

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS

PROGRAMA DE BIOLOGÍA



**DESOVE DE LOS CORALES (CNIDARIA) EN EL PACIFICO ESTE TROPICAL:  
REVISIÓN.**

MARTHA VANESSA TORRES MONROY

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito para optar al título de:

Bióloga

BOGOTÁ D.C.

COLOMBIA

2012

**DESOVE DE LOS CORALES (CNIDARIA) EN EL PACIFICO ESTE TROPICAL:  
REVISIÓN.**

MARTHA VANESSA TORRES MONROY

**Ingrid Schuler Ph.D**

Decana académica

Facultad de Ciencias

**Andrea Patricia Forero**

Directora programa de Biología

Facultad de Ciencias

**DESOVE DE LOS CORALES (CNIDARIA) EN EL PACIFICO ESTE TROPICAL:  
REVISIÓN.**

MARTHA VANESSA TORRES MONROY

**Luis Alberto Acosta Moreno. Ph.D**

Director

**Fabio Guillermo Gomez Delgado. M.Sc.**

Jurado.

## **Nota de advertencia**

Artículo 23 de la Resolución No 13 de Julio de 1946

“La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ella el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

## **Agradecimientos**

Quisiera expresar mis más sinceros agradecimientos a las siguientes personas:

A mi papá, Alvaro Torres, por su apoyo incondicional durante todo mi proceso de pregrado y por su constante preocupación por mis logros.

A mi mamá, Liliana Monroy, por su apoyo, sus consejos, comprensión y amor. Gracias a ella las cosas siempre mostraban una mejor cara con expectativas positivas.

A mi hija Isabella, por bloquearme un par de veces el computador mientras escribía la tesis, por llenarme de fuerza para seguir luchando por mis metas y por ser un nuevo impulso y razón en mi vida.

A Leonardo Manosalva, por sus consejos, paciencia, amor, chistes oportunos y sobre todo por su constante interés en ayudarme a escribir de la mejor forma este proyecto.

A mi director de tesis Alberto Acosta, por hacerme participe de sus conocimientos y sabios consejos. De igual forma al profesor Fabio Gómez, por su guía y su disposición a escucharme y animarme durante el proceso.

Al grupo de Ecosistemas Marinos Estratégicos por su colaboración y disposición.

A mis amigos Andrea Díaz, Felipe Espinosa, Omar Sierra, Daniela Tejada, Diana Ramirez, Paula Caceres y Daniela Naranjo, por su sincera amistad y apoyo incondicional.

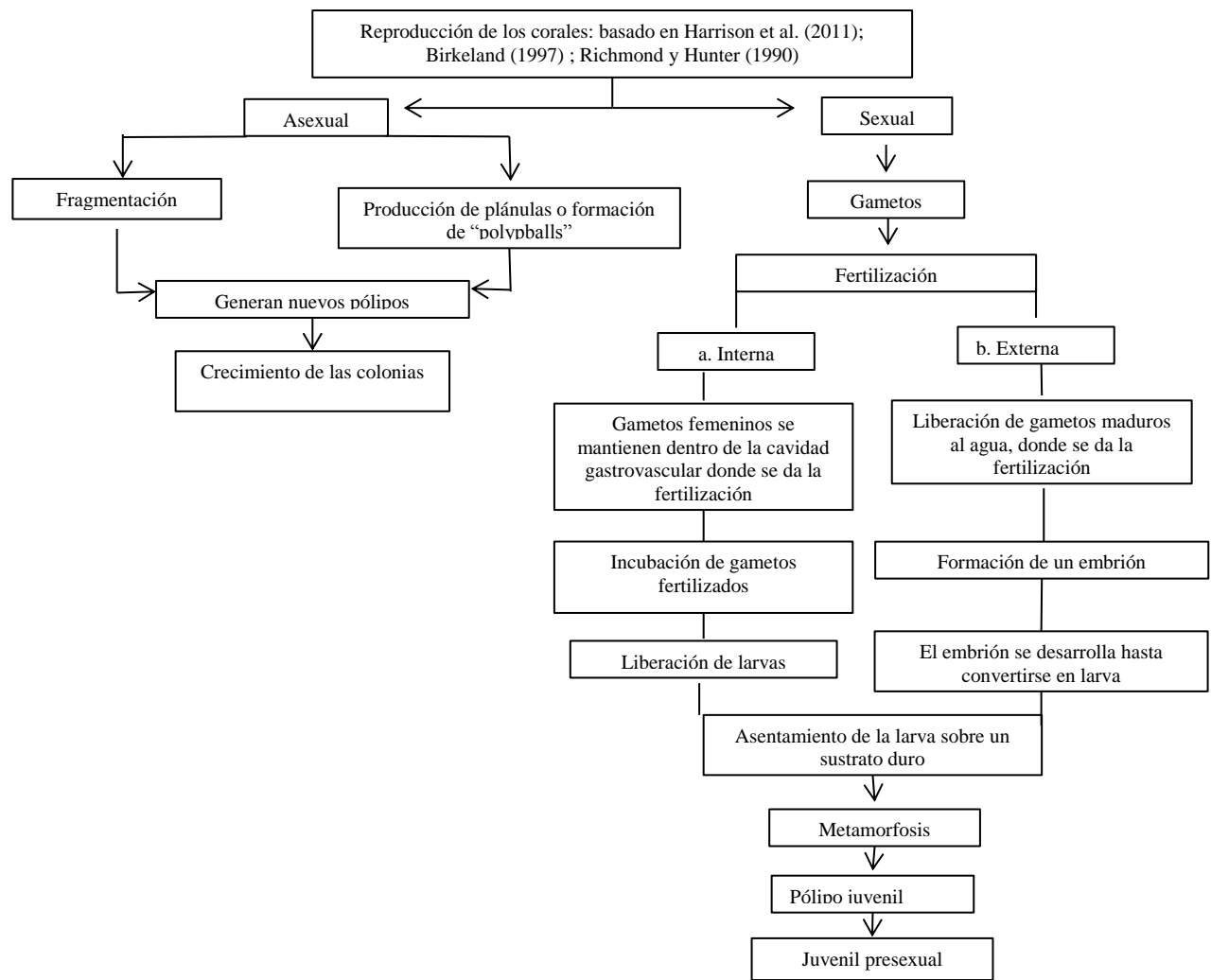
## **Resumen**

La época de desove para las especies de corales (Cnidaria) del Pacífico Este Tropical (PET) es de gran importancia. Sin embargo, la información disponible no es clara respecto a la liberación de gametos. Con las principales bases de datos internacionales, se intentó reconstruir la época de desove para 16 especies de corales del Pacífico Este Tropical, entre hermatípicas y ahermatípicas. La mayoría de los corales revisados, tanto liberadores como incubadores, y la comunidad coralina como un todo desovan varias veces al año y presentan en su mayoría más de dos ciclos gametogénicos anuales. Dentro de las posibles explicaciones para este comportamiento están la alta temperatura superficial del agua que presenta el Pacífico Este Tropical, la posible asincronía de la gametogénesis entre colonias y dentro de las especies y el desarrollo de una estrategia que consiste en desovar varias veces al año para asegurar la fecundación de gametos y la supervivencia larval. Otra posibilidad es que existan errores en la taxonomía de los corales reportados en la revisión y en el muestreo (vacíos de conocimiento en ciertos meses del año donde no se ha estudiado el desove de algunas especies de coral). La información recopilada es importante ya que muestra el estado de conocimiento actual sobre la época de desove de corales y podría ser útil en términos de conservación.

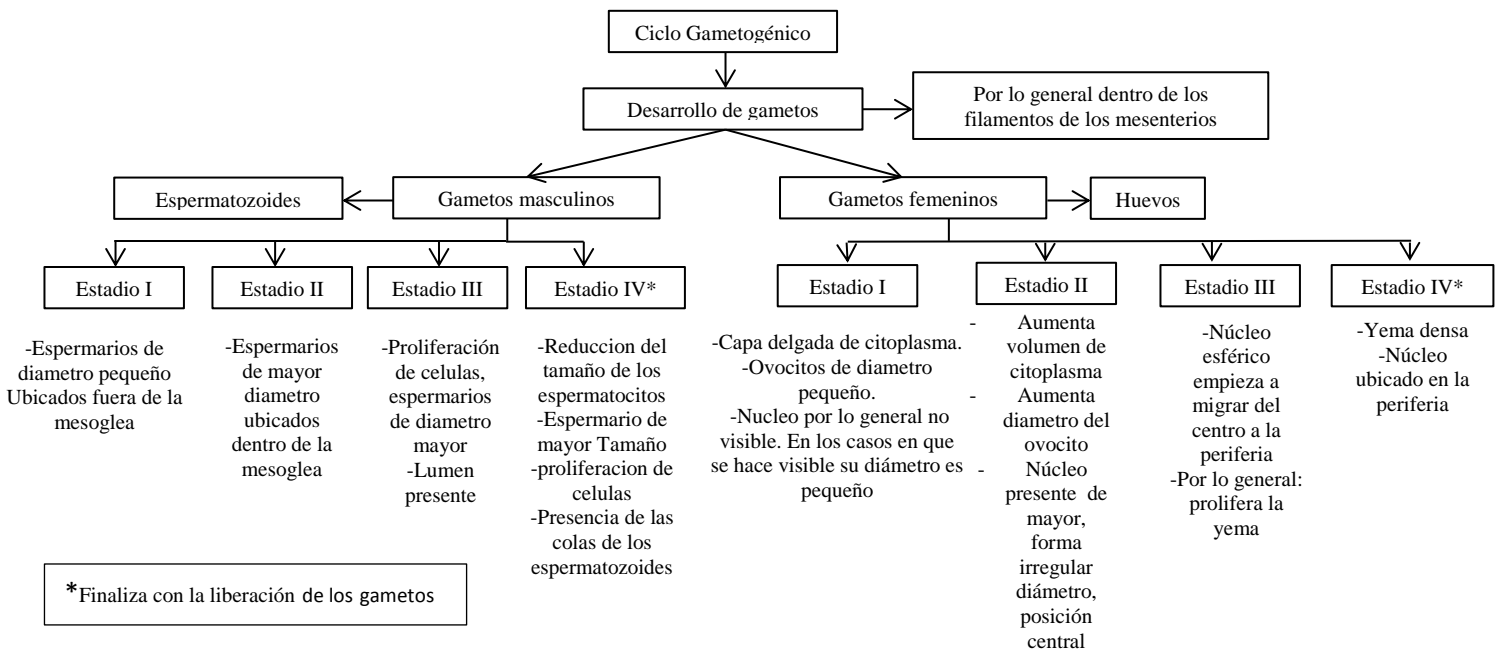
## **Introducción**

Los corales son importantes puesto que son los autores principales de la formación de arrecifes los cuales son considerados uno de los ecosistemas más dinámicos y productivos biológicamente (Birkeland 1997). Los corales proporcionan refugio para varios organismos, hábitat para diferentes peces e invertebrados y generan complejidad estructural lo que se relaciona con la diversidad (Edwards y Gómez 2007); de allí la importancia de su estudio y mantenimiento poblacional.

La reproducción se encuentra relacionada con el mantenimiento poblacional de los corales y su evolución (Harrison 2011). Estos organismos se reproducen sexual y asexualmente (Fig. 1) su modo de reproducción sexual puede ser: liberador o incubador (Fig. 1) de gametos (Huevos o espermatozoides) o plánulas, que se forman mediante un proceso conocido como gametogénesis (Fig. 2).



**Fig. 1. Reproducción de los corales**



**Fig. 2 Ciclo gametogénico. Generalidades del ciclo gametogénico tanto para gametos masculinos como femeninos. (Glynn et al, 1994; Glynn et al. 1996; Glynn et al. 200; Glynn et al 2011; Fadlallah 1983).**

Es importante resaltar que en la fertilización interna los gametos maduros se mantienen dentro de la cavidad gastrovascular y allí se lleva a cabo la fertilización, mientras que en la fertilización externa los gametos son liberados a la columna de agua donde se lleva a cabo la fertilización (Birkeland 1997). Dependiendo de lo anterior los corales podrán ser incubadores o liberadores respectivamente (Harrison 2011).

Como se puede observar la liberación de gametos o plánulas (desove) es un proceso relevante para el ciclo de vida y reproducción de los corales. A lo largo de los siglos XX y XXI se ha investigado el momento del desove de los corales y hasta la fecha se sabe que este puede ser asincrónico o sincrónico; para este último se conocen dos tipos: desove en masa y desove multiespecífico (Harrison 2011). El desove multiespecífico es cuando 2 o más especies (Harrison 2011; Willis et al, 1985) muestran una sincronía mientras que el desove en masa se da cuando muchas colonias de diferentes especies desovan en el mismo momento (Harrison y Booth 2007; Guest et al. 2005; Harrison 2011).

Hasta finales de los 90's, se creía que la sincronía en el desove de los corales se daba específicamente en La Gran Barrera de Coral y que por el contrario en el Mar Rojo, el Caribe, el Pacífico Central, Hawaii y el sur de Japón existía una asincronía (Richmond y Hunter 1990). Otros estudios sugerían que a mayor proximidad de las poblaciones de corales al ecuador era más probable se redujera la sincronía y temporalidad del desove (Oliver et al 1988; Harrison y Hunter 1990).

De esta forma se creía que las comunidades de corales cercanas al ecuador mostrarían una asincronía en el momento del desove, sin embargo en 2005 (Guest y colaboradores) afirmaron que estudios recientes habían revelado que la temporalidad en el desove y su sincronía era una característica propia de las poblaciones de los arrecifes ecuatorianos. Esta afirmación impulsó a varios investigadores a estudiar el comportamiento reproductivo de poblaciones de corales en zonas como el Caribe (Bastidas et al. 2005; Beaver et al. 2001; Hagman et al. 1998) y el Indo-Pacífico (Heyward et al. 1987; Dai et al. 1992; Pendlan et al. 2004), encontrando que efectivamente si se presentaba una temporalidad y una sincronía en el desove de algunas especies de corales.



Hoy en día se sabe que varias comunidades de corales muestran sincronía en el desove, algunas de estas se encuentran presentes en La Gran Barrera de Coral (desove en masa después de luna llena a finales de primavera y comienzos de verano) (Babcock 1986; Babcock et al, 1994; Willis et al 1985; Rosser y Baird 2008) en la costa occidental de Australia (desove en masa en la estación de otoño) (Marzo/Abril) (Rosser y Baird 2008), en Japón (Hayashibara 1993) y el Pacífico central (Kenyon 2008) (desove multiespecífico que se extiende de dos a 3 meses lunares), en Veracruz México (desove sincrónico de la especie *Montastraea faveolata* 7 días antes de luna llena) (Harrison 2011) y en Palau (Penland et al, 2004) y Kenya (Mangubabhai y Harrison 2008) (desove sincrónico de 5-7 meses).

Para el Pacífico Este Tropical no se conoce aun la época de desove de los corales. No contar con la recopilación de esta información y teniendo en cuenta que el PET es un foco de interés por su bajo número de estudios, alta diversidad biológica y el peligro al que se encuentran expuestas sus especies (Bryant et al. 1998; Glynn et al. 2000; Guest et al. 2005) se hace pertinente y relevante su estudio.

El PET cuenta con 104 especies de corales (Cairns et al, 1999), de las cuales hasta la fecha, solo para 10 especies se conoce el momento del desove (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características reproductivas de los corales del Pacifico Este Tropical. Sexo: G= gonocorico; H= hermafrodita; seqH= hermafrodita secuencial. Modo: L= liberador; I= incubador.(Glynn et al. 1991; Glynn et al. 1994; Glynn et al. 1996; Glynn et al. 2000; Glynn et al. 2008; Glynn et al. 2011; Glynn et al. 2012; Mate 2003; Chávez y Bonilla 2007; Carpizo et al. 2011; Colley et al. 2000; Fadlallah 1982; Fadlallah 1982b; Fadlallah 1982c)

| <b>Especie</b>                  | <b>Sexo</b> | <b>Modo</b> | <b>Desove (Registros de liberación de gametos o plánulas)</b> |
|---------------------------------|-------------|-------------|---|
| <i>Psammocora stellata</i>      | G           | L           | Feb y Abr   |
| <i>Pavona varians</i>           | G,seqH      | L           | Dic a May   |
| <i>Astrangia lajollaensis</i>   | G           | L           | Oct a Abr   |
| <i>Gardeneroseris planulata</i> | Seq H       | L           |   |
| <i>Pavona gigantea</i>          | H/G         | L           | Marz y Jul  |
| <i>Diaseris distorta</i>        | G           | L           |   |
| <i>Pocillopora damicornis</i>   | H           | L           | May a Feb   |
| <i>Porites lobata</i>           | G           | L           |   |
| <i>Pocillopora elegans</i>      | H           | L           |   |
| <i>Psammocora profundacella</i> | G           | L           |   |
| <i>Paracyathus stearnsii</i>    | G           | L           | Feb a May   |
| <i>Pavona chirriquiensis</i>    | G,seq H     | L           | Dic a Mar   |
| <i>Pavona clavus</i>            | G           | L/I         | Ago a Oct   |

|                              |   |   |                 |
|------------------------------|---|---|-----------------|
| <i>Tubastrea coccinea</i>    | H | I | Mar y May a Nov |
| <i>Balanophyllia elegans</i> | G | I | Sept a May      |
| <i>Porites panamensis</i>    | G | I |                 |

El presente estudio pretende responder cuando desovan las especies y la comunidad de corales del Pacífico Este Tropical a partir de información directa (registros de liberación de gametos o plánulas) e indirecta (estudios histológicos donde se observen gametos en estadio IV) de la época de desove. Contar con esta información permitirá correr el modelo de dispersión larval para el Pacífico Este tropical, aportar a la conservación de los corales, a las diferentes estrategias de restauración, recopilar el estado actual del conocimiento sobre el momento del desove de los corales e inferir carencias o vacíos teóricos existentes hasta la fecha que puedan ser útiles para hacer recomendaciones.

## **Materiales y métodos**

### **Búsqueda de información y discriminación de resultados**

Las investigaciones publicadas hasta la época (e.g.s como reviews, memorias de congresos internacionales, artículos científicos y demás documentos de investigación) fueron consultadas en las principales bases de datos del mundo, para obtener información sobre la época de desove y la reproducción de los corales (Cnidaria) del Pacífico Este Tropical.

Se emplearon para realizar esta búsqueda las palabras clave descritas en el (anexo 7). De la información encontrada, se seleccionaron los documentos que contenían información explícita del momento de liberación de gametos o plánulas de corales. Debido al bajo número de investigaciones encontradas se vio la necesidad de complementar la información recurriendo a información indirecta del momento del desove como lo son estudios histológicos con presencia de gametos en estadio IV de desarrollo, es decir gametos maduros, que al presentar el núcleo ubicado hacia la periferia se espera estén próximos a desovar.

La información se sintetizó en matrices para recopilar y visualizar de forma general la información sobre la época de desove de los corales y su reproducción (Anexo 2). Para cada artículo o documento encontrado, se ubicó la fecha de muestreo (el mes o los meses) y el momento directo o indirecto en el que desovan los corales (el mes o los meses).

Los datos obtenidos, tanto de registros de liberación de gametos o plánulas así como de colectas con gametos en estadio IV, se discriminaron teniendo en cuenta su “porcentaje de confiabilidad” estimado a partir de la siguiente ecuación:  $((meses * 2) \# estudios)$ ; donde los *meses* corresponden al número de meses muestreados en el total de los estudios. El valor fue multiplicado por dos ya que después de analizar la información fueron relevantes los resultados con alto número de meses muestreados respecto a los resultados con alto número de estudios pero pocos meses muestreados.

El número más alto, arrojado por la ecuación, se considero el 100% y el resto de los porcentajes se estimaron a partir de ese 100% mediante una regla de tres simple. Cada tipo de información (registros de liberación y colectas con gametos en estadio IV) un 100% específico.

## **Gráficas**

Época de desove de las especies de corales (Cnidaria) en el Pacífico Este Tropical

Las gráficas de barras creadas para mostrar la época de desove de cada una de las especies en el Pacífico Este Tropical, se obtuvieron de la recopilación de la información sobre la época de desove para cada una de las especies en los diferentes sitios del Pacífico Este Tropical que hasta la fecha se han muestreado. Las gráficas específicas de la época de desove para cada una de las especies en los diferentes sitios muestreados hasta la fecha, se encuentran en el anexo 3 con su respectivo porcentaje de confiabilidad.

Desove de la comunidad de corales (Cnidaria) en el Pacífico Este Tropical

Teniendo en cuenta la información de las gráficas de “Época de desove de las especies de corales en el Pacífico Este Tropical”, se lograron crear las gráficas del desove de la comunidad de corales. La información empleada fue cada uno de los meses donde cada especie registraba desove, de esta manera se logro ver en que meses desova cada especie y cuantas especies desovan en cada mes.

## **Resultados**

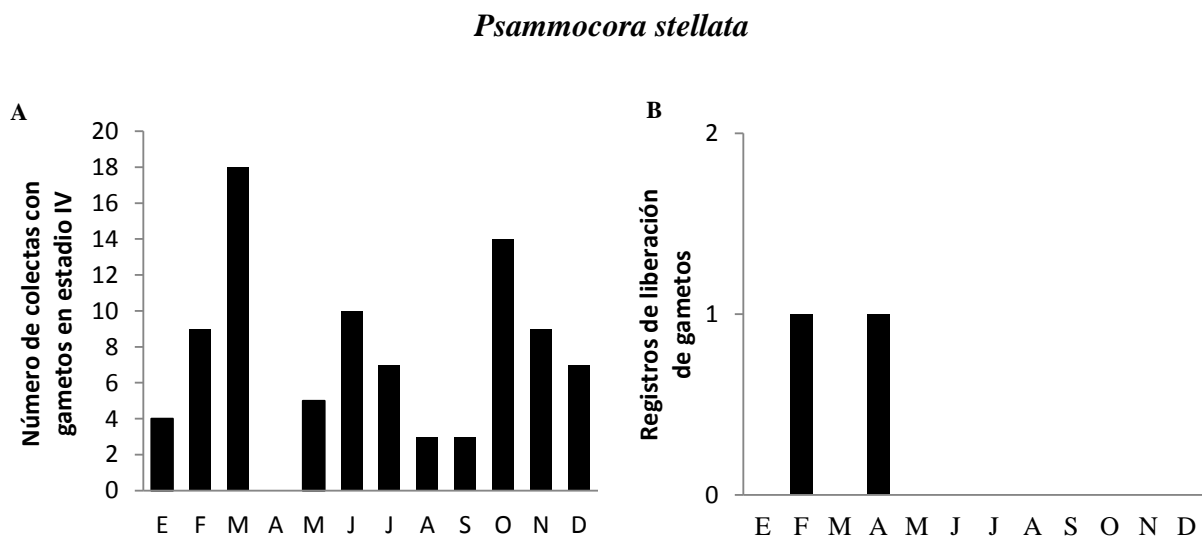
Se encontraron datos sobre la época de desove para 16 especies de corales (Cnidaria) entre liberadores (13 especies) e incubadores (4 especies) (Anexo 1 y 2). La información proviene de investigaciones donde se registro la liberación de gametos y/o plánulas, y también de estudios

histológicos donde se observaron gametos en estadio IV de maduración. Los resultados se encuentran organizados teniendo en cuenta la el porcentaje de confiabilidad que presentaron (Anexo 4 y 5) y el modo de reproducción, liberadores e incubadores.

### Época de desove de las especies de corales (Cnidaria) en el Pacífico Este Tropical

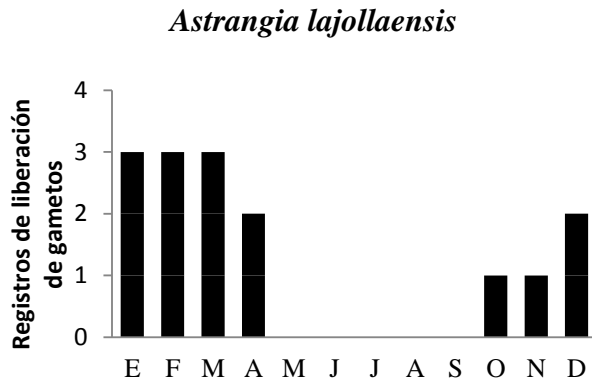
Para *Psammocora stellata* se encontraron tanto estudios con información de registros de liberación de gametos como estudios histológicos con presencia de gametos en estadio IV. Estos últimos presentaron una mayor confiabilidad (58.4%) en comparación a los estudios de observaciones reales (1.5%).

Según los resultados estimados a partir de estudios histológicos, *Psammocora stellata* libera gametos a lo largo de todo el año exceptuando el mes de abril; los picos de liberación se dan en los meses de marzo, junio y octubre (Fig. 3A) (Glynn et al, 2012). Por su parte los resultados de registros de liberación de gametos confirman que la especie desova en los meses de Febrero y Abril (Fig. 3B) (Glynn et al, 2012).



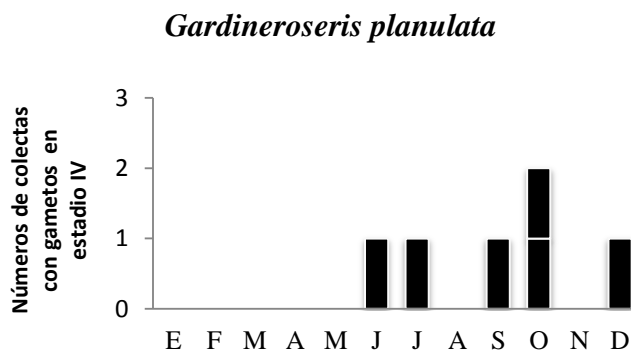
**Fig. 3** *Psammocors stellata*. **A.** Época de desove (estimada a partir del número de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en varios estudios realizados en Panamá, Ecuador y Costa Rica (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 2012). **B.** Época de desove (en base a registros de liberación de gametos) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Panamá y Ecuador (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 2012).

La época de desove para *Astrangia lajollaensis* (coral ahermatípico) según la gráfica de registros de liberación de gametos (Fig. 5) va de enero a abril y de octubre a diciembre. Los picos de liberación se presentan en los meses de enero, febrero y marzo. Estos resultados mostraron una confiabilidad del 56.2%.



**Fig. 5** *Astrangia lajollaensis*. Época de desove (en base a registros de liberación de gametos) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en California (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Fadlallah 1982)

*Gardineroseris planulata* (Coral hermatípico) teniendo en cuenta la gráfica de colectas con gametos en estadio IV, desova de junio a julio, de septiembre a octubre y en el mes de diciembre. El pico de liberación se da en octubre (Fig. 6). Estos resultados mostraron una confiabilidad del 42.8%.

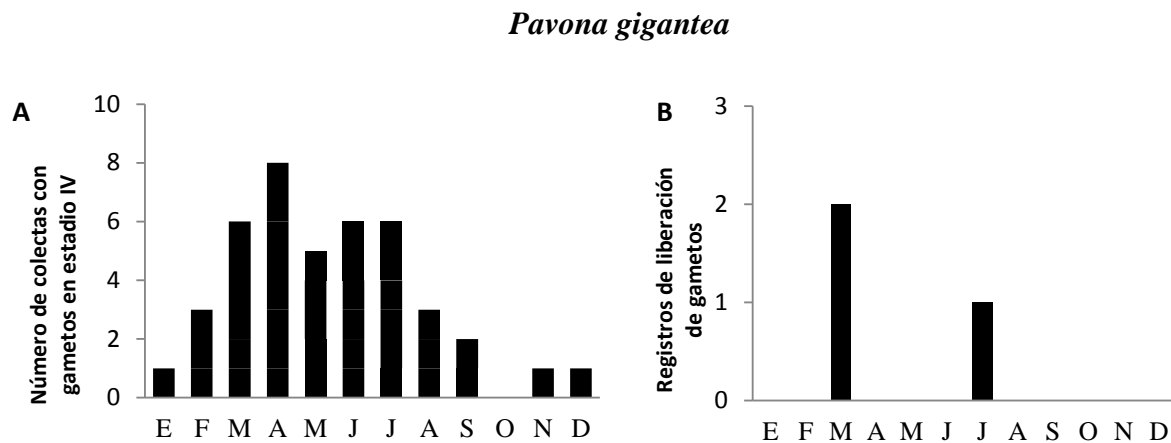


**Fig. 6** *Gardineroseris planulata*. Época de desove (estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Panamá (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 1996)

El desove de *Pavona gigantea*, coral hermatípico, ha sido estudiado por medio de registros de liberación de gametos y también a través de estudios histológicos donde se presentan gametos en

estadio IV de maduración. Estos últimos estudios mostraron una confiabilidad de 33.5% mientras que los registros de liberación de gametos mostraron una confiabilidad de 1.5%

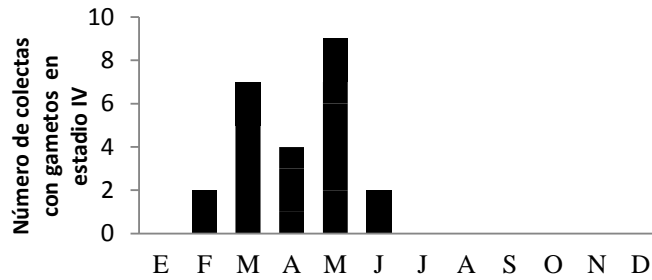
Teniendo en cuenta la gráfica de colectas con gametos en estadio IV, *Pavona gigantea* desova gametos a lo largo de todo el año exceptuando el mes de Octubre. Esta especie presenta dos picos de liberación que van de marzo a abril y de junio a julio (Fig. 7A). Por otro lado, la gráfica de registros de liberación de gametos, muestra que la especie se desova en los meses de mayo y julio (Fig. 7B)



**Fig. 7** *Pavona gigantea*. **A.** Época de desove (estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Ecuador, Panamá y Costa Rica (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 1996). **B.** Época de desove (en base a registros de liberación de gametos) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Ecuador y Costa Rica (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 1996).

La época de desove para *Diaseis distorta* (coral hermatípico), según la gráfica de colectas con gametos en estadio IV, va de febrero a junio, con picos de liberación en marzo y mayo (Fig.8). La confiabilidad que mostraron estos resultados fue de 29.1%

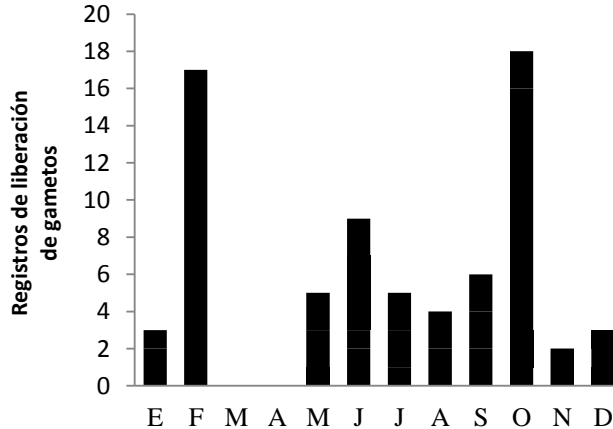
### *Diaseris distorta*



**Fig. 8** *Diaseris distorta*. Época de desove (estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Ecuador. (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Colley et al, 2000).

*Pocillopora damicornis* (coral hermatípico), teniendo en cuenta la gráfica de colectas con gametos en estadio IV, desova a lo largo de todo el año exceptuando los meses de mayo y abril. Los picos de liberación se presentan en los meses de febrero y octubre (Fig. 9). La confiabilidad de estos resultados fue de 28.5%

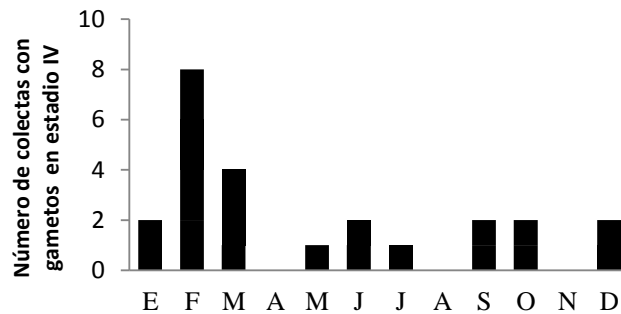
### *Pocillopora damicornis*



**Fig. 9** *Pocillopora damicornis*. Época de desove (en base a registros de liberación de gametos) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Costa Rica, Panamá, Ecuador y México. (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 1991; Chávez y Bonilla 2007).

El coral hermatípico *Porites lobata*, según la gráfica de colectas con gametos en estadio IV, desova a lo largo de todo el año exceptuando los meses de abril y agosto, y presenta un pico de liberación de febrero a marzo (Fig.10). La confiabilidad de estos resultados fue de 25.3%.

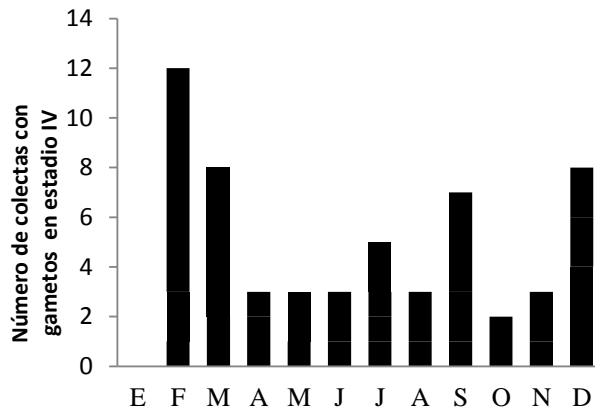
### *Porites lobata*



**Fig. 10** *Porites lobata*. Época de desove (Estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Costa Rica, Ecuador y Panamá. (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 1994)

Por su parte *Pocillopora elegans* (coral hermatípico), teniendo en cuenta la gráfica de colectas con gametos en estadio IV, también desova todo el año exceptuando solo el mes de enero. Esta especie muestra tres picos de desove que se dan de febrero a marzo, en septiembre y diciembre (Fig. 11). La confiabilidad de estos resultados fue de 23.5%.

### *Pocillopora elegans*

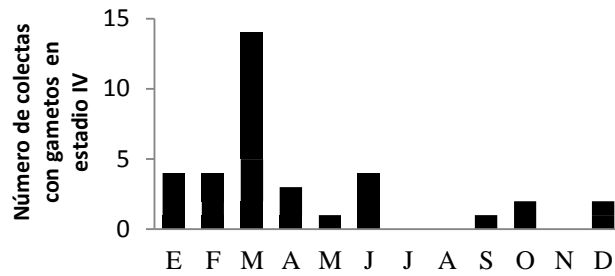


**Fig. 11** *Pocillopora elegans*. Época de desove (Estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Costa Rica, Panamá y Ecuador. (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 1991)

El desove del coral hermatípico *Psammocora profundacella*, según la gráfica de colectas con gametos en estadio IV, se da a lo largo de todo el año, con excepción de los meses de julio, agosto y noviembre. Esta especie solo muestra un pico de liberación que corresponde al mes de marzo (Fig. 12). La confiabilidad de estos resultados fue de 20.7%



*Psammocora profundacella*



**Fig. 12** *Psammocora profundacella*. Época de desove (estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Ecuador, Panamá y Costa Rica. (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 2012).

*Paracyathus stearnsii* (coral ahermatípico), teniendo en cuenta la gráfica de registros de liberación de gametos, presenta una época de desove que va de febrero a marzo (Fig. 13). La confiabilidad de estos resultados fue de 18.7%.

*Paracyathus stearnsii*



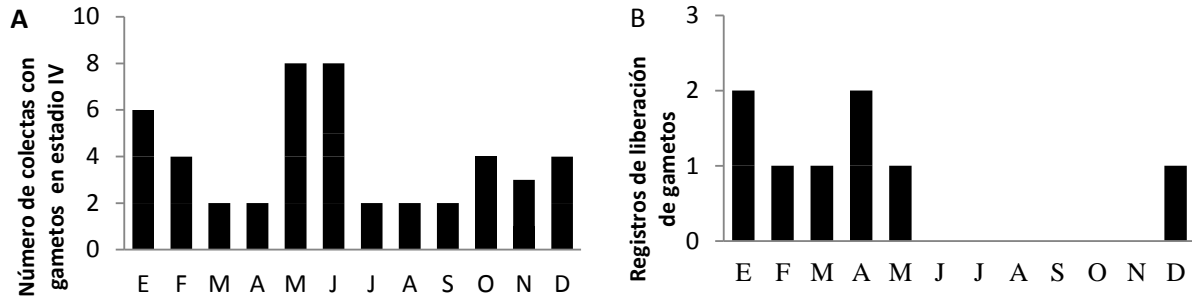
**Fig. 13** *Paracyathus stearnsii*. Época de desove (en base a registros de liberación de gametos) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en un estudio realizado en California. (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Fadlallah 1982b).

El desove de *Pavona varians* ha sido estudiado por medio de registros de liberación de gametos y también a través de estudios histológicos. Estos últimos estudios mostraron una confiabilidad de 50% mientras que los registros de liberación de gametos mostraron una menor confiabilidad: 18.7%

Teniendo en cuenta la gráfica de colectas con gametos en estadio IV, *Pavona varians* desova a lo largo de todo el año y presenta dos picos de liberación que se dan en enero y mayo-junio (Fig. 4A). Por otro lado, la gráfica de registros de liberación de gametos, indican que la especie

muestra una época de desove que va de diciembre a mayo, con dos picos de liberación en enero y abril (Fig.4B).

### *Pavona varians*



**Fig. 4** *Pavona varians*. **A.** Época de desove (estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Panamá (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 2000). **B.** Época de desove (en base a registros de liberación de gametos) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Panamá (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 2000; Mate 2003).

Por su parte *Pavona chirriquiensis* (coral hermatípico), presenta una época de desove que va desde diciembre hasta mayo, según la gráfica de registros de liberación de gametos (Fig. 14). La confiabilidad de estos resultados fue de 9.3%

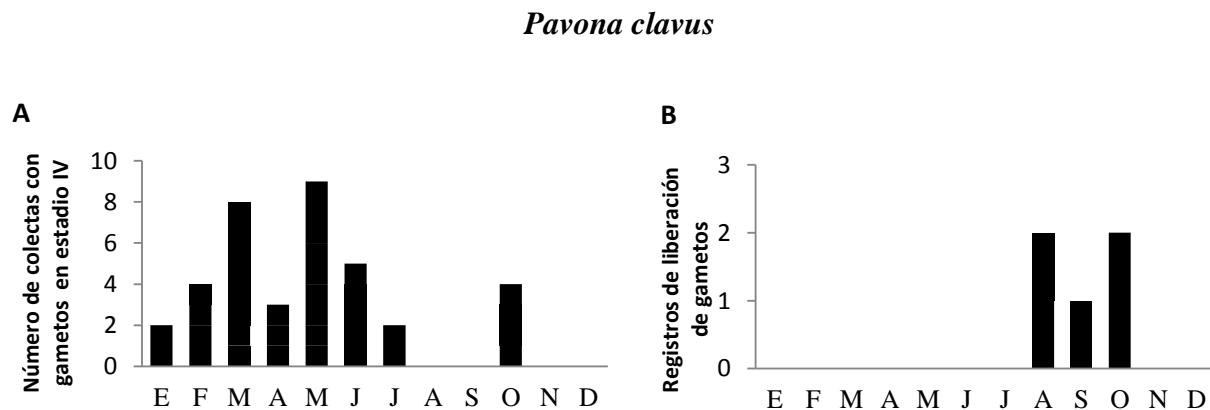
### *Pavona chirriquiensis*



**Fig. 14** *Pavona chirriquiensis*. Época de desove (en base a registros de liberación de gametos) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en un estudio realizado en Panamá. (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Mate 2003)

Para *Pavona clavus*, coral hermatípico, se encontraron tanto estudios con información de registros de liberación de gametos como estudios histológicos con presencia de gametos en estadio IV. Estos últimos presentaron una mayor confiabilidad (38%) en comparación a los estudios con registro de liberación de gametos (18.7%).

*Pavona clavus*, según los resultados de las gráficas de colectas con presencia de gametos en estadio IV, libera gametos a lo largo de todo el año exceptuando los meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre; los picos de liberación se dan en los meses de marzo y mayo (Fig. 15A) (Glynn et al, 2011). Por su parte los resultados de registros de liberación de gametos indican que la especie desova únicamente en los meses de agosto a octubre. Los picos de liberación se dan en los meses de agosto y octubre (Fig. 15B) (Glynn et al, 2011).



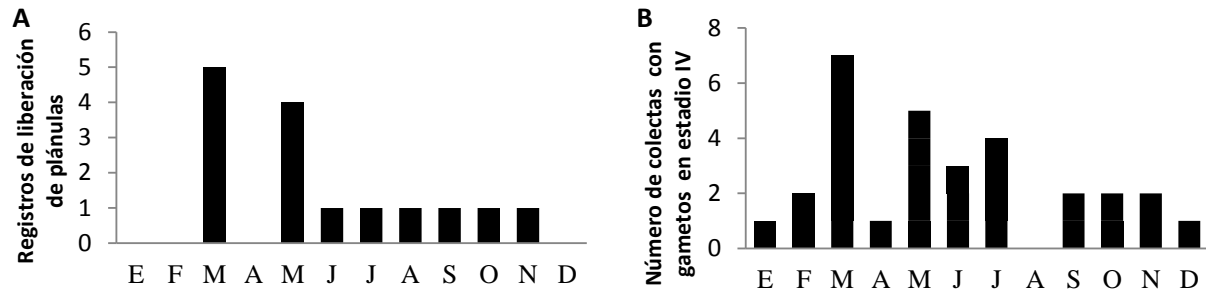
**Fig. 15** *Pavona clavus*. **A.** Época de desove (estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Ecuador, Panamá y Costa Rica (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 2011). **B.** Época de desove (en base a registros de liberación de gametos) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Panamá (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 2011).

La época de desove de *Tubastrea coccínea* ha sido investigada mediante estudios histológicos donde se presentan gametos en estadio IV de maduración y también a través de investigaciones donde se ha registrado la liberación de plánulas a la columna de agua (Glynn et al, 2008). Estos últimos estudios presentaron una confiabilidad de 50.7 % mientras que los estudios histológicos mostraron una confiabilidad de 34.8%

Según los registros de liberación de plánulas (Fig. 16A), *Tubastrea coccínea* desova en dos periodos del año, que corresponde al mes de marzo y a los meses entre mayo y noviembre. Los

picos de liberación se presentan en los meses de Marzo y Mayo. Por otro lado la información de colectas con gametos en estadio IV (Fig. 16B), indican que la especie desova todo el año, excepto en el mes de Agosto y que los picos de liberación se presentan en marzo, mayo y julio

### *Tubastrea coccinea*



**Fig. 16** *Tubastrea coccinea*. **A.** Época de desove (en base a registros de liberación de gametos) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Panamá y Ecuador (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 2008). **B.** Época de desove (estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Panamá y Ecuador (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Glynn et al, 2008).

*Balanophyllia elegans* (coral ahermatípico), según la gráfica de registro de liberación de plánulas, desova a lo largo de todo el año exceptuando los meses de junio, julio y agosto (Fig. 17). La confiabilidad de estos resultados fue de 18.7%

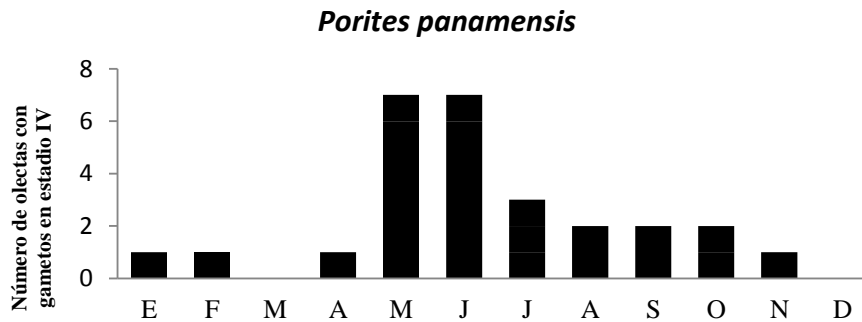
### *Balanophyllia elegans*



**Fig. 17** *Balanophyllia elegans*. Época de desove (en base a registros de liberación de plánulas) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en un estudio realizado en California. (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 3). (Fadlallah 1982c).

Según la gráfica de colectas con gametos en estadio IV, *Porites panamensis*, coral hermatípico, desova a lo largo de todo el año, exceptuando los meses de marzo y diciembre. Esta especie

presenta un solo pico de liberación que va de mayo a junio (Fig. 18). La confiabilidad de estos resultados fue de 8.6%

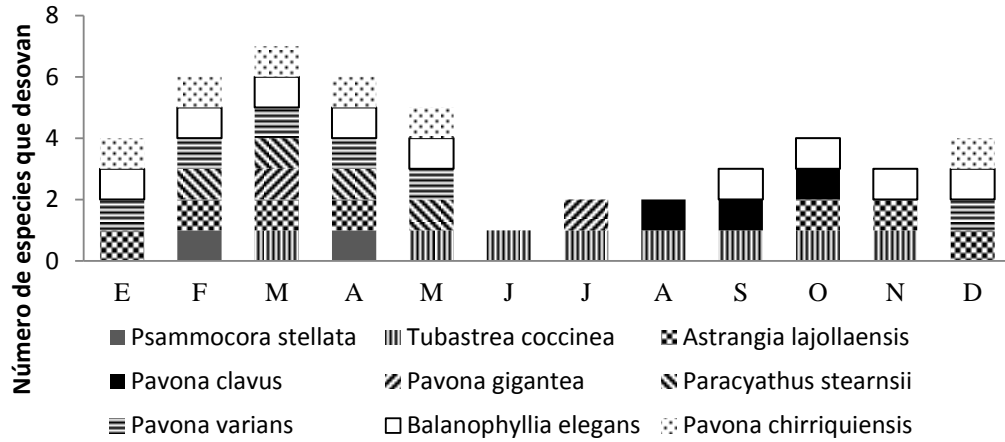


**Fig. 18** *Porites panamensis*. Época de desove (estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV) para el Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año. Gráfica basada en estudios realizados en Panamá y México. (Para mayor información sobre los resultados específicos de la época de desove para cada una de estas zonas y las fechas de muestreo específicas ver Anexo 2). (Glynn et al, 1994; Carpizo et al, 2011).

### **Desove de la comunidad de corales (Cnidaria) en el Pacífico Este Tropical**

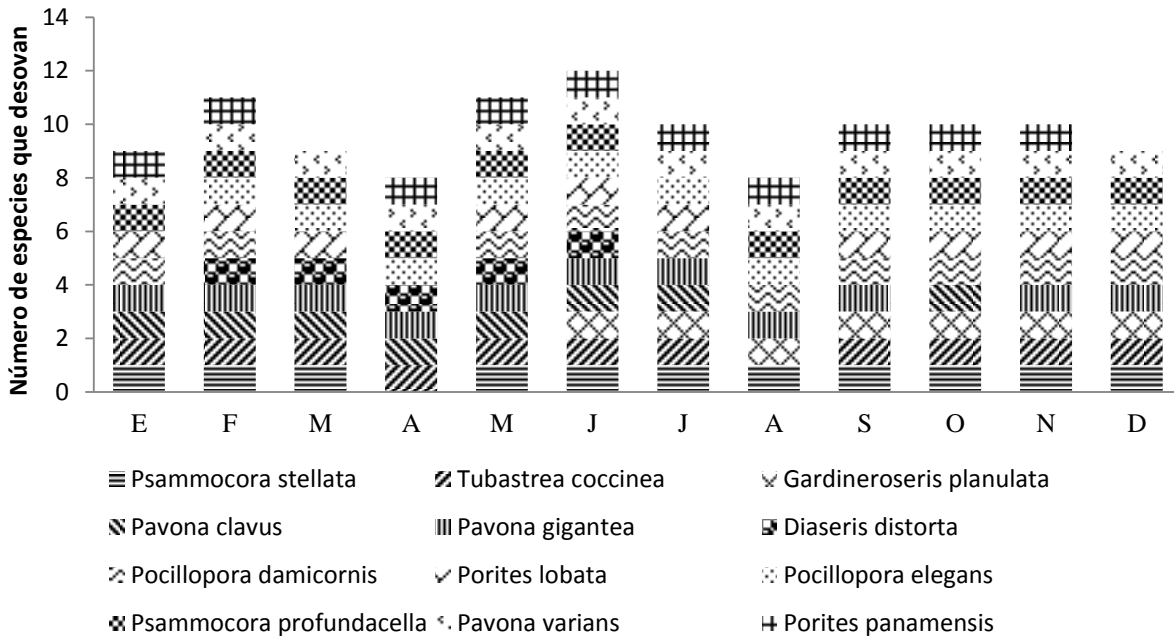
Teniendo en cuenta los meses en donde desovan cada una de las especies, se lograron construir diagramas que sugieren la época de desove para la comunidad de corales (Cnidaria) en el Pacífico este tropical.

Los resultados de la época de desove en base a registros de liberación de gametos (Fig. 19) indican que la comunidad de corales del Pacífico Este Tropical desova a lo largo de todo el año con dos picos de liberación entre los meses de febrero-mayo y de septiembre-diciembre. El mes donde desovan más especies de corales, del Pacífico Este Tropical es marzo.



**Fig. 19.** Comunidad de corales. Época de desove (en base a registros de liberación de gametos o plánulas) para la comunidad de corales del Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año.

Por último, los resultados de la época de desove estimada a partir de colectas con gametos en estadio IV (Fig. 20), indican que la comunidad de corales del Pacífico Este Tropical desovan a lo largo de todo el año y muestran tres picos de liberación que van de enero-marzo, de mayo a julio y de septiembre a noviembre.



**Fig. 20.** Comunidad de corales. Época de desove (estimada a partir de colectas con presencia de gametos en estadio IV) para la comunidad de corales del Pacífico Este Tropical, en función de los meses del año.

## **Discusión**

La información que se tiene hasta la fecha sobre la época de desove de los corales (Cnidaria) para el Pacífico Este Tropical, es poca e incompleta. Los porcentajes de confiabilidad son bajos y esto se debe a que los estudios que se han hecho para conocer o estimar la época de desove no presentan un buen esfuerzo de muestreo (Glynn et al. 1991; Glynn et al. 1994; Glynn et al. 1996; Glynn et al. 2000; Glynn et al. 2008; Glynn et al. 2011; Glynn et al. 2012; Mate 2003; Chávez y Bonilla 2007; Carpizo et al. 2011; Colley et al. 2000). Para ser más claros una especie pudo haber sido estudiada durante varios años pero los muestreos realizados durante cada uno de estos no abarcaban los doce meses que conforman el año, quiere decir, se tiene una información parcial del ciclo gametogénico y de la época real del desove de los corales del Pacífico Este Tropical (Glynn et al. 1991; Glynn et al. 1994; Glynn et al. 1996; Glynn et al. 2000; Glynn et al. 2008; Glynn et al. 2011; Glynn et al. 2012; Mate 2003; Chávez y Bonilla 2007; Carpizo et al. 2011; Colley et al. 2000).

A pesar de la poca información encontrada y de los vacíos de conocimiento, en términos de meses del año donde no se ha estudiado el desove de los corales, se intentó reconstruir la época tentativa de liberación de gametos o plánulas para cada una de las especies y para la comunidad como un todo de los corales del Pacífico Este Tropical.

Para empezar, es importante analizar cada una de las especies y sus diferentes características en cuanto a la reproducción, para entender y proponer el momento del desove de cada una. Las características de la reproducción para las especies del PET se han recopilado en la siguiente tabla (Tabla 2):

Tabla 2. Características reproductivas de los corales estudiados hasta la fecha en el Pacífico Este Tropical. Sexo: G= gonocórico; H= hermafrodita; seqH= hermafrodita secuencial. Modo: L= liberador; I= incubador. (Glynn et al. 1991; Glynn et al. 1994; Glynn et al. 1996; Glynn et al. 2000; Glynn et al. 2008; Glynn et al. 2011; Glynn et al. 2012; Mate 2003; Chávez y Bonilla 2007; Carpizo et al. 2011; Colley et al. 2000; Fadlallah 1982; Fadlallah 1982b; Fadlallah 1982c). Los espacios en blanco hacen referencia a datos que hasta el momento no se conocen. La columna de número de meses estimado en los que hay liberación de gametos o plánulas la información es sobre estimada, mientras que la columna de número de meses en los que se ha registrado liberación de gametos o plánulas la información proviene de estudios incompletos por lo que es incompleta.

| Especie                         | Sexo    | Modo | Número de Ciclos gametogénicos estimados | Número de meses estimado en los que libera gametos o larvas | Número de meses en los que se ha registrado liberación de gametos o plánulas | Desove estimado estadio IV | Picos desove estimado estadio IV | Desove registros de liberación de gametos o plánulas |
|---------------------------------|---------|------|--|---|--|----------------------------|----------------------------------|--|
| <i>Pavona varians</i>           | G,seqH  | L    | 2  | 12  | 6  | Todo el año                | Dic-Ene/May-Jun                  | Dic a May  |
| <i>Pavona gigantea</i>          | H/G     | L    | 2  | 12  | 2  | Todo el año                | Mar-Abr/Jun-Jul                  | May y Jun  |
| <i>Psammocora stellata</i>      | G       | L    | 3  | 11  | 2  | Todo el año, excepto abril | Feb-Mar/Jun-Jul/Oct-Nov          | Feb, Abr   |
| <i>Pocillopora elegans</i>      | H       | L    | 3  | 11  |  | Todo el año excepto Enero  | Febrero-Marzo/Julio-Sept/Dic     |  |
| <i>Pocillopora damicornis</i>   | H       | L    | 3  | 10  |  | May a Feb                  | Febrero, Junio y Octubre         |  |
| <i>Porites lobata</i>           | G       | L    | 3  | 9   |  | Dic-Mar/May-Jul/Sept-Oct   | Febrero y Marzo                  |  |
| <i>Psammocora profundacella</i> | G       | L    | 2  | 9   |  | Dic-Jun/Sep-Oct            | Marzo                            |  |
| <i>Astrangia lajollaensis</i>   | G       | L    | 2  | 7   | 7  |                            |                                  | Oct a Abr  |
| <i>Pavona clavus</i>            | G       | L/I  | 3  | 7   | 3  | Ene-Jul/Oct                | Mar/May/Oct                      | Ago a Oct  |
| <i>Diaseris distorta</i>        | G       | L    | 2  | 5   |  | Feb-Jun                    | Marzo y Mayo                     |  |
| <i>Gardeneroseris planulata</i> | Seq H   | L    | 3  | 5   |  | Jun-Julio/Sept-Oct/Dic     | Octubre                          |  |
| <i>Paracyathus stearnsii</i>    | G       | L    | 1  | 4   | 4  |                            |                                  | Feb a May  |
| <i>Pavona chiriquiensis</i>     | G,seq H | L    | 1  | 4   | 4  |                            |                                  | Dic a Mar  |
| <i>Tubastrea coccinea</i>       | H       | I    | Más de dos                               | 11  | 8  | Todo el año excepto Agosto | Mar/May/Jul                      | Mar y May a Nov                                      |
| <i>Porites panamensis</i>       | G       | I    | Más de dos                               | 10  |  | Ene-Feb/Abr-Nov            |                                  |  |
| <i>Balanophyllia elegans</i>    | G       | I    | Más de dos                               | 9   | 9  |                            |                                  | Sept a May   |

En vista de que hasta la fecha no se cuenta con la información del número de ciclos gametogénicos, se propone un número estimado a partir de las características reproductivas reportadas de información directa e indirecta sobre el momento del desove para cada una de las especies de corales del PET.

Se propone entonces a partir de datos sobreestimados que la mayoría de las especies liberadoras registradas en esta revisión, presentan entre dos y tres ciclos gametogénicos anuales. De las 13



especies que reportan como liberadoras 9 desovan más de 7 meses en el año y las 4 especies restantes desovan entre 4 y 5 meses al año (Tabla 2). Este comportamiento es contrario a lo que muestran normalmente las especies liberadoras, que desovan entre 1 y 2 veces al año por un periodo de dos meses normalmente (Harrison 2011).

Por su parte las especies incubadoras presentan más de dos ciclos gametogénicos al año y también entre 9 y 11 meses en el año lo se puede esperar de especies con este modo de reproducción (Harrison 2011; Birkeland 1997).

Los ciclos gametogénicos se estimaron teniendo en cuenta los picos de gametos en estadio IV (información sobreestimada) y la información de registro de liberación de gametos o plánulas. El número de ciclos gametogénicos propuestos debe ser estudiado a fondo para corroborarlos o rechazarlos

Los resultados de la revisión, muestran por otra parte que la comunidad de corales del Pacífico Este Tropical, estudiada hasta el momento, liberan gametos o plánulas durante varios meses al año, máximo 9 y mínimo 2 (Tabla 2). La mayoría de los corales (11 de 16 especies) son liberadores; los registros de liberación de gametos o plánulas que hasta la fecha se conocen permiten indicar que el mes donde desovan la mayoría de las especies de corales en el PET es Marzo (8 de 9 especies coincidieron en registros de liberación de gametos para ese mes). Los resultados muestran además dos picos de liberación que van de Febrero a Mayo y de Septiembre a Noviembre, estos meses corresponden a la época seca donde la temperatura es mayor y por ende es más probable y más favorable para los corales desovar (Asoh y Yoshikawa 2002), por otra parte al observar la gráfica del promedio de la temperatura superficial del agua para el PET (Fig. 21) los picos de liberación concuerdan con los meses en donde hay cambios drásticos de temperatura, dentro de la baja fluctuación que muestra la temperatura a lo largo del periodo anual.

Los resultados obtenidos de especies de corales con modo de reproducción liberador serán discutidos como un solo grupo, ya que todas la especies de corales mostraron un alto número de meses en los que se estima liberan gametos o plánulas a la columna de agua (Tabla 2). Por otra

parte se discutirán las especies con modo de reproducción incubador, como un segundo grupo (Tabla 2). Se hace esta separación debido a los modos de reproducción reportados.

El momento del desove, se cree, está estrechamente relacionado con variables ambientales tales como las corrientes (Harrison 2011), las fases lunares (Richmond y Hunter 1990), la precipitación (Guest et al. 2005; Rosser y Baird 2008) y la temperatura superficial del agua (Richmond y Hunter 1990; Rosser y Baird 2008; Harrison 2011; Vanwoesik et al, 2006, Babcock et al, 1986; Hunter 1988, Fadlallah 1983). Hasta la fecha la variable que muestra mayor relación con la liberación de gametos o plánulas es la temperatura superficial del agua, ya que se considera variable disparadora no solo del desove sino también de ciclo y maduración de los gametos (Harrison 2011).

En lugares con marcada estacionalidad, como por ejemplo Australia, se han registrado desoves anuales o bianuales (Babcock et al. 1986; Rosser y Baird 2008; Harrison et al. 1984). Esto se explica teniendo en cuenta que en zonas con marcada estacionalidad se presentan cambios drásticos en las condiciones ambientales (sobre todo la temperatura del agua) a lo largo de todo el año, por lo que las condiciones óptimas para el desove de gametos o larvas solo están presentes en determinadas épocas (Guest et al, 2005).

Una de las posibles explicaciones para el alto número de meses en los que desovan la mayoría de corales liberadores estudiados en esta revisión, es entonces la temperatura superficial del agua y la baja fluctuación de la misma a lo largo del periodo anual (Fig. 21). Según los estudios de Glynn la temperatura oceánica de las diferentes zonas del Pacífico Este Tropical registradas en la revisión, se mantienen altas y más bien constantes durante todo el año, las fluctuaciones se dan entre 2 y 3°C (Fig.22) (Glynn et al, 1991). Teniendo en cuenta esto, los corales del Pacífico Este Tropical encuentran una temperatura óptima durante todo el periodo anual por lo que posiblemente desovan varios meses en el año.

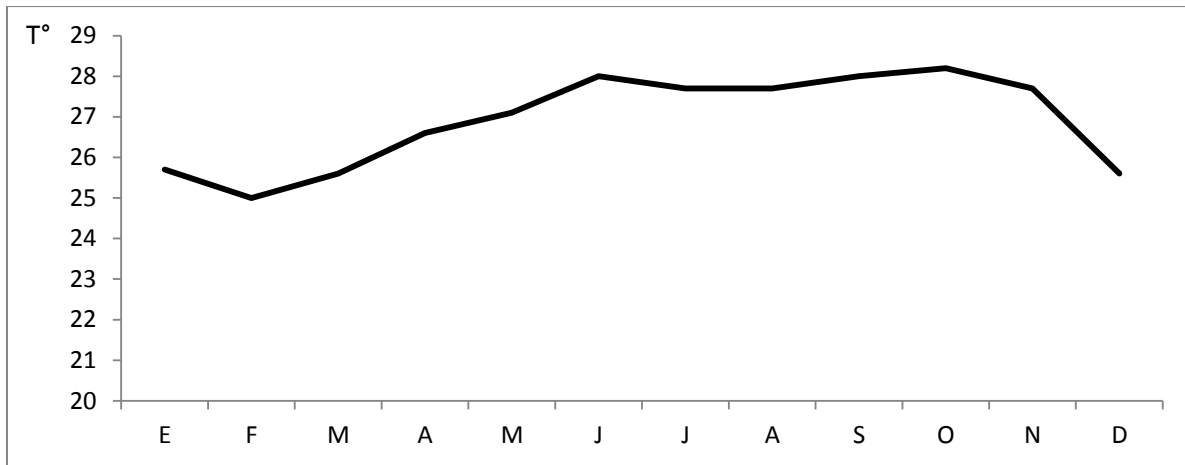


Fig. 21 Temperatura promedio de la superficie del mar para el Pacífico Este Tropical. En base a los datos del CIIFEN por el periodo que comprende desde Diciembre del 2011 hasta Noviembre de 2012.

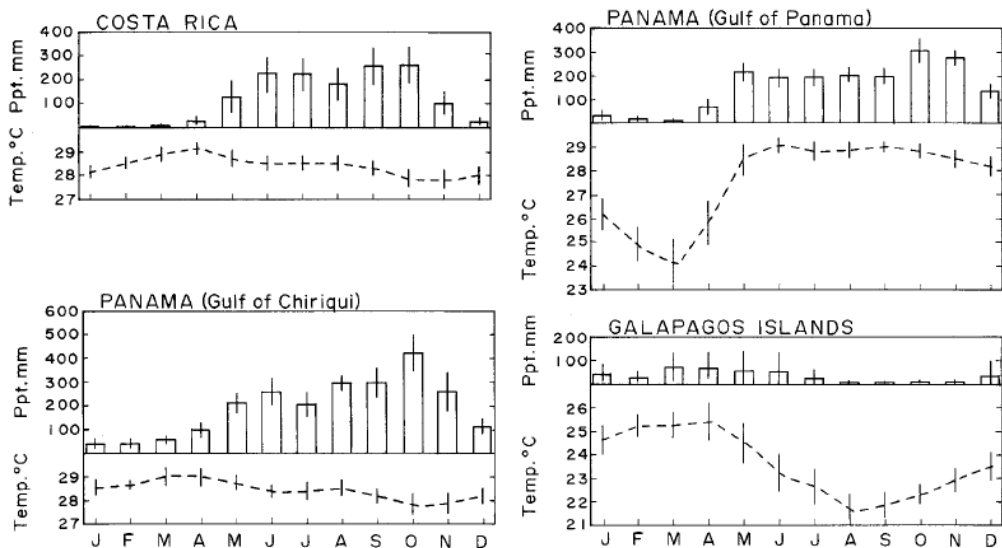


Fig 22 Fluctuación de la temperatura superficial del agua y la precipitación en las principales zonas de estudio registradas en esta investigación (Glynn et al. 1991).

La precipitación, es otra variable ambiental que se puede utilizar para explicar los resultados obtenidos. A lo largo de los últimos años, autores han propuesto que la precipitación puede llegar a ser una variable clave para el desove de los corales (Guest et al 2005, Rosser y Baird 2008) (pero debe ser estudiada más a fondo) ya que se sabe esta reduce la salinidad y el impacto físico sobre los gametos (Rosser y Baird 2008).

Al observar la Fig. 22, es evidente que para las zonas del Pacífico Este Tropical donde fue estudiado el desove de las especies de corales reportadas en esta revisión, la fluctuación anual de la precipitación se comporta de forma parecida, aumentando desde el mes de junio hasta octubre

aproximadamente. Esto sugiere que la época más favorable para que los corales desoven en el PET es la segunda mitad del año, lo que no concuerda con los resultados de esta revisión. Esta información aunque no explica el desove a lo largo de todo el año de los corales del PET es igual relevante ya que los picos de liberación de gametos o plánulas concuerdan con las épocas extremas de precipitación que se presentan a lo largo del periodo anual.

Otra posible explicación para el desove durante varios meses en el año que muestran los corales del PET, es la asincronía que puede presentarse en la gametogénesis (Rosser y Baird 2008; Harrison 2011; Birkeland 1997). La gametogénesis al igual que el desove esta relacionada con algunas variables ambientales dentro de las cuales sobresalen, la insolación y con más fuerza la temperatura superficial del agua (Rosser y Baird 2008; Van woelik et al. 2006). La asincronía en la gametogénesis puede darse a diferentes niveles: en los mesenterios, entre mesenterios, en los pólipos, entre los pólipos de una colonia, entre colonias, entre especies etc (Birkeland 1997). Podría ser entonces que los corales del PET presenten asincronía en cuanto a los ciclos gametogénicos y sea esta otra posible razón por la cual desovan varios meses en el año esta información debe ser confirmada, la gametogénesis de los corales debe ser estudiada a fondo para saber si existe o no una asincronía en la gametogénesis y cuales son sus posibles verdaderas causas.

La sincronía o asincronía, es una característica que también se puede presentar en el momento de la liberación de los gametos o plánulas a la columna de agua. A lo largo de los años se ha estudiado la sincronía en el momento de desove entre algunas especies de corales y se ha indicado que esta sincronía puede darse de dos formas: la primera se conoce como, desove en masa, que es cuando muchas colonias de diferentes especies desovan en el mismo momento (Harrison y Booth 2007; Guest et al. 2005; Harrison 2011).y la segunda desove multiespecífico que es cuando 2 o más especies (Harrison 2011; Willis et al, 1985) muestran una sincronía.

Richmond y Hunter (1990), estudiaron la sincronía en el momento del desove de varias especies de corales en diferentes zonas del mundo e indicaron que esta, al igual que el desove, se encuentra relacionada con variables ambientales que la pueden llegar a controlar como los fotoperiodos, las fases lunares y de nuevo con más peso la temperatura superficial del agua. Estos

autores llegaron a concluir que la sincronía en el desove, ya fuera el desove en masa o el desove multiespecífico, era una característica propia de zonas con marcada estacionalidad puesto que estas presentaban amplias fluctuaciones en las variables ambientales.

Desde este punto de vista y sumando las posibles explicaciones para la liberación de gametos a lo largo de todo el año que presentan las especies de corales del Pacífico Este Tropical, se podría proponer entonces que la comunidad estudiada en el PET presenta una asincronía en el momento del desove.

La asincronía en el momento del desove que podrían presentar los corales del PET, concuerda con la hipótesis planteada por Oliver y colaboradores (1988) y Richmond y Hunter (1990) donde se indica que entre más próximas estén las poblaciones de corales al Ecuador es más probable que se presente una reducción en la sincronía del desove y más aun en el desove en masa.

Por otra parte y como una evidencia controversial de que las poblaciones de corales cercanas al Ecuador tienden a reducir la posibilidad de una sincronía en el desove y que esto se debe a una constante en variables como la temperatura del agua, se ha descubierto a través de varios estudios que en lugares como Singapur, Venezuela y El Golfo de México (ubicados cerca al Ecuador) se presenta sincronía en el desove de algunas especies de corales (Guest et al, 2005). Esto hace pensar, que la temperatura del agua y sus bajas fluctuaciones en el año, no son las únicas variables que pueden explicar porque los corales en el Pacífico Este Tropical desovan a lo largo de todo el año y porque los mismos pueden presentar asincronía en el desove. Esto concuerda con lo planteado por Guest y colaboradores (2005), quienes indicaron que la sincronía del desove no se debe solo a la temperatura sino que posiblemente existen otras variables o causas que deben ser estudiadas a profundidad puesto que los mecanismos o variables causales de los patrones de desove son aun inciertos (Rosser y Baird, 2008; Guest et al, 2005; Harrison 2011; Woesik 2009).

Para entender más a fondo el comportamiento en cuanto al desove que muestran los corales del Pacífico Este Tropical es importante hablar de otras hipótesis que han sido planteadas alrededor del tema de las sincronías (desoves en masas o multiespecíficos) en el desove.

El modo más dominante de reproducción en corales es la liberación de gametos (Harrison 2001; Guest et al, 2005; Harrison et al, 1984; Babcock 1986). Guest explica que los corales para llevar a cabo la reproducción liberan sus gametos a la columna de agua para que se de una fertilización externa. Los corales liberadores pueden ser gonocóricos o hermafroditas (12 y 7 especies de las reportadas en este estudio respectivamente) (Guest et al, 2005) y lo más común reportado hasta el momento es que las colonias maduras desovan anualmente (Babcock 1986) o bianualmente (Stobart et al. 1992), esto como consecuencia de presentar 1 o 2 ciclos reproductivos por año (Harrison 2011).

Los resultados de esta revisión muestran que la mayoría de los corales son liberadores (11 especies de 16) lo que concuerda con el modo de reproducción dominante. Si esto es así, ¿Como se explica que si lo común de los corales liberadores es desovar una o dos veces al año, los corales del Pacifico Este Tropical desoven varias veces (más de dos)?

Se cree que la sincronía en el momento del desove de algunos corales en determinadas épocas del año, responde más a una estrategia para asegurar la supervivencia y crecimiento de sus huevos que a una condición ambiental (Guest et al, 2005; Szmant 1986). El hecho de que comunidades o especies y colonias de corales, desoven todas al tiempo, maximizaría las tasas de fertilización lo que en liberadores no hermafroditas incrementaría la oportunidad de que se unan los gametos en la columna de agua (Guest et al, 2005). Esto puede explicar la sincronía en el desove de varios corales en diferentes zonas, un comportamiento más de estrategia.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede decir que los corales estudiados en esta revisión para el Pacifico Este Tropical no desarrollan esta estrategia de sincronización de desove, sino que posiblemente recurren a una estrategia totalmente diferente. Esta posible estrategia encaja en lo que se conoce como “spreading the risk”, que significa dispersar el riesgo (Denny et al. 2011; Begon et al, 2006). Es decir que las especies no se arriesgan a depositar todo los huevos en un solo lugar o tiempo.

Según lo dicho anteriormente se puede plantear la hipótesis de que las diferentes especies de corales liberadoras del Pacifico Este Tropical (al menos los estudiados en esta revisión) desovan

varios meses al año como un posible respuesta a la estabilidad que presenta una de las variables que hasta la fecha muestra estrecha relación con el desove de gametos o larvas, la temperatura superficial del agua; y por otro lado puede ser el resultado de una asincronía en la gametogénesis o puede significar asincronía en el momento del desove como una estrategia que consiste en desovar varias veces a lo largo del año para que los gametos que se logran fertilizar (así sean pocos) tengan larvas con mayores probabilidades para crecer y desarrollarse, puesto que existiría menos competencia por el espacio de asentamiento.

Existen otras perspectivas desde las cuales se pueden explicar los resultados de la presente revisión. Estas tienen que ver con la taxonomía y el esfuerzo de muestreo de los estudios que se tuvieron en cuenta en este trabajo.

Desde el punto de vista taxonómico, pudo haber errores en el momento de la identificación de especies, como ha ocurrido en algunos estudios y de ahí las diferencias entre el modo de reproducción y el momento de desove esperado. Esto debe ser revisado para descartar o confirmar errores en la identificación de los organismos que pueden cambiar el panorama del momento del desove de los corales del PET.

Por ultimo, es importante tener en cuenta el esfuerzo de muestreo. El porcentaje de confiabilidad estimado para cada uno de los estudios, resulto ser bastante bajo (Glynn et al. 1991; Glynn et al. 1994; Glynn et al. 1996; Glynn et al. 2000; Glynn et al. 2008; Glynn et al. 2011; Glynn et al. 2012; Mate 2003; Chávez y Bonilla 2007; Carpizo et al. 2011; Colley et al. 2000). Los estudios son incompletos, por lo que la información para construir el momento del desove en poca e imprecisa. Esto puede llegar a provocar resultados y explicaciones de resultados erróneos, por lo que se hace necesario completar los estudios de reproducción y momento de desove en los corales del PET, para así confirmar o rechazar lo planteado en este documento.

Otro de los resultados encontrados en esta revisión, es que la comunidad de corales con modo de reproducción incubador, presentaron varios desoves (más de dos) a lo largo de todo el año. Esto concuerda con la teoría existente hasta la fecha que indica que es característica propia de los

corales incubadores desovar más de dos veces en un periodo anual (Harrison 2011; Birkeland 1997).

Cada una de las propuestas planteadas en esta discusión deben ser estudiadas a fondo, para corroborarlas o rechazarlas. Esto se lograría cubriendo los huecos teóricos existentes hasta la fecha y realizando estudios con un alto esfuerzo de muestreo.

### **Implicaciones del resultado**

El modelo de dispersión larval, propuesto por Treml y colaboradores (2011), tiene en cuenta parámetros biológicos dentro de los que se encuentran PLD, asentamiento, pre competencia, tasa de migración mortalidad, zona sensorial y el momento del desove; la importancia relativa de estos parámetros ha ayudado a entender la dispersión larval de organismos y a su vez la conectividad que existe entre poblaciones, aportando a la conservación marina, su planificación y manejo (Treml et al. 2011). Con la presente revisión se deduce que al menos el modelo debe ser corrido o calculado mensualmente, ya que la mayoría de los corales desovan a lo largo de todo el año y de forma asincrónica. Lograr correr el modelo va a permitir conocer la conectividad poblacional existente entre el Pacífico Este Tropical y otras zonas del Pacífico central y sur lo cual es de suma importancia para el tema de la conservación (Treml et al. 2011).

Por otro lado, una de las estrategias desarrolladas por el gobierno nacional es un protocolo de restauración de corales. La restauración coralina es un tema que ha tomado fuerza a lo largo de los años debido al papel tan importante que desempeñan los corales dentro de su ecosistema y más aun porque se ha visto que los métodos propuestos para restaurar han generado respuestas positivas ante los problemas más comunes que afectan a los corales como por ejemplo el blanqueamiento, el impacto humano, la degradación por efectos ambientales entre otros, generando recuperación, rehabilitación y remediación para las especies de corales y por ende para los arrecifes como ecosistema (Edwards y Gómez 2007).

Mediante la reproducción, se emplea como método de restauración la captura de gametos y larvas en el momento del desove, para su posterior desarrollo bajo condiciones controladas de laboratorio (Edwards y Gómez 2007). Se cree que de esta forma se puede reducir la mortalidad a



la que se encuentran expuestos los gametos y asegurar el crecimiento y desarrollo de los huevos y por ende a gran escala el mantenimiento de las poblaciones de corales (Edwards y Gómez 2007). Es así, como conocer entonces la época de reproducción de algunos corales del Pacífico Este Tropical, permite que estos métodos de restauración sean aplicados en esta zona asegurando el éxito de estos y el avance en la conservación.

### **Conclusión**

Las especies y los corales del Pacífico Este Tropical, tanto liberadores como incubadores, liberan gametos o plánulas durante varios meses al año (mínimo 2 máximo 9), presentando dos picos de liberación que van de Febrero a Mayo y de Septiembre a Noviembre. El mes en el que se pueden encontrar más especies de corales desovando es Marzo. Los resultados de registros de liberación de gametos y de colectas con gametos en estadio IV, concuerdan con el hecho que el desove de las especies se da varios meses al año, donde es más confiable aquella que proviene de registros de liberación de gametos o plánulas. Se propone que la mayoría de las especies de los corales, entre liberadores e incubadores presentan más de dos ciclos gametogénicos anuales. El saber la época tentativa de desove para los corales estudiados en esta revisión, permite llenar un vacío de conocimiento, y entre otros ajustar modelos de dispersión larval en el Pacífico Este Tropical y aplicar la información en estrategias de restauración.

### **Recomendaciones**

La época de desove de los corales del Pacífico Este Tropical, es aun un tema poco estudiado y con varios vacíos de conocimiento por cubrir. La poca información que se tiene hasta la fecha proviene de estudios donde el esfuerzo de muestreo es bajo, esto disminuye la confiabilidad de los datos y por ende la certeza de la época real en que desovan los corales. Desde mi punto de vista, cuando se trata de estudios sobre la época de desove o la reproducción de los corales, los muestreos deben ser exhaustivos, ya que para poder establecer la reproducción y el momento del desove, al menos, se deben hacer varios muestreos mensuales a lo largo de un periodo anual o multianual, ya que de esta forma se puede aumentar la confiabilidad de los resultados y tener una época más precisa de desove.

Por otro lado, y aunque en este documento fue de gran ayuda, la información más asertiva, por no decir que la única información asertiva, es la que proviene de registros de liberación de gametos. Para el pacífico este tropical la información de registros reales de desove es muy baja por lo que en este estudio se vio la necesidad de recurrir a información que permitiera estimar la época de desove como lo son los estudios histológicos donde se presentan gametos en estadio IV de maduración. Se recomienda estudiar el desove, preferiblemente mediante registros de liberación de gametos o plánulas, tanto de las especies aquí registradas como de especies de carecen de información para de esta forma tener una información 100% fiable y amplia. Sería interesante también hacer lo mismo con otros grupos taxonómicos de manera que la información en cuanto a reproducción y desove para organismos marinos del Pacífico Este Tropical sea más amplia.

El desove en corales, se encuentra relacionado con variables ambientales y biológicas que hasta la fecha para el PET no han sido estudiadas a fondo. Por el ejemplo el número de ciclos gametogénicos que presenta cada una de las especies se desconoce, esto hace más difícil comprender el comportamiento de desove de los corales o plantear hipótesis alrededor de esta.

Además, también relacionado con los ciclos gametogénicos, para el PET existe un vacío de conocimiento e cuanto al desarrollo sincrónico o asincrónico que pueden presentar los gametos de los corales; contar con esta información también sería útil a modo de entender y completar la información sobre el desove.

Se recomienda trabajar por cubrir los huecos teóricos nombrados anteriormente, pues conocer la reproducción de los corales en su totalidad es su suma importancia para la conservación y mantenimiento poblacional.

Finalmente se agradece cualquier sugerencia, crítica, comentarios o información ausente que permita enriquecer el contenido de esta revisión.

## **Bibliografía**

Alekseev V, Stasio B, Gilbert J. 2007. Diapause in aquatic invertebrates. Monographiae Biologicae, Vol. 84 2007, XX, 258 p. 41

Asoh K, Yoshikawa T. 2002. The role of temperature and embryo development time in the diel timing of spawning in a coral-reef damselfish with high-frequency spawning synchrony. *Environmental Biology of Fishes* 64: 379–392, 2002.

Babcock R, Bull G, Harrison P, Heyward A, Oliver J, Wallace C, Willis B. 1986. Synchronous spawnings of 105 scleractinian coral species on the Great Barrier Reef. *Marine Biology*, 90: 379-394.

Bastidas C, Croquer A, Zubillaga AL, Ramos R, Kortnik V, Weinberger C, Marquez LM. 2005. Coral mass- and split-spawning at a coastal and an offshore Venezuelan reefs, southern Caribbean. *Hydrobiologia* 541:101–106.

Beaver CR, Earle SA, Tunnell JW Jr, Evans EF, de la Cerda AV. 2004. Mass spawning of reef corals within the Veracruz Reef System, Veracruz, Mexico. *Coral Reefs* 23:324.

Begon M, Townsend C, Harper J. 2006. Ecology from individuals to ecosystems. 4<sup>th</sup> Edition. Pag. 206

Birkeland C. 1997. Life and Death of Coral Reefs. University of Guam. Champ & Hall. Pag. 175-196

Buddemeier R, Kleypas J, Aronson R. 2004. Coral reefs Potential Contributions of Climate Change to Stresses on Coral Reef Ecosystems& Global climate change.

Carpizo-Ituarte E, Vizcaíno-Ochoa V, Chi-Barragán G, Tapia-Vazquez O, Cupul-Magana AL, Medina-Rosas P. 2011. Evidence of sexual reproduction in the hermatypic corals *Pocillopora damicornis*, *Porites panamensis*, and *Pavona gigantea* in Banderas Bay, Mexican Pacific. *Cienc Mar* 37:97–112.

Chavez-Romo HE, Reyes-Bonilla H. 2007. Sexual reproduction of the coral *Pocillopora damicornis* in the southern Gulf of California, Mexico. *Cienc Mar* 33:495

Colley S, Feingold J, Peña J, Glynn P. 2000. Reproductive ecology of *Diaseris distorta* (Michelin) (Fungiidae) in the Galápagos Islands, Ecuador. Proceedings 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia 23-27, Vol. 1

Dai C-F, Fan T-Y, Yu J-K . 2000. Reproductive isolation and genetic differentiation of a scleractinian coral *Mycedium elephantotus*. Mar Ecol Prog Ser 201:179–187

Denny M, Daud W, Bilir L, Mach J. 2011. Spreading the risk: Small-scale body temperature variation among intertidal organisms and its implications for species persistence. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 400 175–190.

Edwards, A.J., 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 38 pp.

Fadlallah YH, Pearse JS. 1982. Sexual reproduction in solitary corals: synchronous gametogenesis and broadcast spawning in *Paracyathus stearnsii*. Mar Biol 71:233-239.

Fadlallah YH. 1983. Population dynamics and life history of a solitary coral *Balanophyllia elegans*, from central California. Oecologia 58:200-207.

Fadlallah YH. 1982. Reproductive ecology of the coral *Astrangia lajollaensis* in a kelp forest habitat. Oecologia 55:379-388.

Fadlallah, Y. H. 1983. Sexual reproduction, development and larval biology in scleractinian corals. A review. Coral Reefs 2: 129-150.

Glynn P, Ault J. 2000. A biogeographic analysis and review of the far eastern Pacific coral reef region. Coral Reef 19: 1-23

Glynn P, Colley S, Mate L, Baums I , Feingold J, Corte's J, Guzman H, Afflerbach J, Brandtneris V, Ault J. 2012. Reef coral reproduction in the equatorial eastern Pacific: Costa Rica, Panamá, and the Gala'pagos Islands (Ecuador). VII. Siderastreidae, Psammocora stellata and Psammocora profundacella. Mar Biol.

Glynn PW, Colley SB, Eakin CM, Smith DB, Cortés J, Gassman N J, Guzmán HM, Del Rosario JB, Feingold JS. 1994. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panamá, and Galapagos Islands (Ecuador). II. Poritidae. *Mar Biol* 118: 191-208.

Glynn PW, Colley SB, Gassman NJ, Black K, Cortés J, Maté J. 1996. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panamá and the Galápagos Islands (Ecuador) III Agariciidae (*Pavona gigantean* and *Gardineroseris planulata*). *Mar Biol* 125: 579-601.

Glynn PW, Colley SB, Guzmán HM, Enochs IC, Cortés J, Maté JL, Feingold J. 2012. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panamá, and the Galápagos Islands (Ecuador). VI. Agariciidae, *Pavona clavus*. *Mar Biol* 158:1601–1617.

Glynn PW, Colley SB, Maté JL, Cortés J, Guzmán HM, Bailey RL, Feingold JS, Enochs IC. 2008. Reproductive ecology of the azooxanthellate coral *Tubastraea coccinea* in the equatorial eastern Pacific: part V. Dendrophylliidae. *Mar Biol* 153:529–544.

Glynn PW, Colley SB, Ting JH, Maté JL, Guzmán HM. 2000. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panamá and Galápagos Islands (Ecuador) IV Agariciidae, recruitment and recovery of *Pavona varians* and *Pavona* sp. a. *Mar Biol* 136: 785-805.

Glynn PW, Gassman NJ, Eakin CM, Cortés J, Smith DB, Guzmán HM. 1991. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panamá and Galápagos Islands (Ecuador) I Pocilloporidae. *Mar Biol* 109:355-368.

Guest JR, Baird AH, Goh BPL, Chou LM. 2005. Seasonal reproduction in equatorial coral reefs. *Invert Reprod Dev* 48:207–218.

Hagman DK, Gittings SR, Deslarzes KJP. 1998. Timing, species participation and environmental factors influencing annual mass spawning at the Flower Garden Banks (Northwest Gulf of Mexico). *Gulf Mexico Sci* 16:170–179

Harrison P. 2011. Sexual reproduction of Scleractinian Corals. *Coral Reef: an ecosystem in transition* 59-85.

Harrison PL, Booth DJ. 2007. Coral reefs: naturally dynamic and increasingly disturbed ecosystems. In: Connell SD, Gillanders BM (eds) Marine ecology. Oxford University Press, Melbourne, pp 316–377.

Harrison PL, Babcock RC, Bull GD, Oliver JK, Wallace CC, Willis BL (1984) Mass spawning in tropical reef corals. *Science* 223:1186–1189

Hayashibara T, Shimoike K, Kimura T, Hosaka S, Heyward A, Harrison P, Kudo K, Omori M. 1993. Patterns of coral spawning at Akajima Island, Okinawa. *Jpn Mar Ecol Prog Ser* 101:253–262.

Heyward A, Yamazato K, Yeemin T, Minei M. 1987. Sexual reproduction of corals in Okinawa. *Galaxea* 6:331–343.

Hoegh O, Mumby P, Hooten A, Gomez E. 2007. Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. *Science*. Vol 318 No 5857. 1737-1742.

Jones G, Srinivasan M, Almany G. 2007. Population Connectivity and Conservation of Marine Biodiversity. *Oceanography*. Vol 20, No 3.

Kenyon JC. 2008. *Acropora* (Anthozoa: Scleractinia) reproductive synchrony and spawning phenology in the Northern Line Islands, Central Pacific, as inferred from size classes of developing oocytes. *Pac Sci* 62:569–578.

Mangubhai S, Harrison PL. 2009. Extended breeding seasons and asynchronous spawning among equatorial reef corals in Kenya. *Mar Ecol Prog Ser* 374:305–310.

Mate J. 2003. Ecological, genetic, and morphological differences among three *Pavona* (Cnidaria: Anthozoa) species from the Pacific coast of Panama. *Marine Biology* 142: 427–440

Oliver JK, Babcock RC, Harrison PL, Willis BL. 1988. Geographic extent of mass coral spawning: clues to ultimate causal factors. In: Proceedings of 6th International Coral Reef Symposium, vol 2, Townsville, pp 803–810.

P.F. Sale, H. Van Lavieren, M.C. Ablan Lagman, J. Atema, M. Butler, C. Fauvelot, J.D. Hogan, G.P. Jones, K.C. Lindeman, C.B. Paris, R. Steneck y H.L. Stewart. 2010. Conservando la Conectividad de los Arrecifes: Guía Para los Administradores de las Áreas Marinas Protegidas. Grupo de Trabajo de Conectividad, Programa de Investigación Dirigido a los Arrecifes de Coral y a la Creación de Capacidades para la Gestión, UNU-INWEH.

Paz D, Reyes H, Gonzalez A, Sanchez I. 2007. Larval release from *Tubastraea coccinea* in the Gulf of California, Mexico. *Coral reef*.26:433.

Penland L, Kloulechad J, Idip D, van Woesik R. 2004. Coral spawning in the western Pacific Ocean is related to solar insolation: evidence of multiple spawning events in Palau. *Coral Reefs* 23:133–140

Penland L, Kloulechad J, Idip D, van Woesik R. 2004. Coral spawning in the western Pacific Ocean is related to solar insolation: evidence of multiple spawning events in Palau. *Coral Reefs* 23:133–140.

Richmond RH, Hunter C. 1990. Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the caribbean, the Tropical Pacific, and the Red Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 60: 185-203.

Rodriguez A, Carpizo E, Leyte G, Barragan G, Vazquez O. 2011. Sexual reproduction of three coral species from the Mexican South Pacific. *Mar Biol* 158:2673-2683.

Rosser NL, Baird AH (2008) Multi-specific coral spawning in spring and autumn in far north-western Australia. In: *Proceedings of the 11th international coral reef symposium*, vol 1, Ft Lauderdale, pp 366–370

Stobart B, Babcock RC, Willis BL. 1992. Biannual spawning of three species of scleractinian coral from the Great Barrier Reef. In: *Proceedings of the 7th international coral reef symposium*, vol 1, Guam, pp 494–499.

Szmant AM (1986) Reproductive ecology of Caribbean reef corals. *Coral Reefs* 5:43–54

Treml E, Riginos C, Possingham H. 2011. Marine Dispersal Potencial. *ACRS*.

Wilkinson, C. 2008. Status of coral reefs of the world: Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia, 296 p.

Willis BL, Babcock RC, Harrison PL, Oliver JK, Wallace CC. 1985. Patterns in the mass spawning of corals on the Great Barrier Reef from 1981 to 1984. In: Proceedings of the 5th international coral reef congress, vol 4, Tahiti, 1985, pp 343–348.

Woesik R. 2009. Calm before the spawn: global coral spawning patterns are explained by regional wind fields. *Proc. R. Soc. B* 277, 715-722.