growth rates of four Mediterranean cold-water coral species maintained in aquaria. Mar. Ecol. Prog. Ser. 429, 57–65.
- Olivotto, I., Planas, M., Simões, N., Holt, G.J., Avella, M.A. y Calado, R. (2011) Advances in breeding and rearing marine ornamentals. J. World Aquac. Soc. 42, 135–166.
- Reynaud, S., Ferrier-Pagès, C., Boisson, F., Allemand, D. y Fairbanks, R.D. (2004) Effect of light and temperature on calcification and strontium uptake in the scleractinian coral *Acropora verweyi*. Marine Ecology Progress Series 279:105-112.
- Rhyne, A., Rotjan, R., Bruckner, A. y Tlusty, M. (2009) Crawling to collapse: ecologically unsound ornamental invertebrate fisheries. PLoS One. 4, e8413.
- Riegl, B., Heine, C. y Branch, G.M. (1996) Function of funnel shaped coral growth in a highsedimentation environment. Mar. Ecol. Prog. Ser. 145, 87–93
- Rocha, R.J.M., Pimentel, T., Serôdio, J., Rosa, R., y Calado, R. (2013a) Comparative performance of light emitting plasma (LEP) and light emitting diode (LED) in ex situ aquaculture of scleractinian corals. Aquaculture. 402–403, 38–45.
- Rocha, R.J.M., Serôdio, J., Leal, M.C., Cartaxana, P. y Calado, R. (2013b) Effect of light intensity on post-fragmentation photobiological performance of the soft coral *Sinularia flexibilis*. Aquaculture. 388–391, 24–29.
- Schlacher, T.A., Stark, J. y Fischer, A.B.P. (2007) Evaluation of artificial light regimes and substrate types for aquaria propagation of the staghorn coral *Acropora solitaryensis*. Aquaculture 269: 278-289.
- Schutter, M., van Velthoven, B., Janse, M., Osinga, R., Janssen, M., Wijffels, R. y Verreth, J. (2008). The effect of irradiance on long-term skeletal growth and net photosynthesis in *Galaxea fascicularis* under four light conditions. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 367, 75–80.
- Schutter, M., van der Ven, R.M., Janse, M., Verreth, J.A.J., Wijffels, R.H. y Osinga, R., (2012) Light intensity, photoperiod duration, daily light



flux and coral growth of *Galaxea fascicularis* in an aquarium setting: a matter of photons? *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 92, 703–712.

Sella, I. y Benayahu, Y. (2010) Rearing cuttings of the soft coral *Sarcophyton glaucum* (Octocorallia, Alcyonacea): towards mass production in a closed seawater system. *Aquac. Res.* 41, 1748–1758.

Shafir, S., Van Rijn, J. y Rinkevich, B. (2006) Coral nubbins as source material for coral biological research: a prospectus. *Aquaculture* 259, 444–448.

Wabnitz, C., Taylor, M. y Green, E. (2003) From Ocean to Aquarium. World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC)