

EVALUACIÓN DE CUATRO ESPECIES DE CORAL PARA RESTAURACIÓN DE ARRECIFES EN EL PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL

Camilo Andrés Abella Medina

Universidad del Valle, Apartado Aereo 25360, Cali, Colombia.

correo electrónico: camilo.abella@correounivalle.edu.co

Fernando A. Zapata

Universidad del Valle, Apartado Aereo 25360, Cali, Colombia.

correo electrónico: fernando.zapata@correounivalle.edu.co

Valeria Pizarro

Fundación Ecomares, Colombia.

correo electrónico: valeria.santamarta@gmail.com

RESUMEN

Como consecuencia del deterioro progresivo de los arrecifes coralinos, la restauración ecológica ha sido una de las disciplinas más desarrolladas para recuperar este ecosistema cobrando gran auge en las últimas décadas. Este trabajo buscó comparar las tasas de crecimiento y supervivencia entre especies, al igual que evaluar el tamaño mínimo de fragmentos de *Pocillopora capitata*, *Pocillopora damicornis*, *Pavona varians* y *Gardineroseris planulata* con el propósito de ser usados en procesos de restauración a futuro en Isla Gorgona, mediante guarderías de coral. Para esto se colectaron un total de 240 fragmentos, con 60 fragmentos por especie, catalogados en tres categorías de tamaño. En cuatro salidas de campo se tomaron datos de supervivencia, crecimiento longitudinal y crecimiento en peso por fragmento. Se encontró que fragmentos de *P. varians*, *G. planulata* y *P. damicornis* de las categorías más grandes, tienen la mejor supervivencia. Por otro lado, *P. capitata* no presentó el mismo patrón, fragmentos pequeños sobreviven mejor que los grandes. Las especies ramificadas sobrevivieron mejor que las masivas con datos de supervivencia superiores al 50%. Se encontró que el tamaño óptimo para fragmentos de *P. capitata* podría estar por debajo de 6-7 cm y debe considerarse como una especie de crecimiento más rápido que *P. damicornis*. Fragmentos de *P. damicornis* podrían tener un tamaño óptimo entre 6-7 cm presentando una mejor supervivencia y una mayor tasa de crecimiento en comparación con categorías menores. No se realizaron comparaciones entre las especies masivas por el bajo número de muestra.

Palabras clave: Pocillopora spp., crecimiento masivo, tasa de crecimiento lineal, tasa de crecimiento en peso, supervivencia.

ABSTRACT

As a consequence of the progressive degradation of coral reefs in the last decades ecological restoration has been one tool used to recover this ecosystem. This work aim to compare growth and survival rates among species, as well as to evaluate the minimum size of fragments of *Pocillopora capitata*, *Pocillopora damicornis*, *Pavona varians* and *Gardineroseris planulata* for the purpose of being used in future restoration processes in Gorgona Island using coral nurseries. A total of 240 fragments were collected, with 60 fragments per species, cataloged in three size categories. Four field trips

were performed in which survival, longitudinal growth and weight growth data were taken. Larger fragments have better survival at least in massive species and *P. damicornis*. On the other hand, *P. capitata* presented an entirely different pattern where small fragments survive better than large ones. Branched species survived better than massive ones with survival data greater than 50 %. It was found that the optimum size for *P. capitata* fragments could be below 6-7 cm and should be considered as a faster growing species than *P. damicornis*. *P. damicornis* fragments could have an optimum size between 6-7 cm presenting better survival and a higher growth rate compared to smaller categories. No comparisons were made between the massive species because of the low sample number.

Key words: Pocillopora spp., massive growth, lineal growth rate, weight growth rate, survival.

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos son un ecosistema marino bentónico que se puede definir como una estructura biogénica, persistente, y topográficamente positiva que se eleva sobre el fondo marino hasta la superficie del mar y que está caracterizada por su capacidad para resistir la tensión hidrodinámica (Guilcher & Guilcher 1988). Los arrecifes coralinos son ecosistemas de gran importancia no solo en términos de su distribución, productividad y biodiversidad sino también en su importancia económica (Birkeland 1997). Soportan la mayor cantidad de especies por área comparado con otros ecosistemas marinos, incluyendo cerca de 93.000 especies descritas pertenecientes a una gran diversidad de taxos y se estima que aún quedan muchas más por descubrir (Reaka-Kudla 1997). También son ampliamente reconocidos por su capacidad para prevenir la erosión costera, ser una fuente importante del turismo, ser un recurso de avances en medicina, proporcionar alimentos y los medios de vida para millones de personas alrededor del mundo gracias a la alta diversidad biológica que sostiene (Edwards & Gomez 2007; Bellwood *et al.* 2004). Paradójicamente los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más frágiles y vulnerables a la perturbación dependiendo de ciertas condiciones físicas y biológicas restringidas para su desarrollo normal (Hubbard 1997). En las últimas décadas estos ecosistemas se han deteriorado dramáticamente gracias a varios factores y se ha predicho que esta situación empeorará en los próximos 20 años si no se toman las medidas adecuadas (Pandolfi

et al. 2003; Wilson *et al.* 2006). Hace dos décadas se creía que las grandes amenazas hacia los arrecifes coralinos se originaban a partir de perturbaciones humanas tales como el aumento de la sedimentación resultante del cambio en el uso de la tierra, el pobre tratamiento de las aguas, la alta carga de nutrientes en las aguas de descarte, el aumento en el uso de fertilizantes agrícolas, la extracción de coral y la explotación pesquera. Sin embargo, ahora se sabe que el cambio climático global es la amenaza más grande y se pronostica que se va a agudizar en los próximos años (Edwards & Gomez 2007; Bellwood *et al.* 2004). El Pacífico Oriental Tropical (POT) presenta condiciones ambientales poco favorables para la formación y desarrollo de arrecifes coralinos tales como una plataforma continental estrecha, lluvias intensas y fluctuaciones de temperatura extremas causadas por surgencias esporádicas o el fenómeno de El Niño (Glynn 1990; Guzman & Cortés 1993; Glynn & Ault 2000; Zapata *et al.* 2001). Estos factores sumados a las presiones antropogénicas generan que este ecosistema se vea cada vez más reducido en esta zona de mundo. Por ejemplo, el evento de El Niño de 1982-1983 causó una alta mortalidad coralina en muchos arrecifes de la región y su consecuente erosión condujo a una dramática reducción de los arrecifes coralinos de Islas Galápagos (Glynn 1990). En la última década se ha vuelto evidente que los arrecifes coralinos no siempre se recuperan naturalmente de un estrés antropogénico. Como resultado, la restauración ecológica ha sido una herramienta para recuperar la integridad ecológica de estos ecosistemas y es por esto que es necesario su implementación inmediata (Goreau & Hilbertz 2005). La restauración ecológica se define como el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (Clewel *et al.* 2004). Es un proceso complejo, ya que involucra varios caminos que deben tener en cuenta la abundancia de las especies y la función del ecosistema, por lo cual se considera una disciplina que aún está en desarrollo. Muchos estudios sobre restauración se han hecho a una escala temporal cortas y a una escala espacial pequeña, sin embargo, estos estudios son indispensables como base para procesos de restauración más grandes y a gran escala (Van Diggelen

et al. 2001). Dentro de los procedimientos más exitosos y ampliamente usados en los procesos de restauración arrecifal en el mundo, se encuentra el uso de guarderías y trasplantes. En esencia, el uso de guarderías consiste en coleccionar pequeños fragmentos de coral que son puestos en estructuras físicas *in situ* o *ex situ* ubicadas y construidas de manera que procesos ambientales y biológicos como la temperatura, la exposición a olas, la coralivoría por peces, el biofilling, la exposición al sol y la circulación de nutrientes (entre otros factores), son controlados de manera que se maximice el crecimiento y la supervivencia de los fragmentos hasta un tamaño adecuado para ser sembrados en la zona que se pretende recuperar. Por otro lado, la técnica de trasplantes consiste en trasladar directamente fragmentos, ramas o toda la colonia de un arrecife saludable a uno deteriorado. La implementación de una u otra técnica dependerá del estado del arrecife, de la presencia de arrecifes saludables aledaños y de la cantidad de colonias donadoras de fragmentos, entre otras variables (Edwards & Gomez 2007; Edwards 2010). Por ejemplo, el uso de guarderías se recomienda si es necesario aumentar el tamaño o el número de fragmentos dado que: son pocas las colonias donadoras o no hay arrecifes aledaños que puedan suplir la demanda de fragmentos. Tales trasplantes pueden ser fragmentos de una colonia, ramas o toda la colonia (Rinkevich 2000; Soong & Chen 2003). Algunos de los procesos exitosos de restauración son expuestos por Young *et al.* (2012), quienes recopilaron los estudios realizados en el Atlántico occidental con el género *Acropora*; el 63 % de estos estudios utilizaron guarderías alcanzando una supervivencia de los fragmentos entre el 63 y el 95 %. La supervivencia de los fragmentos en guarderías ha sido relacionada con la longitud de los mismos. Estudios con el género *Acropora* sugieren que fragmentos de tamaños mayores a 5 cm presentan una tasa de crecimiento y supervivencia óptimas (Young *et al.* 2012), sugiriendo que existe un tamaño mínimo viable para las especies a considerar dentro de los procesos de restauración. Por otro lado, estudios relacionados con el tamaño de fragmentos trasplantados han reportado que la mortalidad depende del lugar de crecimiento y de la especie a estudiar (Edwards & Clark

1999). Seguimientos realizados a fragmentos de algunas especies pertenecientes al género *Acropora* demostraron una relación dependiente entre el tamaño y la supervivencia donde a mayor tamaño mayor supervivencia (Bowden-Kerby 1997; Smith & Hughes 1999). En contraste, estudios sobre otras especies, inclusive del mismo género, demostraron lo contrario (Bruno 1998; Bowden-Kerby 1997). Esto puede suponer que durante el periodo de guardería ocurra algo similar. A pesar de las condiciones ambientales en el POT, procesos de restauración en el Pacífico de Costa Rica usando reproducción asexual con fragmentos han sido exitosos. Ramas de *Pocillopora damicornis* con longitudes de 4 a 7 cm presentaron una mortalidad entre el 17 y 21 % después de tres años de seguimiento (Guzmán, 1991). En el pacifico colombiano, también existen algunos antecedentes de estudios relacionados con restauración, particularmente con Isla Gorgona, como los presentados por Ishida (datos sin publ) y Lizcano-Sandoval (datos sin publ). Ishida concluyo que durante las fases iniciales de proyectos de restauración con *P. damicornis* existe un trueque en el que fragmentos grandes tienen crecen más rápido y sobreviven mejor, por lo menos durante la fase de guardería, pero al ser trasplantados reducen su tamaño y supervivencia. Por el contrario, fragmentos pequeños crecen y sobreviven menos en guarderías, pero mejoran cuando son trasplantados. Lizcano, por su parte, reportó que fragmentos de *P. damicornis* entre 7 y 8 cm presentan una supervivencia del 100 % y la máxima tasa de crecimiento en la planicie arrecifal. También sugirió que fragmentos de *P. damicornis* son una alternativa eficiente para restaurar un arrecife en un periodo de tiempo corto. Dentro del POT, Colombia es uno de los países con arrecifes más extensos, desarrollados y diversos (Zapata 2001; Rodriguez-Ramirez *et al.* 2004), representando una extensión total de 15 km² (incluyendo arrecifes coralinos y fondos con comunidades de corales dispersos y tapetes coralinos), que se encuentran distribuidos alrededor de la isla Gorgona (Díaz *et al.* 2001), la Ensenada de Utría (Vargas-Ángel 1996), Punta Tebada (Prah & Erhardt, 1985) y Malpelo (Garzón-Ferreira & Pinzón, 1999). Además, Gorgona cuenta con sitios en la parte nororiental con bajo andamiaje esquelético, y

clasificados como comunidad coralina (Zapata 2001), donde cabe resaltar a El Remanso, siendo un sitio potencial para estudiar procesos de restauración. La dramática pérdida de cobertura coralina presentada en el pasado, la continua amenaza de perturbación y las pequeñas extensiones coralinas en el Pacífico Colombiano, hacen necesario comenzar a identificar los factores determinantes del éxito de la restauración arrecifal con miras a aplicar este proceso en el futuro. Algunos estudios han empezado a responder preguntas básicas para llevar a cabo procesos de restauración en el POT, tales como: ¿cuál es el tamaño mínimo viable para el crecimiento en guarderías y posterior trasplante? (Lizcano-Sandoval; Ishida datos sin publ). Sin embargo, estos trabajos se han enfocado en la especie dominante en los arrecifes del POT (*P. damicornis*). Dada la falta de información en relación al crecimiento y la supervivencia de otras especies de coral para procesos de restauración en el POT, este estudio tiene como objetivo estudiar cuatro de las especies más abundantes en Isla Gorgona (*Pocillopora capitata*, *P. damicornis*, *Pavona varians* y *Gardineroseris planulata*) y obtener información sobre el tamaño mínimo de fragmento que sería más conveniente para futuros proyectos de restauración.

MÉTODOS

Área de estudio

Gorgona es una isla continental ubicada a 35 km del punto más cercano sobre la costa del departamento del Cauca, en el Pacífico Colombiano (2°58'N y 78°11'W; Cantera et al. 2003). La Isla tiene una extensión de 9.3 km de largo por 2.6 km de ancho, y en 1983 fue declarada Parque Nacional Natural, junto con el islote Gorgonilla y 61.000 ha de área marina adyacentes (Díaz *et al.* 2001). El área ocupada por arrecifes coralinos alrededor de Gorgona se estima en 0.3 km² y se consideran como las formaciones arrecifales más grandes del Pacífico Colombiano, además están entre las más desarrolladas y diversas del POT. Los arrecifes coralinos son de tipo costero, con distribución

discontinua, desarrollo modesto y sólo cubren una mínima porción del área marina de la Isla (Díaz *et al.* 2000). Los arrecifes más desarrollados de la isla presentan una zonación difusa y en ellos la zona del transarrecife y de la planicie están formadas predominantemente por especies del género *Pocillopora*. Hacia las zonas más profundas se encuentran corales masivos del género *Pavona* y *Gardineroseris*, cuyo límite de distribución es hacia los 10 m de profundidad (Díaz *et al.* 2000, 2001). El estudio se realizó en el área de El Muelle, en donde se encuentra un arrecife de tipo franjeante dominado por especies ramificadas del género *Pocillopora*, principalmente en la cresta arrecifal (Acosta *et al.* 2007). Se encuentra en el costado de sotavento de la Isla, al norte del arrecife de la Azufrada pero, a diferencia de éste, El Muelle carece de quebradas de agua dulce que desemboquen directamente en éste. Presenta poca o nula corriente, la visibilidad suele ser entre 5 y 8 m, y es un lugar de fácil acceso por su cercanía a la costa. La temperatura promedio del agua en Gorgona varía entre 25 y 27 °C, pero puede llegar a 19 °C durante eventos de surgencia o a 32 °C durante eventos de El Niño (Mora & Ospina, 2001).

Diseño experimental

1. Montaje de guarderías de coral: Se usaron cuatro guarderías. Cada guardería se hizo enterrando dentro del sustrato arenoso cuatro varillas de acero de 2 m de longitud hasta que cada una quedara de 1 m de altura. Las cuatro varillas formaban un rectángulo de 3 x 2 m. En cada lado corto del rectángulo se tensó una cuerda que sirvió para tensar otras cuatro cuerdas perpendiculares a las dos primeras y separadas 50 cm entre sí, formando una estructura similar a un tendedero de ropa. Las cuatro guarderías fueron ubicadas en el extremo sur de El Muelle a 1.5 m por debajo del nivel de la marea mínima en una zona protegida del oleaje. Las guarderías se revisaron y limpiaron cada mes y medio, removiendo organismos sésiles como algas, balanos, poliquetos entre otros, que pueden recubrir y asfixiar los fragmentos. Se escogió este tipo de guarderías ya que de acuerdo a Edwards (2010), las guarderías con fragmentos colgados a media agua presentan una mejor circulación de

nutrientes y facilitan el intercambio de oxígeno, favoreciendo el crecimiento de los fragmentos.

2. Recolección de fragmentos: Los fragmentos fueron colectados de colonias de *Pocillopora capitata*, *P. damicornis*, *Pavona varians* y *Gardineroseris planulata* que tuvieran un diámetro mayor a 30 cm. En cada una de las especies, las colonias tenían un tamaño, coloración y forma de crecimiento similar, para reducir el efecto diferencial en el crecimiento de los fragmentos que podría surgir de las diferencias entre colonias donantes. Además, para maximizar la supervivencia de los fragmentos, se verificó que todas las colonias donantes estuvieran saludables, que no tuvieran partes de tejido con blanqueamiento parcial o total, necrosis, o manchas. Por otro lado, para garantizar la variación adaptativa de los fragmentos durante el experimento (Baums 2008), se seleccionaron como donantes colonias que estuvieran separadas al menos 30 m unas de otras, para evitar que fueran parte de un mismo clon genético (Shearer *et al.* 2009). Se colectaron 60 fragmentos por especie usando un cortafrío (para las colonias ramificadas) o un cincel (para las colonias masivas). Para disminuir el impacto de la colecta y afectar al mínimo la supervivencia de las colonias donantes se fragmentó sólo hasta el 10 % del tamaño total de cada colonia (Epstein *et al.* 2001). Los tamaños de los fragmentos de especies ramificadas se designaron con base en la longitud y se dividieron en tres categorías de: A: 2-3 cm, B: 4-5 cm, C: 6-7 cm. En contraste, las especies masivas se categorizaron según el área del fragmento de la siguiente manera: A: 1 cm², B: 4 cm² y C: 9 cm². Cada categoría tuvo un n = 20, para un total de 240 fragmentos, los cuales se dispusieron en las guarderías. En cada guardería se dispuso una especie con los tratamientos de tamaño distribuidos al azar. Cada fragmento se colgó en la guardería usando cable telefónico. El amarre se hizo de manera que el cable quedara pegado al tejido vivo, para facilitar su sobre-crecimiento por el coral y no por las algas. Para minimizar el estrés durante la toma de muestras y datos, el traslado de los fragmentos se realizó desde los arrecifes donantes hasta El Muelle, usando acuarios plásticos con agua de mar, y protegidos de la luz del sol, en viajes menores a 30 min de duración.

3. Toma de datos: Se realizaron cuatro salidas de campo entre Agosto y Noviembre de 2016. En cada salida se registró el peso y longitud de los fragmentos. En el menor tiempo posible, los fragmentos se llevaron al laboratorio donde se pesaron, siguiendo la metodología del peso flotante (Jokiel *et al.* 1978). Para esto, se usó una balanza electrónica de precisión (± 0.1 g) y un pie de rey. Con estos datos se estimó la tasa de crecimiento como cambio en gramos y cambio en longitud por unidad de tiempo, respectivamente. La ventaja de medir el peso flotante es que incorpora la talla, la densidad esquelética y la biomasa. Además, es equivalente a la tasa de calcificación de los corales (Davies 1989). Durante la toma del peso flotante, los fragmentos siempre estuvieron sumergidos en agua de mar fresca y sin exposición directa a la luz solar. Sólo se tomaron datos de longitud para las especies ramificadas. Finalmente, para evaluar la supervivencia de los fragmentos, se registró en cada salida de campo el número de fragmentos muertos, que se definió como fragmentos sin cobertura de tejido o totalmente sobrecrecidos.

4. Análisis de datos: Se estimó la tasa de crecimiento lineal para las especies con crecimiento ramificado y de crecimiento en peso para todas las especies. En ambos casos se usó el dato inicial y final asumiendo un modelo lineal de crecimiento. Al final, se calcularon los promedios de las tasas de crecimiento y se extrapolaron a un año para poder compararlos con información disponible en la literatura. Además, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) con dos factores (especie y categoría de tamaño) para comparar las diferencias entre las especies y el efecto del tamaño de los fragmentos sobre la tasa de crecimiento de cada una de las especies y se complementó la información con curvas de supervivencia. Para ello se usaron los programas STATISTICA (versión 8.0), Excel 2013 y Past 3.14. Después de 154 días de corrido el experimento se perdió un total de 108 fragmentos, aparentemente por el efecto del movimiento de tortugas en la zona. El número final de fragmentos por especie y tratamiento se presenta en la Tabla 1, incluyendo los fragmentos sobrecrecidos por algas. Dado el bajo número de fragmentos por categoría de tamaño, solo se realizó un ANOVA

factorial con los datos de las especies ramificadas, usando los factores especie y categoría de tamaño. De las especies masivas *G. planulata* fue la única especie con datos en dos categorías de manera que se realizó únicamente un ANOVA de una vía para examinar diferencias en las tasas de crecimiento en peso entre las dos clases de tamaño. Los datos de tasas de crecimiento cumplieron con el supuesto de homogeneidad de varianzas (test de Levene; $p > 0.05$) pero no con el de normalidad (Prueba de Shapiro-Wilk; $p > 0.05$). Por esta razón, se realizó una transformación logarítmica de los datos mediante la fórmula $x' = (\ln(x+1))$, donde x es el dato original. Los datos transformados cumplieron con los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad (Pruebas de Levene y Shapiro-Wilk; $p > 0.05$ en ambos casos).

RESULTADOS

Supervivencia: Después de 154 días, las especies ramificadas tuvieron una supervivencia entre el 58 y el 90 %. *P. damicornis* presentó la más alta supervivencia entre todas las especies (82 - 90 %). En esta especie, la clase de tamaño con longitudes iniciales entre 6-7cm fue la de mayor éxito (90 %), aunque la supervivencia de la clase de 4-5 cm de longitud no fue mucho menor (Figura 1). *P. capitata* fue la siguiente especie con más alta supervivencia (58 - 88 %), pero en esta especie la categoría de tamaño de 2-3 cm de longitud tuvo la mayor supervivencia (88 %), mientras que la clase de tamaño más grande (6-7 cm de longitud) tuvo la menor supervivencia (Figura 2). Solo *P. damicornis* mantuvo una supervivencia constante después de los 62 días entre todas sus categorías, en cambio en *P. capitata* se mantuvo constante solamente con las categorías 2-3 y 6-7 cm. Entre las especies masivas, los fragmentos en la clase de tamaño de 1 cm² presentaron la menor supervivencia (0 % desde los 105 días), mientras que las clases de tamaño más grandes (9 cm²) tuvieron una supervivencia más alta (40 % en *P. varians* y 100 % en *G. planulata* al final del experimento; Figuras

3 y 4). En las especies masivas la supervivencia fue variable a lo largo del tiempo. La supervivencia de *P. varians* tendió a disminuir a lo largo del tiempo en todas las clases de tamaño (Fig. 4). En *G. planulata* se observó un patrón similar, excepto que la supervivencia de la categoría de 9 cm² se mantuvo constante en el tiempo. La causa principal de la disminución en la supervivencia fue el sobre-crecimiento por algas. Observaciones cualitativas mostraron que al menos un fragmento de cada categoría de tamaño presentó sobre-crecimiento parcial y progresivo por algas en las especies masivas. Fragmentos de 1 cm² fueron sobrecrecidos con mayor facilidad que las categorías de tamaño más grandes. En contraste, en las especies ramificadas no se observó el mismo patrón, ya que el sobre-crecimiento que presentaron los fragmentos entre toma de datos fue súbito.

Crecimiento: Las tasas de crecimiento en peso de las especies ramificadas fueron significativamente diferentes entre categorías de tamaño; particularmente, entre mayor fue el tamaño inicial del fragmento, mayor fue la tasa de crecimiento en peso ($F_{2,52} = 48,5$, $p \ll 0,0001$; Figura 5). Así, fragmentos entre 6-7 cm presentaron una tasa de aumento de peso de $19,8 \pm 5,8$ g/año, seguido por los fragmentos entre 4-5 con $11,4 \pm 6,1$ g/año y por último los fragmentos entre 2-3 cm con $5,6 \pm 2,7$ g/año. Por el contrario, las tasas de crecimiento lineal no presentaron el mismo resultado, y no difirieron significativamente entre las clases de tamaño inicial ($F_{2,53,53} = 2,1$, $p = 0,14$; Figura 6), con valores de $3,3 \pm 1,6$ cm/año, $2,5 \pm 1,3$ cm/año y $3,3 \pm 1,3$ cm/año de mayor a menor tamaño, respectivamente. Tanto para el crecimiento en longitud como en peso la interacción entre el tamaño inicial y la especie no fue significativa ($F_{2,53} = 0,72$, $p = 0,49$ y $F_{2,52} = 3,1$, $p = 0,06$, respectivamente). Sin embargo, al comparar ambas especies ramificadas, *P. capitata* obtuvo tasas de crecimiento diferentes a las de *P. damicornis*. La tasa de crecimiento longitudinal y en peso de *P. capitata* fue significativamente mayor a *P. damicornis* ($F_{1,53} = 7,9$, $p = 0,007$ y $F_{1,52} = 5,4$, $p = 0,02$, respectivamente; Figura 5 y 6). En promedio, fragmentos de *P. capitata* presentaron una tasa de crecimiento en peso de $12,2 \pm 7,1$ g/año y de crecimiento en longitud de $3,5 \pm 1,4$ cm/año, a

diferencia de los fragmentos de *P. damicornis* que obtuvieron una tasa promedio de aumento en peso de $10,7 \pm 8,2$ g/año y de crecimiento lineal de $2,5 \pm 1,3$ cm/año. Las tasas de crecimiento por especie y por categoría de tamaño inicial se pueden observar en la Tabla 2. Los fragmentos entre 6-7 cm presentaron la mejor tasa de crecimiento en peso para ambas especies. *P. capitata* obtuvo un valor de $19,1 \pm 6,3$ g/año mientras que *P. damicornis* uno de $20,3 \pm 5,3$ g/año. El ANOVA de una vía entre las categorías entre 4 cm² y 9 cm² de *G. planulata* no presentó diferencias significativas entre las tasas de crecimiento en peso ($F_{1,16} = 1,6$, $p = 0,22$; Figura 7), obteniendo valores promedio de $2,8 \pm 2,2$ g/año y $3,9 \pm 1,0$ g/año, respectivamente. Así, considerando ambas categorías se obtuvo una tasa de crecimiento en peso y para la especie de $3,3 \pm 1,8$ g/año.

DISCUSIÓN

Supervivencia: Existe un patrón compartido entre *P. damicornis*, *P. varians* y *G. planulata* en el cual entre mayor el tamaño del fragmento, mayor su supervivencia. Estos resultados son consistentes con un estudio previo donde la supervivencia es menor en colonias pequeñas debido a que no han alcanzado refugio en el tamaño (Sebens 1982). En otras palabras, no han alcanzado un tamaño a partir del cual las colonias pueden sobrevivir a heridas causadas por depredación, pastoreo accidental y/o el recubrimiento por parte de otros organismos sésiles (Wood 1993, Smith & Hughes 1999, Forrester *et al.* 2011, Toh 2013). Dos estudios anteriores realizados en Gorgona realizados por Ishida y Lizcano-sandoval (datos sin publ) muestran que la supervivencia de *P. damicornis* está relacionada con el tamaño de los fragmentos, de manera que las categorías más pequeñas presentaron la menor supervivencia. En contraste, *P. capitata* presentó un patrón diferente: entre más pequeño el fragmento, mayor su supervivencia. Este resulta ser un patrón inesperado y opuesto a lo reportado en otros estudios relacionados con la supervivencia de fragmentos de coral, en los cuales entre mayor es el tamaño del fragmento, mayor es su supervivencia (Smith & Hughes 1999, Soong

& Chen 2003, Rinkevich 2005). Este patrón resulta totalmente inusual y podría ser un resultado accidental. Sin embargo, no se puede descartar que fragmentos con categorías superiores a 2-3 cm pertenecientes a *P. capitata* sean más sensibles que otras especies a cambios abruptos en las condiciones ambientales o al estrés inducido durante el transporte y la toma de datos, afectando su supervivencia. Marshall & Baird (2000), reportan que la susceptibilidad al blanqueamiento en los corales depende del taxón. Comparaciones entre Acroporidos y Pocilloporidos demostraron que los Acroporidos son más vulnerables al blanqueamiento que los Pocilloporidos. Si bien los resultados de Marshall & Baird (2000) muestran diferencias en la susceptibilidad entre familias, las diferencias podrían extenderse a especies. Observaciones *in situ*, muestran que la dominancia de especies de coral en Gorgona es variable según el sitio de estudio. El arrecife de La Azufrada está dominado por *P. damicornis* (Diaz *et al.* 2000), mientras que la comunidad coralina de El Remanso está dominada por *P. capitata* (observaciones personales). Tales diferencias podrían estar asociadas a factores biológicos que promueven el crecimiento de una de las especies y que así mismo, la hace susceptible ante cambios en las condiciones ambientales. Comparando entre especies, las especies ramificadas sobrevivieron mejor que las masivas, esto puede ser debido a que la porción de esqueleto expuesto después del corte es mucho menor que el de las especies masivas facilitando el sobrecrecimiento por tejido vivo y evitando la colonización por algas (McCook *et al.* 2001). Además, como se comprobó con los promedios de las tasas de crecimiento en peso y como se ha reportado en otros estudios anteriores, el crecimiento de las especies ramificadas suele ser mayor en comparación con el de las masivas (Buddemeier *et al.* 1974, Loya *et al.* 2001), facilitando que el tejido vivo recubra más rápidamente las áreas expuestas. Sin embargo, también es necesario considerar que no se calculó el área superficial de tejido vivo entre especies masivas y ramificadas, de manera que los tamaños de fragmentos no son verdaderamente comparables entre las especies ramificadas y las especies masivas, pues un fragmento pequeño de una especie ramificada puede tener un área de

tejido vivo igual o mayor que un fragmento grande de una especie masiva. Evidentemente todas las categorías de tamaño de especies masivas fueron afectadas por el sobre-crecimiento por algas, sin embargo, solo en la de 1 cm² el sobre-crecimiento fue letal, posiblemente debido a que el área expuesta de corte fue mayor al área de tejido vivo. La causa principal de muerte pudo ser la falta de luz y la asfixia como consecuencia del sobre-crecimiento por algas sobre el cable que aseguraba los fragmentos a las cuerdas de la guardería y también por las que crecían sobre el fragmento (Tanner 1995; Lirman 2001). Esto también pudo estar asociado con la poca capacidad de algunos fragmentos para sobrecrecer el cable de amarre ya que observaciones cualitativas demostraron que los fragmentos que sobrecrecieron el cable al cual se encontraban asegurados, presentaron mejor supervivencia que los que no lo hicieron.

Crecimiento. La relación positiva entre la tasa de crecimiento en peso y el tamaño del fragmento pudo estar relacionada con que entre mayor es un fragmento, mayor es la cantidad de pólipos para alimentación y también la de tejido vivo para la realización de fotosíntesis por las zooxantelas, de manera que la cantidad de recursos disponibles para compartir es mayor (Forsman *et al.* 2006). Así mismo, entre más pólipos, mayor es la tasa de calcificación y, por consiguiente, el aumento del peso del fragmento, describiendo un crecimiento exponencial con tasas que aumentan a medida que pasa el tiempo (Edmunds & Burgess 2016). Por otro lado, se ha reportado que las tasas de crecimiento lineal no siguen el mismo patrón necesariamente, es decir tasas que se mantienen constantes a través del tiempo, ajustándose gráficamente a un modelo lineal. Otro estudio con *P. damicornis* muestra que el crecimiento lineal puede ser independiente del tamaño del fragmento o de la colonia (Kinzie & Sarmiento 1986). Sin embargo, Ishida (datos sin publ.), trabajando con la misma especie en Isla Gorgona, encontró diferencias significativas entre las tasas de crecimiento lineales, sugiriendo que existe una relación positiva entre el tamaño del fragmento y la tasa de crecimiento lineal. No obstante, como otros trabajos, también advirtió que el crecimiento lineal

puede ser influenciado por las condiciones físicas y biológicas del lugar. Las tasas de crecimiento presentaron fueron diferentes entre las especies. Esto también ha sido reportado en otros estudios con especies del Caribe y pertenecientes a diversos géneros con diferentes formas de crecimiento, incluyendo especies ramificadas del mismo género (Gladfelter 1978). Ishida (datos sin publ) también reportó tasas de crecimiento lineales y en peso similares a las obtenidas por este estudio con *P. damicornis*. La comparación entre las especies ramificadas sugiere que *P. capitata* sería una especie de mejor crecimiento que *P. damicornis* y por lo tanto ideal para ser considerada en futuros estudios de restauración arrecifal. Este resulta un dato interesante dado que es de los primeros estudios relacionados con restauración donde se reportan las tasas de crecimiento de fragmentos de ambas especies y, además, se realiza una comparación entre estas especies. También resulta interesante que dada la dominancia de *P. damicornis* en los arrecifes de Isla Gorgona se esperaría que fuera la especie con mayor crecimiento y por lo tanto ideal para procesos de restauración; sin embargo, este estudio sugiere que *P. capitata* crece más rápido. *G. planulata* no presentó diferencias significativas en la tasa de crecimiento en peso entre las categorías de tamaño examinadas (4 y 9 cm²), sugiriendo que en esta especie la tasa de crecimiento en peso podría ser independiente del tamaño, resultado que no está dentro de lo esperado ya que generalmente la tasa de crecimiento en peso es dependiente del tamaño (Edmunds & Burgess 2016). Esto podría ser explicado gracias a que los fragmentos no han encontrado refugio en el tamaño de manera que aún se encuentren en un periodo de adaptación al medio en el cual son vulnerables al sobre-crecimiento por algas lo cual afecta el aumento en peso (Sebens 1982). Por otro lado, se evidenció que según las tasas de crecimiento de las especies ramificadas hay una diferencia morfológica entre *P. damicornis* y *P. capitata*. La primera tiende a tomar una morfología arborescente debido a que el crecimiento de las ramas apicales es más lento en comparación con el resto de la colonia (Ishida, Carvajal: datos sin publ). En contraste, la segunda parece crecer consistentemente con la forma del fragmento inicial. Fragmentos más

grandes tenderían a divergir morfológicamente más rápido que fragmentos más pequeños. Es decir que a pesar de que las tasas de crecimiento lineal son las mismas, las tasas de crecimiento en peso no lo son y, como se ha mencionado anteriormente, varían con el tamaño del fragmento de manera que fragmentos pequeños crecen de una manera donde su forma inicial permanece por más tiempo en comparación con fragmentos grandes donde se vuelven más robustos en menos tiempo. La morfología arborescente observada en los fragmentos de la categoría de mayor tamaño podría aumentar la supervivencia de un trasplante. Ishida (datos sin publ) encontró que trasplantes sin la fase de guardería de *P. damicornis* presentaban un crecimiento negativo debido aparentemente a los efectos de la coralivoría. Hipótesis que se confirmó mediante el experimento realizado por Carvajal (datos sin publ), donde fragmentos expuestos a la coralivoría no crecieron en comparación con algunos en jaulas y protegidos del efecto de los peces. Aparentemente, la forma erecta y sin ramas de un fragmento podría jugar en contra de su crecimiento, facilitando que este sea consumido por peces. De manera que es necesario realizar un nuevo estudio usando fragmentos crecidos en guarderías para evidenciar si existe alguna relación entre la morfología del fragmento y su consumo por peces.

CONCLUSIONES

-El tamaño de fragmento óptimo para cultivar fragmentos de *P. capitata* en guarderías *in situ* en Isla Gorgona se encuentra por debajo de 6-7 cm y debe considerarse como una especie de crecimiento más rápido que *P. damicornis*. *P. capitata* es entonces un excelente candidato para futuros proyectos de restauración en la zona.

-Fragmentos de *P. damicornis* con tamaños de 6-7 cm de longitud presentan una mejor supervivencia y una mayor tasa de crecimiento que los de 4-5, y éstos a su vez mayores que los de 2-3 cm, adquiriendo una morfología robusta que podría ser ideal para trasplantes de coral en la zona.

-Las especies masivas presentan una dependencia entre el tamaño del fragmento y la supervivencia, de manera que entre mayor sea el tamaño, mayor es su supervivencia, por lo menos bajo las condiciones de este experimento.

- *G. planulata* parece tener una tasa de crecimiento en peso independiente al tamaño del fragmento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Parques Nacionales Naturales de Colombia por el permiso y por el apoyo logístico para la realización de este estudio en Isla Gorgona. De igual manera a la Universidad del Valle y a la Pontificia Universidad Javeriana de Cali por el préstamo de los equipos de medición y trabajo. También un agradecimiento a los miembros del Grupo de Investigación en Ecología de Arrecifes Coralinos de la Universidad del Valle, por todo su apoyo, principalmente a Jhon Carvajal y al personal del PNN Gorgona, principalmente a Héctor González, por su ayuda en campo.

LITERATURA CITADA

- Acosta, A., Galindo-Uribe, D. and Isaacs, P. (2007), "Estudio de línea base de las formaciones coralinas de Yundigua y El Muelle, Isla Gorgona, Pacífico Colombiano", *Universitas Scientiarum*, Vol. 12, pp. 65-81.
- Baums, I.B. (2008), "A restoration genetics guide for coral reef conservation", *Molecular Ecology*, Vol. 17, pp. 2796-2811.
- Bellwood, D.R., Hughes, T.P., Folke, C. and Nymstrom, M. (2004), "Confronting the Coral Reef Crisis", *Nature*, Vol. 429, pp. 827-833.
- Birkeland, C. (1997), *Life and death of coral reefs*, Springer Science & Business Media, New York.
- Bowden-Kerby, A. (1997). "Coral transplantation in sheltered habitats using unattached fragments and cultured colonies", *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, Vol. 2, pp. 2063-2068.
- Bruno, J. F. (1998), "Fragmentation in *Madracis mirabilis* (Duchassaing and Michelotti): how common is size-specific fragment survivorship in corals?", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol 230, pp. 169–181.
- Buddemeier, R.W., Margos, J.E. and Knutson, D.W. (1974), "Radiographic studies of reef coral exoskeletons: Rates and patterns of coral growth", *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 14, pp. 179-199.

- Cantera, K.J., Orozco, C., Londoño-Cruz, E. and Toro-Farmer, G. (2003), "Abundance and distribution patterns of infaunal associates and macroborers of the branched coral (*Pocillopora damicornis*) in Gorgona Island (Eastern Tropical Pacific)", *Bulletin of Marine Science*, Vol. 72, pp. 207-219.
- Carvajal, J. (2017), "Efecto de la depredación por peces sobre trasplantes de *Pocillopora damicornis* en el Pacífico Oriental", Tesis de pregrado, Programa de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia
- Clewell, A., Aronson, J. and Winterhalder, K. (2004), "The SER international primer on ecological restoration", *Ecol Restor*, Vol. 2, pp. 206-207.
- Davies, P.S. (1989), "Short-term growth measurements of corals using an accurate buoyant weighing technique", *Marine Biology*, Vol. 101, pp.389-395.
- Díaz, J.M., Barrios L.M., Cendales, M.H., Garzón-Ferreira, J., Geister, J., López-Victoria, M., Ospina, G.H., Parra-Velandia, F., Pinzon, J., Vargas-Ángel, B., Zapata, F.A. and S. Zea. (2000), "Áreas coralinas de Colombia", *INVEMAR*, Serie de Publicaciones Especiales 5, Santa Marta, pp. 176
- Díaz, J.M., J.H. Pinzon, A.M., Perdomo, L.M., Barrios and M. López-Victoria. (2001), "Generalidades" in Barrios, L.M. and López-Victoria, M. (Ed.), "Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única". *INVEMAR*, Santa Marta, pp. 17-26.
- Edmunds, P. J. and Burgess, S. C. (2016). "Size-dependent physiological responses of the branching coral *Pocillopora verrucosa* to elevated temperature and PCO₂", *Journal of Experimental Biology*, Vol. 219, pp 3896-3906.
- Edwards, A. J., and Clark, S. (1999), "Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling?", *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 37, pp. 474-487.
- Edwards, A. J. and Gomez, E. D., (2007), *Reef restoration concepts and guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty*, Coral reef Targeted Research & Capacity Building for Management Programme, St. Lucia, Australia.
- Edwards, A.J. (2010), *Reef Rehabilitation Manual*. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Program, St. Lucia, Australia, pp. 166
- Epstein, N., Bak, R.P.M. and Rinkevich, B. (2001), "Strategies for gardening denuded reef areas: the applicability of using different types of coral material for reef restoration", *Restoration ecology*, Vol 9, pp. 432-442.
- Forrester, G.E., O'Connell-Rodwell, C., Baily, P., Forrester, L.M., Giovannini, S., Harmon, L., Karis, R., Krumhoiz, J., Rodwell, T. and Jarecki, L. (2011), "Evaluating methods for transplanting endangered Elkhorn corals in the Virgin Islands", *Restoration Ecology*, Vol. 19, pp. 299-306
- Forsman, Z.H., Rinkevich, B. and Hunter, C.L. (2006), "Investigating fragment size for culturing reef-building corals (*Porites lobata* and *P. compressa*) in *ex-situ* nurseries", *Aquaculture*, Vol.261, pp. 89-97.
- Garzón-Ferreira, J. and Pinzón, J. H. (1999), "Evaluación rápida de estructura y salud de las formaciones coralinas de la Isla de Malpelo (Pacífico colombiano)", *Bol. Invest. Mar. Cost*, Vol 28, pp. 137-154.
- Gladfelter, E. H., Monahan, R. K., & Gladfelter, W. B. (1978). "Growth rates of five reef-building corals in the northeastern Caribbean", *Bulletin of Marine Science*, Vol. 28, pp. 728-734.

- Glynn, P. W. (1990), "Coral mortality and disturbances to coral reefs in the tropical eastern Pacific", *Elsevier oceanography series*, Vol. 52, pp. 55-126.
- Goreau, T. J. and Hilbertz, W. (2005) "Marine ecosystem restoration: costs and benefits for coral reefs", *World Resource Review*, Vol 17, pp. 375-409.
- Guilcher, A. and Guilcher, A. (1988), "Coral reef geomorphology", *Chichester: Wiley*, pp. 228
- Guzmán, H. M. (1991), "Restoration of coral reefs in Pacific Costa Rica", *Conservation Biology*, pp. Vol. 5, pp.189-195
- Guzmán, H.M. and Cortés, J. (1993), "Arrecifes coralinos del Pacífico Oriental Tropical: Revisión y perspectivas", *Rev. Biol. Trop.*, Vol. 41, pp. 535-557.
- Glynn, P.W. (1990), *Coral mortality and disturbance to coral reefs in the tropical eastern Pacific*, In: P.W Glynn (Editor), *Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation*, pp. 55-126. *Elsevier Oceanographic Series*, Amsterdam.
- Glynn, P. W., and Ault, J. S. (2000), "A biogeographic analysis and review of the far eastern Pacific coral reef region", *Coral reefs*, Vol. 19, pp. 1-23.
- Hubbard, D. K. (1997), "Reefs as dynamic systems. Life and death of coral reefs", In: Birkeland, C. (ed.), *Life and Death of Coral Reefs*, New York: Chapman and Hall, pp. 43-67
- Ishida, J. (2015), "Tamaño mínimo de fragmentos del coral *Pocillopora damicornis* para restauración arrecifal en el Pacífico Oriental Tropical", Tesis de pregrado, Programa de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia
- Jokiel, P.L., Maragos, J.E. and Franzisket, L. (1978), "Coral growth: buoyant weight technique", In Stoddart, D.R. and Johannes, R.E. (Ed.), *Coral Reefs: Research Methods*. UNESCO monographs on oceanographic methodology, Paris, pp. 529-542.
- Kinzie, R. A. and Sarmiento, T. (1986). "Linear extension rate is independent of colony size in the coral *Pocillopora damicornis*". *Coral Reefs*, Vol. 4, pp. 177-181.
- Lirman, D. (2000), "Fragmentation in the branching coral *Acropora palmata* (Lamarck): growth, survivorship, and reproduction of colonies and fragments". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 251, pp. 41-57.
- Lirman, D. (2001), "Competition between macroalgae and corals: effects of herbivore exclusion and increased algal biomass on coral survivorship and growth", *Coral reefs*, Vol 19, pp. 392-399.
- Loya, Y., Sakai, K., Yamazato, Y., Nakano, Y., Sambali, H. and Van Woesik, R. (2001), "Coral bleaching: the winners and the losers", *Ecology Letters*, Vol. 4, pp. 122-131.
- McCook, L., Jompa, J. and Diaz-Pulido, G. (2001), "Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms", *Coral reefs*, Vol. 19, pp. 400-417.
- Mora, C. and Ospina, A.F., (2001), "Tolerance to high temperatures and potential impact of sea temperatures on the reef fishes of Gorgona island (tropical eastern Pacific)", *Marine Biology*, Vol 139, pp. 765-769.
- Pandolfi, J. M., Bradbury, R. H., Sala, E., Hughes, T. P., Bjorndal, K. A., Cooke, R. G., McArdle, D., McClenachan, L., Newman, M.J., Paredes, G., Warner, R. R. and Jackson, J.N. (2003), "Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems", *Science*, Vol. 301, pp. 955-958.

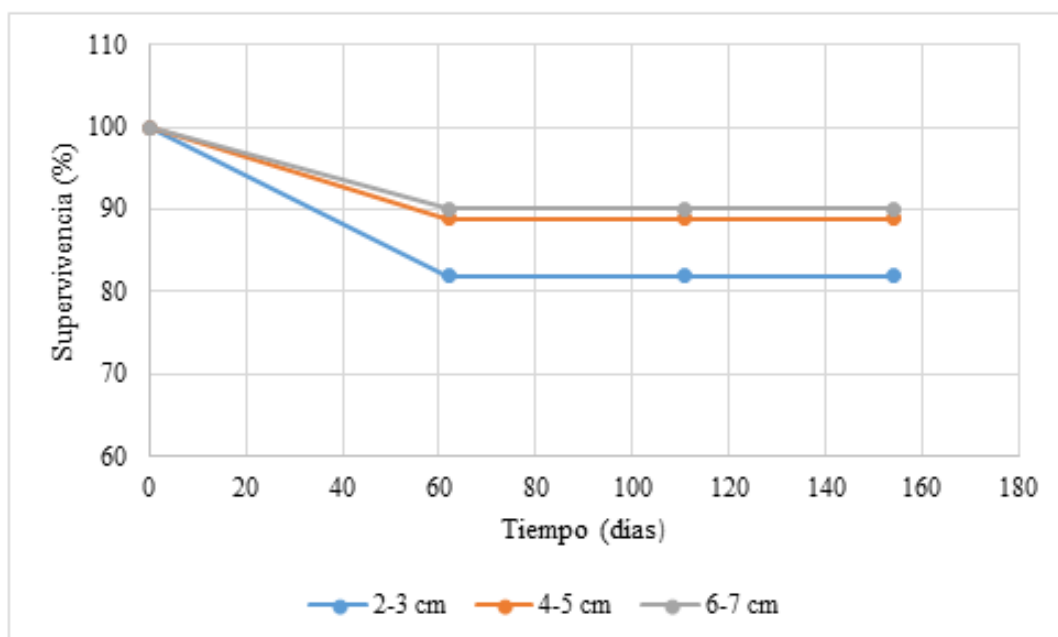
- Reaka-Kudla, M. (1997), "The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests", In: Reaka-Kudla, M., D.E. Wilson, E.O. Wilson (eds.), *Biodiversity II: Understanding and Protecting our Biological Resources*, Washington, D.C.: Joseph Henry Press, pp. 83-108
- Rinkevich, B. (2005), "Conservation of coral reefs through active restoration measures: recent approaches and last decade progress", *Environmental Science & Technology*, Vol. 39, pp. 4333-4342.
- Rinkevich, B. (2000), "Steps towards the evaluation of coral reef restoration by using small branch fragments", *Marine Biology*, Vol. 136, pp. 807-812.
- Rodríguez-Ramírez, A., Zambrano, C. and Garzón-Ferreira, J. (2004), "Status and recent dynamics (1998-2003) of the coral reefs of Colombia", In *Abstracts 10th Int. Coral Reef Symp*, Vol. 410, Okinawa, Japón.
- Sebens, K.P. (1982), "Competition for space: growth rate, reproductive output, and escape in size", *American Naturalist*, Vol. 120, pp. 189-197.
- Shearer, T.L., I. Porto and Zubillaga, A.L. (2009), "Restoration of coral populations in light of genetic diversity estimates", *Coral Reefs*, Vol. 28, pp. 727-733.
- Smith, L. D. and Hughes, T. P. (1999), "An experimental assessment of survival, re-attachment and fecundity of coral fragments", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 235, pp. 147-164.
- Soong, K. and Chen, T. A. (2003), "Coral transplantation: regeneration and growth of *Acropora* fragments in a nursery", *Restoration Ecology*, Vol. 11, pp. 62-71.
- Tanner, J. E. (1995), "Competition between scleractinian corals and macroalgae: an experimental investigation of coral growth, survival and reproduction", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol 190, pp. 151-168.
- Toh, T.C., Guest, J. and Chou, L.M. (2013), "Grazers improve the health of scleractinian coral juveniles in *ex situ* mariculture", *Aquaculture*, Vol. 3, pp. 288-293.
- Van Diggelen, R., Grootjans, A. P. and Harris, J. A. (2001). "Ecological restoration: state of the art or state of the science?", *Restoration Ecology*, Vol. 9, pp. 115-118.
- Vargas-Angel, B. (1996). "Distribution and community structure of the reef corals of Ensenada de Utría, Pacific coast of Colombia", *Rev. Biol. Trop.*, Vol. 44, pp. 643-651.
- Von Prahl, H. and Erhardt, H. (1985), "Colombia: corales y arrecifes coralinos. Fondo para la Protección del Medio Ambiente" *José Celestino Mutis Fen*, Colombia.
- Wilson, S. K., Graham, N. A., Pratchett, M. S., Jones, G. P. and Polunin, N. V. (2006), "Multiple disturbances and the global degradation of coral reefs: are reef fishes at risk or resilient?", *Global Change Biology*, Vol 12, pp. 2220-2234
- Wood, R. (1993), "Nutrients, predation and the history of reef-building", *Palaios*, pp. 526-543
- Zapata, F.A., Vargas-Ángel, B. and Garzón-Ferreira, J. (2001), "Salud y conservación de las comunidades coralinas" in Barrios, L.M & López-Victoria, M. (Ed.), *Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única*. INVEMAR, Santa Marta, pp. 41-51.

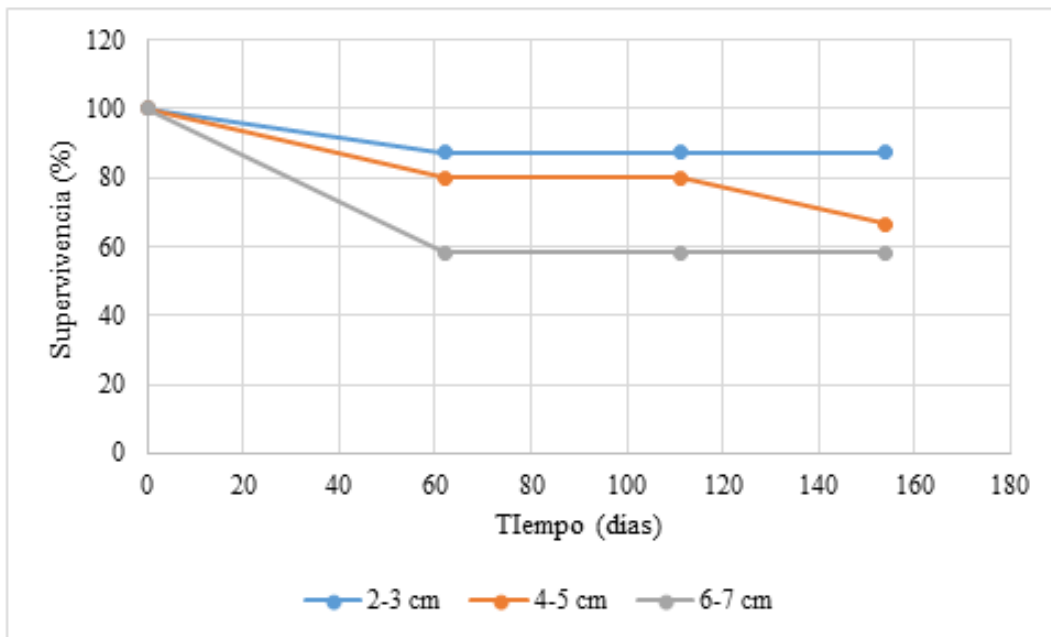
Tabla 1. Total de fragmentos por categoría y especie al finalizar el experimento. Los datos corresponden a la cantidad real de datos usados para los análisis, incluyendo fragmentos sobrecrecidos

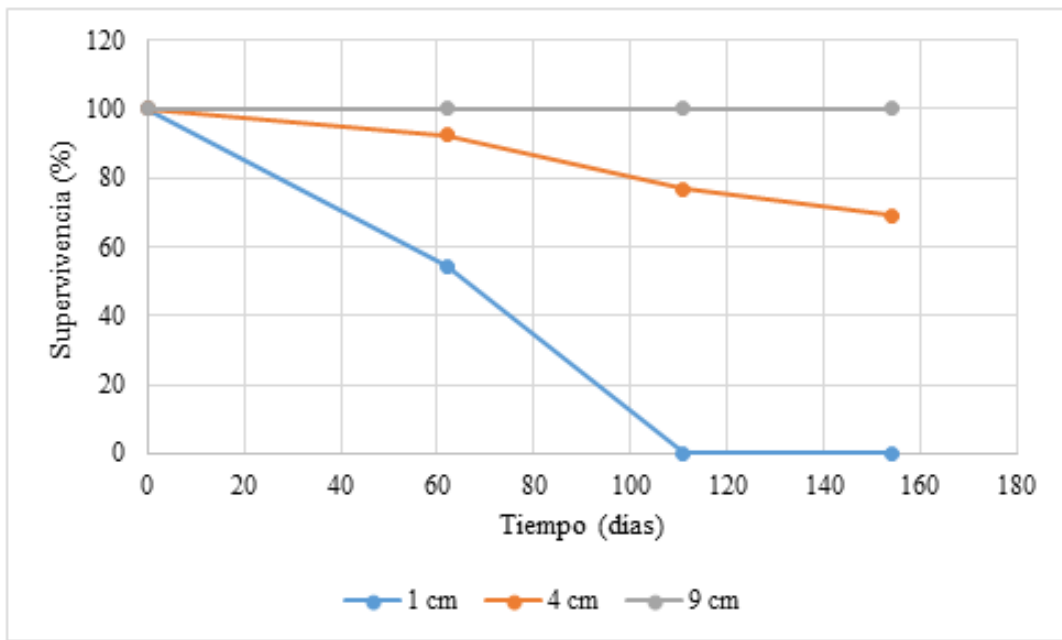
Tasa de crecimiento en peso ($\bar{X} \pm S.D$ g/año)			
Especie	Categoría		
	2-3 cm	4-5 cm	6-7 cm
<i>P. capitata</i>	6,8± 2,7	14,3± 6,2	19,1 ±6,3
<i>P. damicornis</i>	3,7 ±1,3	7,9± 3,8	20,3± 5,3
Tasa de crecimiento longitudinal ($\bar{X} \pm S.D$ cm/año)			
Especie	Categoría		
	2-3 cm	4-5 cm	6-7 cm
<i>P. capitata</i>	3,9±1,5	3±1,5	3,5±1,2
<i>P. damicornis</i>	2,5± 1,3	1,9±0,9	3,1±1,4

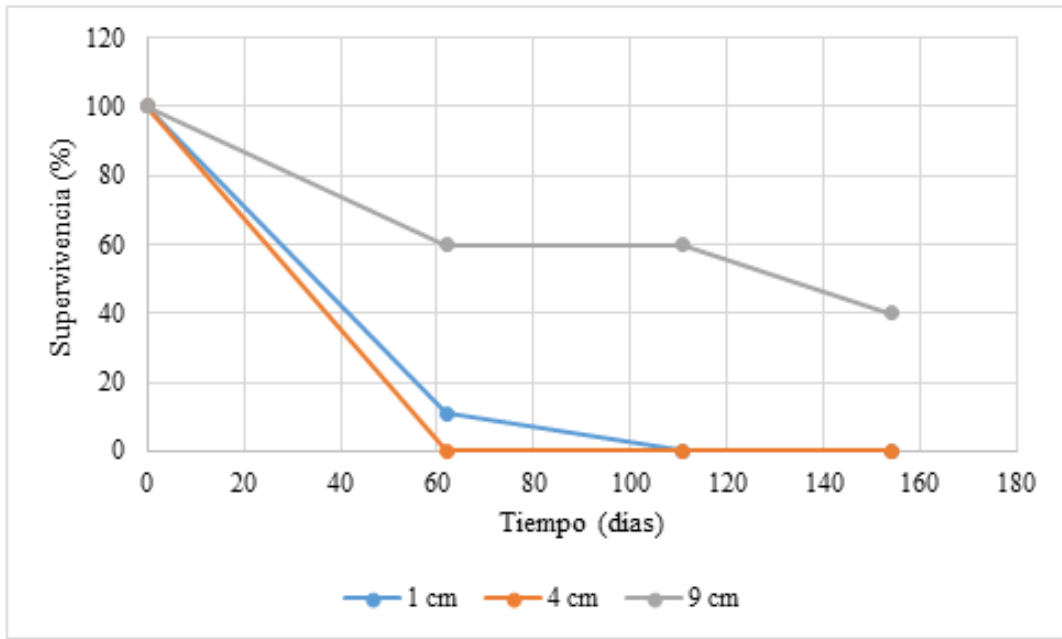
Tabla 2. Total de fragmentos por categoría y especie al finalizar el experimento. Los datos corresponden a la cantidad real de datos usados para los análisis, incluyendo fragmentos sobrecrecidos

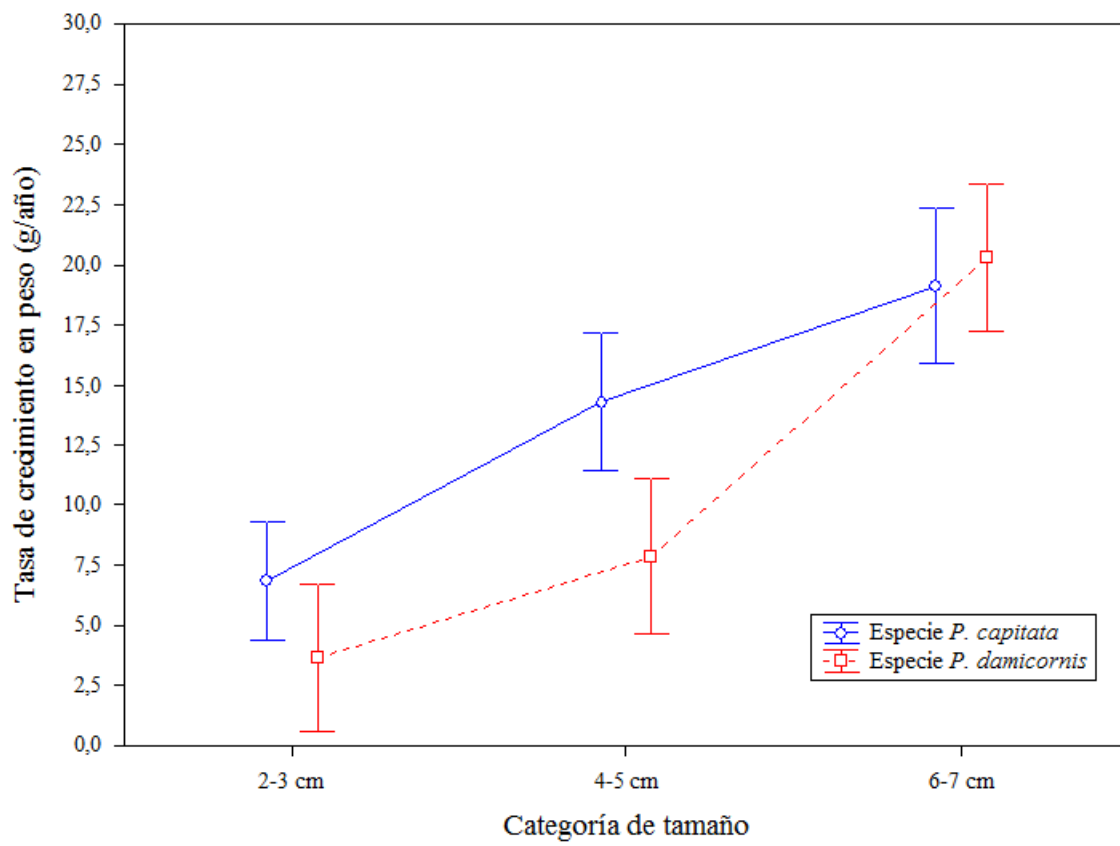
Tratamiento	Especie			
	<i>P. damicornis</i>	<i>P. capitata</i>	<i>G. planulata</i>	<i>P. varians</i>
1 cm ² / 2-3 cm	11	16	11	18
4 cm ² / 4-5 cm	9	15	13	3
9 cm ² / 6-7 cm	10	12	9	5

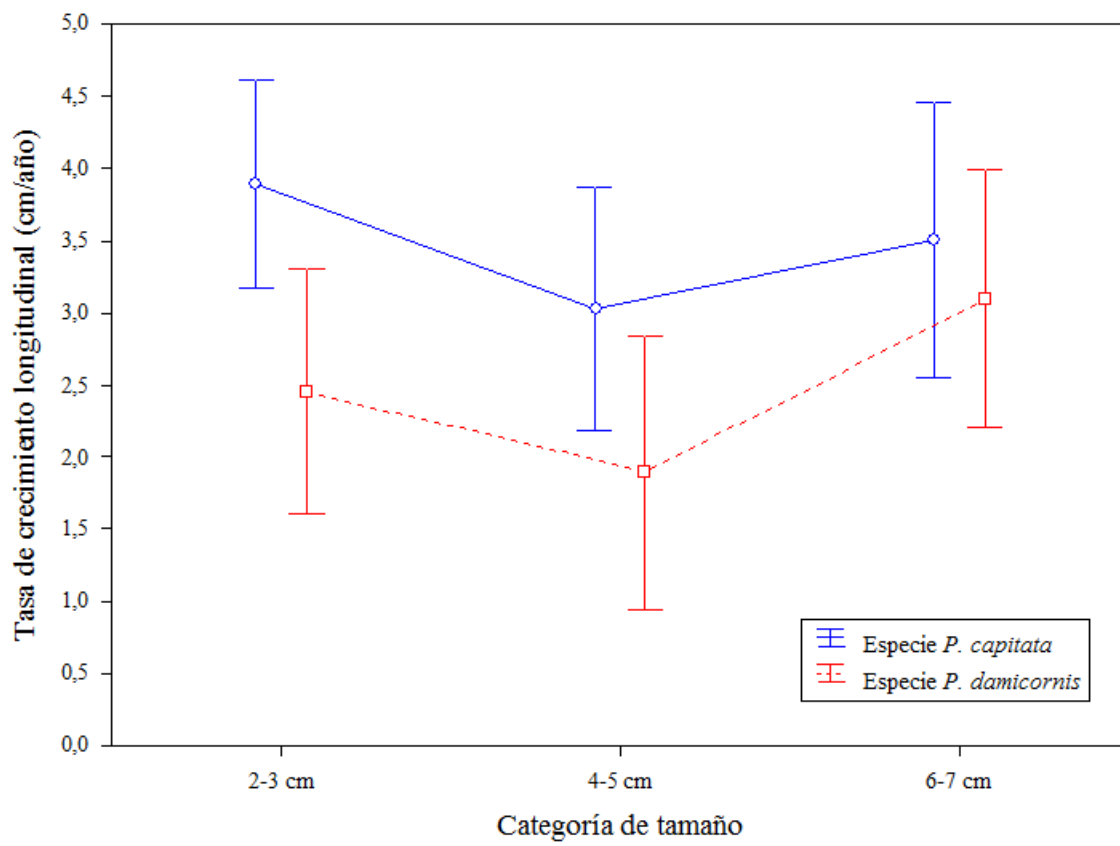












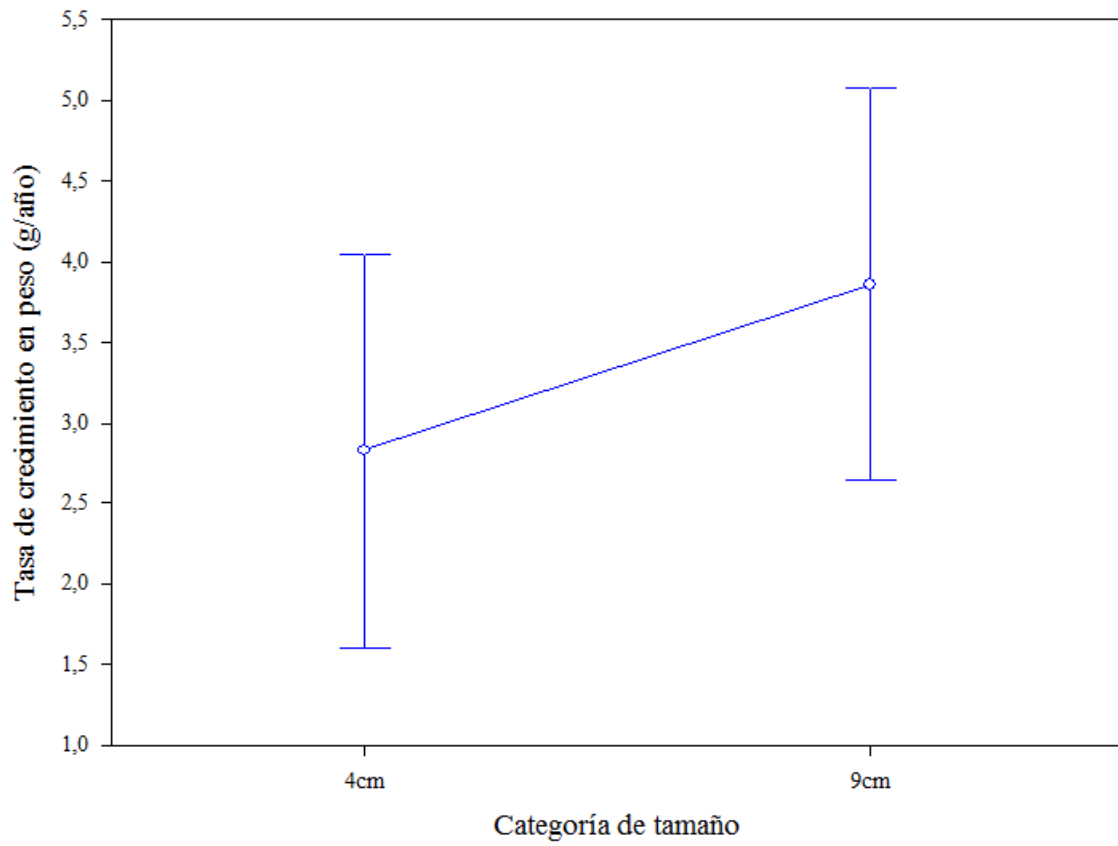


Figura 1. Supervivencia de *Pocillopora damicornis* después de 154 días.

Figura 2. Supervivencia de *Pocillopora capitata* después de 154 días.

Figura 3. Supervivencia de *Gardineroseris planulata* después de 154 días.

Figura 4. Supervivencia de *Pavona varians* después de 154 días.

Figura 5. Comparación de la medias de las tasas de crecimiento en peso por categoría de tamaño entre *Pocillopora capitata* y *Pocillopora damicornis* con los datos sin transformar. Las barras verticales muestran un intervalo de confianza del 95 %.

Figura 6. Comparación de las medias de las tasas de crecimiento en longitud por categoría de tamaño entre *Pocillopora capitata* y *Pocillopora damicornis* con los datos sin transformar. Las barras verticales muestran un intervalo de confianza del 95 %.

Figura 7. Comparación de las medias de las tasas de crecimiento en peso por categoría de tamaño en *Gardineroseris planulata*. Las barras verticales muestran un intervalo de confianza del 95 %.