

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Abundancia y preferencia de hábitat de Damiselas (Pomacentridae) en la isla
San Cristóbal, Galápagos.**

Pablo A. Andrade C.

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Licenciatura en Ecología

Marina

Quito, Mayo de 2012

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

HOJA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO FINAL

**Abundancia y preferencia de hábitat de Damiselas (Pomacentridae) en la isla
San Cristóbal, Galápagos.**

Pablo Alberto Andrade Cruz

Luis Vinueza, PhD.
Director de Tesis y Miembro del Comité de Tesis

.....

Judith Denkinger, PhD.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Carlos Mena. PhD.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Stella de la Torre, PhD.
Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

.....

Quito, Mayo de 2012

© Derechos de Autor

Pablo Alberto Andrade Cruz

2012

AGRADECIMIENTOS

De manera especial quiero agradecer a Leandro Vaca por permitirme utilizar la información recolectada y todo el apoyo durante el trabajo de campo. A Luis Vinueza por todos sus comentarios y revisiones al trabajo. Al Parque Nacional Galápagos por el apoyo humano y logístico durante las salidas de campo. A Judith Denkinger, Juan Carlos Murillo y Carlos Mena por toda la ayuda a lo largo de mi estadía en Galápagos. Al igual que GAIAS y Dive and Surf Shop por toda la colaboración prestada. Finalmente, a mis padres y hermanos por todo el apoyo que me han dado a lo largo de mi carrera.

Resumen

Se cuantificó la abundancia de pomacentridos en seis sitios alrededor de la Isla San Cristóbal. Los datos se obtuvieron por transectos lineales submarinos de 50 m de longitud y 2 m ancho. Los muestreos se efectuaron durante dos estaciones climáticas (fría-seca y caliente-lluviosa) y se obtuvo una muestra de 185 transectos durante las dos estaciones. Dentro de los seis sitios muestreados se identificaron tres tipos de hábitats: hábitats de roca contiguos a manglares, hábitats dominados por arrecifes rocosos y hábitats de roca intercalados con parches de coral. Se estudio en total 5 especies de pomacentridos: *Stegastes arcifrons*, *Stegastes beebei*, *Abudefduf troschelii*, *Microspathodon dorsalis* y *Microspathodon bairdii*. *S. arcifrons* mostró una preferencia de hacia los manglares, mientras *S. beebei* por arrecifes rocosos y parches coralinos. *A. troschelii* hacia hábitats de manglar. *M. dorsalis* mostro preferencias a arrecifes rocosos y *M. bairdii* no mostró preferencias.

Abstract

Abundance of Pomacentrids was quantified at six sites around San Cristobal Island. The data were obtained by underwater transects 50 m long and 2 m width. Sampling was conducted during two seasons (cold-dry and warm-rainy) and obtained a sample of 185 transects during two seasons in 2010. Within six sampling sites identified three habitat types: rocky habitats adjacent to mangroves, rocky reefs, and habitats of rocky reefs interspersed with patches of coral. In total we analyze 5 species of Pomacentrids: *Stegastes arcifrons*, *Stegastes beebei*, *Abudefduf troschelii*, *Microspathodon dorsalis*, *Microspathodon bairdi*. *S. arcifrons* showed a preference towards the mangrove habitat. *S. beebei* showed preference for rocky habitats and coral reefs. *A. troschelii* to mangrove habitats. *M. dorsalis* showed preferences for rocky ecosystems and *M. bairdi* showed no preference.

Tabla de contenidos

	Página
Agradecimientos	i
Resumen	ii
Abstract	iii
Introducción	2
Área de estudio	5
Metodología	7
Resultados	9
Discusión	11
Conclusiones	13
Bibliografía	14
Anexos	17

Introducción

Complejidad de hábitat

La complejidad del hábitat es un factor importante que puede afectar la riqueza de especies y la selección de hábitat por parte de los organismos (Vladimir E. et al. 2005). Estudios sugieren que hábitats más complejos o heterogéneos pueden albergar un mayor número de especies al incrementar el número de nichos o recursos que son importantes para la supervivencia de las especies (Vladimir E. et al. 2005; Clemente y Hernández 2008). Por ejemplo, los gradientes en el entorno físico puede producir variabilidad en la abundancia y distribución de las poblaciones simplemente como una consecuencia de la disponibilidad de espacio o de las diferentes tolerancias fisiológicas de las especies para adaptarse a dicho hábitat (Ogden 1976, obtenido de Clemente y Hernández 2008). En este contexto, estudiar la distribución y abundancia de organismos es importante para determinar qué factores influyen en la preferencia de hábitat y como se interconectan estos diferentes hábitats durante sus ciclos de vida. Algunos organismos con comportamiento territorial, como las damiselas, de la familia Pomacentridae, constituyen un grupo ideal para estos estudios, por la alta fidelidad que algunas especies de esta familia presentan.

Damiselas

La familia Pomacentridae está conformada por peces circumtropicales cuyo comportamiento territorial y hábitos alimenticios son de suma importancia en la estructuración de las comunidades bentónicas al incrementar la diversidad local (Barneche, et al. 2009; Irving A, 2009; Ferreira et al. 1998). Son un componente importante en términos de abundancia y distribución debido a que son herbívoros dominantes en las comunidades marinas principalmente de arrecife (Barneche, et al. 2009).

Las damiselas gracias a su comportamiento y su abundancia, juegan un papel importante en la diversificación de algas, zonificación de coral, y la estructuración de comunidades bentónicas a través de la creación de sus territorios (Ceccarelli D.M. 2007; Irving, A. 2009). Éstas al restringir el acceso a sus territorios, facilitan la producción de algas filamentosas en ambas direcciones, por su activo cultivo de especies selectivas e indirectamente por su comportamiento (Irving, A. 2009. F; Ferreira et al. 1998). Sus territorios son altamente productivos y tienen una mayor biomasa y diversidad de algas que las áreas contiguas a sus territorios (Hixon y Brostoff 1983; Klump et al. 1987; Ferreira et al. 1998; Holbrook et al. 2000), particularmente durante la estación caliente, donde sus territorios mantienen cobertura de algas comestibles en comparación con áreas contiguas dominadas por algas incrustantes y por rocas desprovistas de algas debido al sobre pastoreo por parte de erizos de mar y otros herbívoros (Irving 2009). La magnitud de la influencia sobre la comunidad, dependerá de la densidad, tamaño, territorios y comportamientos alimenticios (Hixon y Webster 2002 en Barneche, et al. 2009). Estos factores están interrelacionados por ciertos parámetros ambientales tales como la temperatura y la disponibilidad de nutrientes (Bernache, 2009; Ferreira et al. 1998).

En las islas Galápagos, las damiselas son un grupo importante que influye en la diversidad local de las zonas submareales someras (Irving y Witman 2009). Con un registro de 12 especies dentro del archipiélago (Grove 1997)

Galápagos

El Archipiélago de Galápagos está ubicado en el océano Pacífico oriental a unos 1000 km al oeste del Ecuador continental, está localizado entre las coordenadas 01°40'N y 01°25'S latitud, 89°15'E y 92°00'E longitud. Las islas se encuentran situadas entre el flujo de tres importantes

corrientes oceánicas que se manifiestan en diferente intensidad según la época del año (Banks 2002).

La corriente Sur Ecuatorial formada por el aporte de aguas tropicales y subtropicales genera un movimiento de aguas hacia el oeste, con cambios en su intensidad a lo largo del año. La corriente fría de Humboldt predomina durante la estación fría-seca. La corriente cálida de Panamá proviene del noreste y es una extensión de la Contra Corriente Ecuatorial proveniente del Pacífico (Bustamante et al. 2008; Banks 2002). Además, al lado occidental del archipiélago afloran aguas oceánicas profundas provenientes del oeste por la sub-corriente de Cromwell (Banks 2002).

A pesar de su ubicación ecuatorial, las islas poseen condiciones tanto tropicales como temperadas, que dan como consecuencia dos estaciones marcadas. La estación fría-seca que va desde Junio a Noviembre donde la temperatura del mar fluctúa entre los 16°C hasta los 24°C y la estación caliente-húmeda desde Diciembre hasta Abril donde la temperatura va desde los 24°C hasta los 27°C (Molina et al. 2004). Ambas estaciones son reflejadas en diferentes variables ambientales marcadas a lo largo del año (Bustamante et al. 2008).

Galápagos al ser un sistema altamente dinámico, influenciado por cambios estacionales, anuales y por perturbaciones ambientales de gran escala que se manifiestan cada 2 a 7 años, como la Oscilación del Niño del Sur (ENSO), dan como resultado variaciones estacionales en la temperatura y concentración de nutrientes que pueden provocar cambios dramáticos en la composición y abundancia de algas marinas (Vinuela et al 2006).

Debido al sistema de corrientes y a las variaciones estacionales, las comunidades de la zona submareal varían continuamente en composición de especies a lo largo del Archipiélago. Donde se distinguen tres principales zonas biogeográficas: 1. El área localizada al Norte con las islas

Darwin y Wolf, 2. El área centro-sureste, y 3. El área oeste que incluyen Isabela y Fernandina, con dos subdivisiones dentro de la zona norte y oeste (Edgar et al. 2004). El presente estudio fue llevado a cabo en la Isla San Cristóbal, que se ubica en la bioregión de mayor tamaño, centro-sureste que contiene especies de diferente procedencia, particularmente de origen panámico (Edgar et al. 2004).

El 95% de los hábitats submareales a lo largo de la línea costera de Galápagos representan arrecifes rocosos de lava (Edgar et al. 2004). Estos arrecifes se encuentran intercalados con otros hábitats como fondos arenosos, corales, y manglares (Bustamante et al, 2008).

Objetivos

Para el presente estudio se analizó un sub set de datos, parte de un estudio más grande liderado por el biólogo Leandro Vaca (2010) en colaboración con el Parque Nacional Galápagos (PNG). El objetivo general de este estudio fue determinar los patrones de abundancia de damiselas dentro de tres tipos de hábitats en la isla San Cristóbal. Planteando la hipótesis que van a existir variaciones en la abundancia de las distintas especies que será afectada por la complejidad estructural del hábitat y la estacionalidad.

Área de estudio

La isla San Cristóbal está ubicada al Sureste del Archipiélago ($0^{\circ}47'58.02''S$. $89^{\circ}23'55.15''O$), se extiende alrededor de 558 km^2 y presenta a lo largo de sus zonas submareales gran cobertura de fondos rocoso. En el año 2010 se efectuaron censos visuales periódicamente para estimar la abundancia de damiselas en 6 sitios de la isla San Cristóbal (Figura 1), donde se muestrearon dos sitios con fondos rocosos, dos sitios de manglar y dos sitios de fondos coralinos. Los fondos de coral se restringen a la presencia de pequeños parches, y el manglar se asienta sobre arrecifes

rocosos protegidos, donde se asienta el sedimento. A continuación detallo una descripción general de los sitios muestreados:

Rocoso

Negritas, situado en la cara sur de la isla hacia el lado oeste ($0^{\circ}56'29.74''S$ y $89^{\circ}35'07.84''O$). Es un sitio que se caracteriza por no tener playa, sus costas están formadas de roca de lava con elevaciones rocosas pronunciadas, está conformada principalmente de un fondo rocoso donde la superficie del fondo es muy irregular (Vaca 2010).

Isla Lobos, ubicado en cara norte de la isla hacia el oeste ($0^{\circ}51'34.07''S$ y $89^{\circ}33'42.69''O$). Es un islote con sustrato de rocas volcánicas. La parte interna que converge con la isla es en gran proporción de fondo arenoso, mientras que la parte de la orilla tiene una pequeña zona con fondo rocoso (Vaca 2010). Los muestreos se realizaron en la parte externa, que está conformada por una gran área de fondo rocoso.

Manglar

Caleta Tortuga, localizado en la cara norte de la isla hacia el lado nororiental ($0^{\circ}42'28.12''S$ y $89^{\circ}24'28.39''O$). Es una ensenada semi-cerrada, rodeada de manglar, en su mayoría mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Tiene una profundidad máxima de 2.20 m y el fondo es arenoso-rocoso. Es un área de refugio para muchas especies, especialmente en etapas juveniles (Llerena 2009 y Vaca 2010).

Rosa Blanca, este sitio está ubicado en el lado noreste de la isla ($0^{\circ}48'29.50''S$ y $89^{\circ}20'32.00''O$). Aquí se realizaron censos en dos sitios apartados. El primero se realizó dentro de la bahía que se caracteriza por la poca profundidad, siendo de 2 a 2,5 metros, su fondo es en gran parte arenoso con rocas. Su alrededor está cubierto de árboles de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y remanentes de mangle negro (*Avicennia germinans*) (Llerena 2009).

Coral

Rosa Blanca, se ubica en la parte externa de la bahía, tiene una profundidad que va de 8 a 12 metros, está conformado principalmente de fondos rocosos acompañadas de comunidades coralinas, dominados por los géneros *Pavona* y *Pocillopora*.. Los peces de arrecife muestran una alta diversidad, comparada con los fondos rocosos y los de manglar (Vaca 2010).

Punta Pitt, se localiza en la parte norte de la isla ($0^{\circ}41'58.99''S$ y $89^{\circ}14'42.24''O$). Esta bahía está compuesta por arrecifes submareales rocosos, fondos de arena y paredes verticales, su extensa pared se encuentra sumergida con numerosas colonias de coral de diferentes especies, entre ellas los géneros *Pavona* y *Pocillopora* y tiene una profundidad de 8m (Vinueza 2011).

Metodología

Se cuantificó la riqueza y diversidad de peces en seis sitios alrededor de la Isla San Cristóbal. Los censos se efectuaron en tres hábitats distintos, hábitats de roca contiguos a manglares, hábitats dominados por arrecifes rocosos y hábitats de roca intercalados con parches de coral.

Los muestreos se efectuaron entre el 31 de enero y el 2 de noviembre del 2010, la información fue obtenida en seis sitios separados (Figura 1), de esta forma se obtuvieron estimaciones de la abundancia relativa a distintas escalas espaciales y temporales. Dentro de los seis sitios muestreados se identificaron los tres tipos de hábitats mencionados. En sitios como los manglares se realizaron los censos por buceo libre ya que sus profundidades así lo permitían, mientras que en ambientes rocosos y parches coralinos se realizaron mediante buceo SCUBA. Las salidas se efectuaron durante la mañana, con profundidades entre 0,5 a 14 m. En total, se realizaron 25 salidas obteniendo una muestra de 185 transectos.

Los datos se obtuvieron por transectos lineales submarinos de 50 m de longitud, con una línea imaginaria de 1 m a cada lado de la línea del transecto. Una vez trazada la línea del transecto dos buzos nadaron despacio a lo largo de 50 m registrando la abundancia de las diferentes especies de peces observados, cada buzo tomando 1 metro imaginario a cada lado de la línea del transecto. Así cada transecto tenía un área 100m^2 .

Además se tomaron datos de temperatura y profundidad del lugar mediante una computadora de buceo.

Análisis de los datos

El análisis para la abundancia de damiselas se lo realizó convirtiendo los valores totales a lo largo de cada transecto al $\log_{10}(x+1)$, esta transformación es útil para homogenizar la varianza y una distribución normal en los datos.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías. Donde los dos factores independientes son la estación y el tipo de hábitat, y el total de individuos como la variable dependiente. Los análisis y gráficos fueron realizados con el programa estadístico STATISTICA 8.

Además se realizó una prueba de ANOSIM y SIMPER de una vía para sondear las diferencias y similitudes de las comunidades en los diferentes tipos de hábitats. Se proyectaron los datos en un análisis multidimensional no métrico o MDS para representar la similitud en las comunidades entre ecosistemas, sitios y estaciones. Por último, por medio de la técnica de Bray Curtis, se representaron las comunidades para cada muestra entre hábitat y sitio en un dendograma, uniendo las muestras en grupos sobre la base de una definición de similitud entre cada grupo. Estos análisis se ejecutaron por medio del programa Primer 5.2.6.

Resultados

Condiciones oceanográficas

Durante el presente estudio, el sistema océano – atmosférico del Pacífico ecuatorial registró anomalías con respecto a la temperatura superficial del mar (TSM). Donde durante los primeros meses hasta el mes de abril se registraron anomalías positivas en cuanto al TSM, caracterizándolo con un evento del Niño de carácter moderado (Centro de predicciones climáticas de NOAA y Comité Nacional del EFREN) (Figura 5). Recuperando así la condición de neutralidad durante el mes de mayo. Luego de un corto periodo de transición, se presentó una fase fría hacia julio de 2010, dando inicio a un fuerte fenómeno de La Niña (Figura 6), la cual se intensifica hacia finales del mismo año (Centro de predicciones climáticas de NOAA y Comité Nacional del EFREN). Esta información coincide con los datos de temperatura obtenidos durante los muestreos, donde la estación caliente-lluviosa presentó temperaturas de 25 a 30,5 °C desde el 31 de enero hasta el 21 de mayo, y luego la estación fría-seca mostró valores de 16,6 a 25 °C durante los meses restantes. Estos valores fueron inusualmente bajos con respecto al registro del índice multivariado de ENSO, el más frío de los últimos 35 años.

Abundancia de damiselas

Se registraron un total de 8193 individuos de damiselas en los seis sitios muestreados de la isla San Cristóbal (Tabla 1). De los cuales las más representativas fueron *S. arcifrons*, *S. beebei* y *A. troschellii* estas especies fueron encontradas distribuidas en los tres tipos de hábitats, sin embargo mostraron patrones de preferencia por determinado hábitat y estacionalidad en algunos casos (Tabla 2).

La abundancia de *S. arcifrons* mostró una preferencia hacia los manglares ($P < 0,001$) sin mostrar cambios estacionales por esta preferencia ($P = 0,878$) (Tabla 2 y Figura 2a). *S. beebei* prefirió los

parches de coral y los arrecifes rocosos ($P < 0,001$) sin mostrar cambios estacionales ($P = 0,503$) (Tabla 2 y Figura 2b). *A. troschellii* fue más abundante en los manglares ($P < 0,001$), con un incremento hacia este hábitat durante la época fría ($P = 0,039$) (Tabla 2 y Figura 2c). *M. dorsalis* prefirió hábitats rocosos ($P < 0,001$), con un mayor número ($P = 0,010$), durante la época caliente-lluviosa (Tabla 2 y Figura 2d). Mientras que para *M. bairdii* no se observaron significancias por preferencia de hábitat ($P = 0,179$), ni por estacionalidad ($P = 0,181$) (Tabla 2 y Figura 2e).

Similitud de la estructura comunitaria

Los resultados de SIMPER nos muestran claramente diferencias presentadas entre los manglares, y los hábitats de coral y rocoso, siendo los manglares más diferentes en cuanto a la composición de damiselas que los otros dos hábitats estudiados (Tabla 3). Mientras que los parches de coral y los arrecifes rocosos fueron muy similares entre sí en cuanto a la composición de especies (Tabla 4).

Los ecosistemas rocosos mostraron una similitud de 68,48 %, y su especie más representativa fue *S. beebei* con un promedio de abundancia de 37,92 ind/100m², esta especie contribuyó con una similitud del 88,54%. Los manglares exhibieron una similitud de 74,38%, siendo sus especies más representativas *S. arcifrons* y *A. Troschellii*.

El mapa MDS al igual que el Cluster (Fig 3 y 4) muestra las similitudes entre los ecosistemas de manglar. Además las comunidades de Punta Pitt no variaron en cuanto a la composición de la comunidad por estacionalidad. También podemos encontrar similitudes entre algunos ecosistemas rocosos y coralinos.

Discusión

El presente estudio describe las preferencias de hábitats y los cambios estacionales que ocurren en algunas especies de pomacentridos en la Isla San Cristóbal. Estudios realizados en esta familia sugieren que la disponibilidad de hábitats apropiados es el principal factor determinante de la densidad de población (Precht et al. 2010; Holbrook et al. 2000). Los manglares, parches coralinos intercalados con arrecifes rocosos y los arrecifes rocosos proveen diferentes factores que pueden ser usados por estas especies para seleccionar un determinado hábitat. Por ejemplo, los manglares, además de proveer un refugio estructural más complejo que los parches de coral, también son hábitats someros con temperaturas más estables y con cambios menos dramáticos entre estaciones, mientras que los parches de coral intercalados con arrecifes rocosos proveen de un hábitat más complejo que los arrecifes rocosos solamente. Por último, los arrecifes rocosos, por lo general suelen ser más ricos en algas marinas, el principal alimento de las damiselas. A continuación analizo las preferencias de hábitat que presentó cada especie y discuto estas preferencias en base a las características que cada uno de estos hábitats provee.

S. arcifrons mostró visiblemente una preferencia a los hábitat de manglar (Figura 2a) con un promedio de 43,22 individuos/100m² (Tabla 3) seguido por *A. troschellii* que incrementó sus números durante la estación fría-seca. Ambas especies prefieren aguas poco profundas (Groove 1997), lo que sugiere que su selección de hábitat podría estar sesgado por la diferencias en profundidades entre los hábitats de manglar (1 a 3 m de profundiad) con los hábitats rocosos y coralinos (4 a 14 m profundidad). Así mismo, *A. troschellii* es una especie estenotérmica de aguas cálidas. Se conoce que algunas especies migran con el gradiente de temperatura a fin de mantener una temperatura constante en el cuerpo (Williams y Nichols 2009), por lo tanto, esto pudo haber influido en la selección de esta especie ya que en los manglares la temperatura no

desciende en una misma proporción como en hábitats rocosos o coralinos, debido a que en el manglar existe una menor profundidad y una menor circulación de las aguas.

S. beebei prefirió hábitats rocosos y coralinos (Figura 2b), con un promedio de 37,92 individuos/100m² en hábitats rocosos (Tabla 3), esto puede estar dado por su preferencia hacia hábitats con aguas más turbulentas, más productivas y de mayor profundidad (Groove 1997). Ambas especies del género *Microspathodon* fueron las menos abundantes durante el estudio (Tabla 1) y prefirieron hábitats rocosos (Figura 2d y 2e), se ha descrito que ambas especies son poco abundantes, encontrándose en su mayoría en zonas con fuerte oleaje y corrientes (Groove 1997). *M. dorsalis* ha sido observada con su coloración reproductiva en el mes de febrero (estación caliente-lluviosa) (Groove 1997), lo que podría implicar que gracias a su comportamiento agresivo durante esta época se mostraron con mayor frecuencia en este tipo de hábitat (Figura 2d).

En los ecosistemas de manglar las especies *S. arcifrons*, *A. troschellii* fueron más abundantes y repercutieron en la desigualdad entre este hábitat con los otros dos. Es por esto que las comunidades de manglar están más agrupadas debido a que tienen mayor semejanza en cuanto a la composición de especies. Además el hábitat de manglar tuvo un mayor número de individuos (Tabla 1). No obstante el hábitat rocoso fue el más diverso, observándose las 5 especies en estudio.

Es probable que las interacciones agresivas, una forma de competencia por interferencia que es tan típica de estas especies sean responsables de la evolución de las preferencias de hábitat (Ebersole 1985).

Por último, este estudio provee una base para poder estudiar y conservar a las especies de damiselas que son agentes muy importantes en la estructuración de las comunidades bentónicas.

Irving y Witman (2009) sugiere que los territorios de las damiselas incrementan la diversidad local. Estos parches creados por las damiselas pueden ser un refugio importante para muchas especies de algas que sufren reducciones dramáticas durante períodos calientes y extremos como los Niños 1982-1983 (Glynn 1988) y 1997-1998 (Vinueza et al 2006). Su impacto por lo tanto puede ser más importante en estas épocas.

Conclusión

El presente estudio sugiere que algunas especies de damiselas muestran preferencias específicas por determinados hábitats, más aún, algunas especies también cambian su distribución en respuesta a transiciones de temperatura que se dan entre las estaciones caliente-lluviosa y fría-seca. Las preferencias de hábitat y los cambios que ocurrieron durante las estaciones pueden deberse a requerimientos específicos de cada una de las especies que pueden estar basados en la disponibilidad de alimento, en las condiciones ambientales imperantes o en otros factores que ameritan una investigación mucho más amplia.

Bibliografía

- Banks S. 2002. Ambiente Físico. En: Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad (Danulat E & GJ Edgar, eds.). pp. 22-37.
- Barneche DR, Floeter SR, Ceccarelli DM, Frensel DMB, Dinslaken DF, Mário HFS, Ferreira CEL. 2009. Feeding macroecology of territorial damselfishes (Perciformes: Pomacentridae). *Mar Biol* 156:289-299.
- Bustamante RH, Okey TA, Banks S. 2008. Biodiversity and Food-Web Structure of a Galápagos Shallow Rocky-Reef Ecosystem. In: *Food Webs and the Dynamics of Marine Reefs*. pp. 135-161.
- Ceccarelli DM. 2007. Modification of benthic communities by territorial damselfish: a multi-species comparison. *Coral Reefs* 26:853-866.
- Centro de predicciones climáticas de la NOAA. El Niño Oscilación Sur (ENSO) Archivos de discusión diagnóstica.
http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/expert_assessment/ENSO_DD_archive.shtml
- Clemente S, Hernández JC. 2008. Influence of wave exposure and habitat complexity in determining spatial variation of the sea urchin *Diadema* aff. *antillarum* (Echinoidea: Diadematidae) populations and macroalgal cover (Canary Islands - Eastern Atlantic Ocean). *Revista de Biología Tropical* 56:229-254.
- Comité Nacional para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño (EFREN). Boletín Mensual <http://inocar.mil.ec/links.php?C=1&S=4&idC=1>
- Danulat E & GJ Edgar. 2002. Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad. Fundación Charles Darwin/Servicio Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador. pp 22.
- Ebersole JP. 1985. Niche Separation of Two Damselfish Species by Aggression and Differential Microhabitat Utilization. *Ecological Society of America* 66:14-20.

- Edgar GJ, Banks S, Fariña JM, Calvopiña M, Martínez C. 2004. Regional biogeography of shallow reef fish and macro-invertebrate communities in the Galapagos archipelago. *Journal of Biogeography* 31:1107-1124.
- Ferreira CE, Goncalves JE, Coutinho R, Peret AC. 1998. Herbivory by the Dusky Damselfish *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830) in a tropical rocky shore: effects on the benthic community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 229:241-264.
- Glynn P. 1988. El Nino-Southern Oscillation 1982-1983: Nearshore Population, Community, and Ecosystem Responses. *Annual Review of Ecology and Systematics* Vol. 19: 309-346
- Grove SJ, Lavenberg RJ. 1997. The Fishes of the Galápagos Islands. Standfort University Press, Standfort. pp 468-484.
- Hixon MA, Brostoff WN. 1983. Damselfish as keystone species in reverse: intermediate disturbance and diversity of reef algae. *Science* 220:511–513.
- Holbrook SJ, Forrester GE, Schmitt RJ. 2000. Spatial Patterns in Abundance of a Damselfish Reflect Availability of Suitable Habitat. *Oecologia* 122:109-120.
- Irving A, Witman JD. 2009. Positive effects of damselfish override negative effects of urchins to prevent an algal habitat switch. *Journal of Ecology* 97:337-347.
- Klumpp DW, Mckinnon D, Daniel P. 1987. Damselfish territories: zone of high productivity on coral reefs. *Marine Ecology Progress Series* 40:41-51.
- Kostylev VE, Erlandsson J, Ming MY, Williams GA. 2005. The relative importance of habitat complexity and surface area in assessing biodiversity: Fractal application on rocky shores. *ELSEVIER*. 2:272–286.
- Llerena Y. 2009. Identificación de Tiburones juveniles y caracterización de sus hábitats en las zonas costeras de pesca de la isla San Cristóbal-Reserva Marina de Galápagos.
- Molina L, Danulat E, Oviedo M, González JA. 2004. Guía de especies de interés pesquero en la Reserva Marina de Galápagos.

- Precht WF, Aronson RB, Moody RM, Kaufman L. 2010. Changing patterns of microhabitat utilization by the threespot damselfish, *Stegastes planifrons*, on Caribbean reefs. *PloS one* [Internet] 5:e10835.
- Vaca L. 2010. Diversidad de Osteichthyes y Condriichthyes en tres ecosistemas marinos: manglar, arrecife coralino y rocoso de la zona submareal de la Isla San Cristóbal.
- Vinueza G. 2011. Estado de salud de comunidades de Coral en Punta Pitt y Bahía Rosa Blanca, Islas Galápagos.
- Vinueza LR, Branch GM, Branch ML, Bustamante RH. 2006. Top-Down Herbivory and Bottom-Up El Niño Effects on Galápagos Rocky-Shore Communities. *Ecological Society of America* 76:111-131.
- Williams RG, Nichols CR. 2009. *Encyclopedia of Marine Science*. pp 507-508

Anexos

Tablas

Tabla 1. Número total de individuos por especies n=185 transectos. *S. arcifrons*= 3715, *S. beebei*= 3593, *A. troschelii*= 811, *M. dorsalis*= 38 y *M. bairdii*= 36

Especies	Hábitat	Caliente-Lluviosa	Fría- Seca	Total
<i>S. arcifrons</i>	Coral	76	144	220
	Manglar	1617	1530	3147
	Rocoso	205	143	348
<i>S. beebei</i>	Coral	671	650	1321
	Manglar	92	0	92
	Rocoso	807	1373	2180
<i>A. troschelii</i>	Coral	64	75	139
	Manglar	111	499	610
	Rocoso	40	22	62
<i>M. dorsalis</i>	Coral	2	1	3
	Manglar	1	0	1
	Rocoso	31	3	34
<i>M. bairdii</i>	Coral	0	0	0
	Manglar	0	0	0
	Rocoso	36	0	36

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para determinar la abundancia (transformado a log 10 base 1) entre las estaciones y el hábitat.

S. arcifrons

	SS	Df	MS	F	P
Estación	0,0060	1	0,0060	0,0234	0,878481
Hábitat	50,1690	2	25,0845	97,9951	0,000000
Estación*Hábitat	0,1029	2	0,0514	0,2009	0,818152
Error	45,8199	179	0,2560		

S. beebei

	SS	Df	MS	F	P
Estación	0,0772	1	0,0772	0,4502	0,503093
Hábitat	61,8198	2	30,9099	180,3283	0,000000
Estación*Hábitat	0,9191	2	0,4595	2,6810	0,071246
Error	30,6822	179	0,1714		

A. trsochelii

	SS	Df	MS	F	P
Estación	0,73195	1	0,73195	4,3095	0,039329
Hábitat	10,55115	2	5,27557	31,0611	0,000000
Estación*Hábitat	3,57594	2	1,78797	10,5271	0,000048
Error	30,40222	179	0,16984		

M. dorsalis

	SS	Df	MS	F	P
Estación	0,124238	1	0,124238	6,70200	0,010422
Hábitat	0,360717	2	0,180359	9,72945	0,000097
Estación*Hábitat	0,166220	2	0,083110	4,48336	0,012592
Error	3,318195	179	0,018537		

M. bairdi

	SS	Df	MS	F	P
Estación	0,024343	1	0,024343	1,802977	0,181053
Hábitat	0,046934	2	0,023467	1,738088	0,178811
Estación*Hábitat	0,046934	2	0,023467	1,738088	0,178811
Error	2,416808	179	0,013502		

Tabla 3. Análisis de semejanzas (SIMPER) para clasificar a las especies más representativas que contribuyeron a las semejanzas en cada tipo de hábitat.

Rocoso					
Promedio similitud: 68.48					
Especies	Prom Abund	Prom Simi	Sim/SD	Contrib %	Acum %
<i>S. beebei</i>	37,92	60,62	3,13	88,54	88,54
<i>S. arcifrons</i>	4,81	5,27	0,46	7,70	96,24
Manglar					
Promedio similitud: 74.38					
Especies	Prom Abund	Prom Simi	Sim/SD	Contrib %	Acum %
<i>S. arcifrons</i>	43,22	53,09	9,89	71,37	71,37
<i>A. troschelii</i>	8,64	21,18	1,77	28,48	99,85
Coral					
Promedio similitud: 72.12					
Especies	Prom Abund	Prom Simi	Sim/SD	Contrib %	Acum %
<i>S. beebei</i>	23,2	50,47	11,71	69,97	69,97
<i>S. arcifrons</i>	3,80	12,22	1,08	16,94	86,91
<i>A. troschelii</i>	2,22	9,27	0,73	12,85	99,77

Tabla 4. Contribución de las especies a la desigualdad entre los diferentes tipos de hábitat.

Rocoso-Manglar						
Promedio disimilitud = 66.38						
Especies	Rocoso	Manglar	Prom Dis	Dis/SD	Contrib %	Acum %
	Prom Abund	Prom Abund				
<i>S. beebei</i>	37,92	2,29	25,79	2,40	38,86	38,86
<i>S. arcifrons</i>	4,81	43,22	23,07	1,54	34,76	73,61
<i>A. troschelii</i>	0,84	8,64	13,83	1,47	20,83	94,45

Rocoso-Coral						
Promedio disimilitud = 29,20						
Especies	Rocoso	Coral	Prom Dis	Dis/SD	Contrib %	Acum %
	Prom Abund	Prom Abund				
<i>S. arcifrons</i>	4,81	3,80	10,78	1,31	36,92	36,92
<i>A. troschelii</i>	0,84	2,22	8,07	1,13	27,62	64,54
<i>S. beebei</i>	37,92	23,20	6,42	1,39	21,97	86,51
<i>M. dorsalis</i>	0,44	0,06	2,09	0,80	7,17	93,68

Manglar-Coral						
Promedio disimilitud = 53.19						
Especies	Manglar	Coral	Prom Dis	Dis/SD	Contrib %	Acum %
	Prom Abund	Prom Abund				
<i>S. beebei</i>	2,29	23,2	21,30	2,19	40,04	40,04
<i>S. arcifrons</i>	43,22	3,80	21,08	2,18	39,63	79,68
<i>A. troschelii</i>	8,64	2,22	10,33	1,49	19,42	99,10

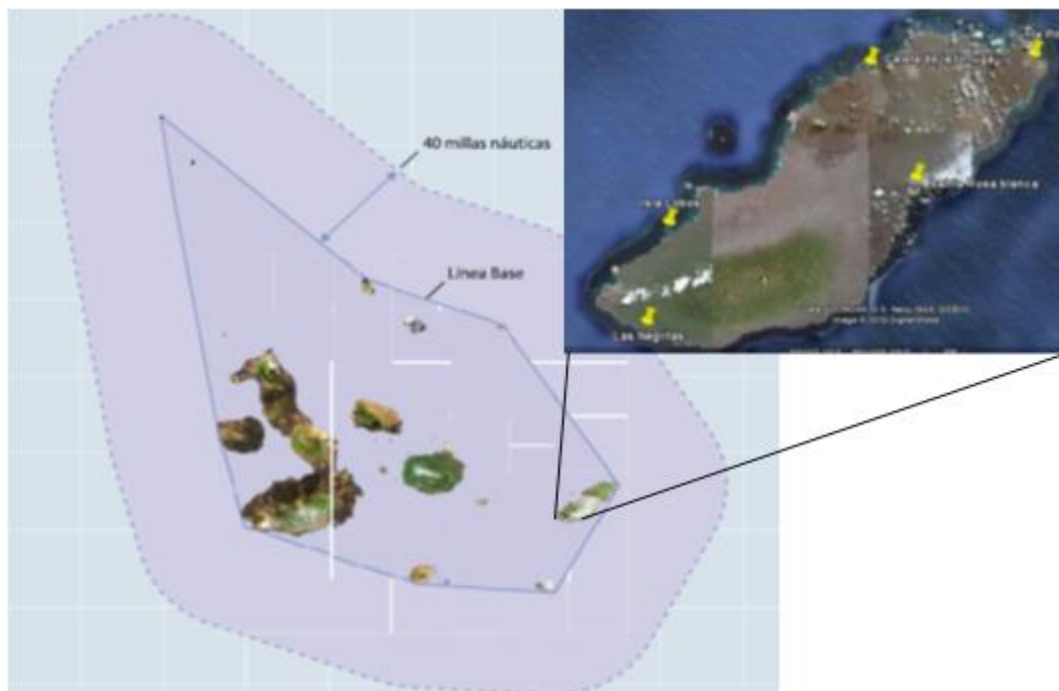
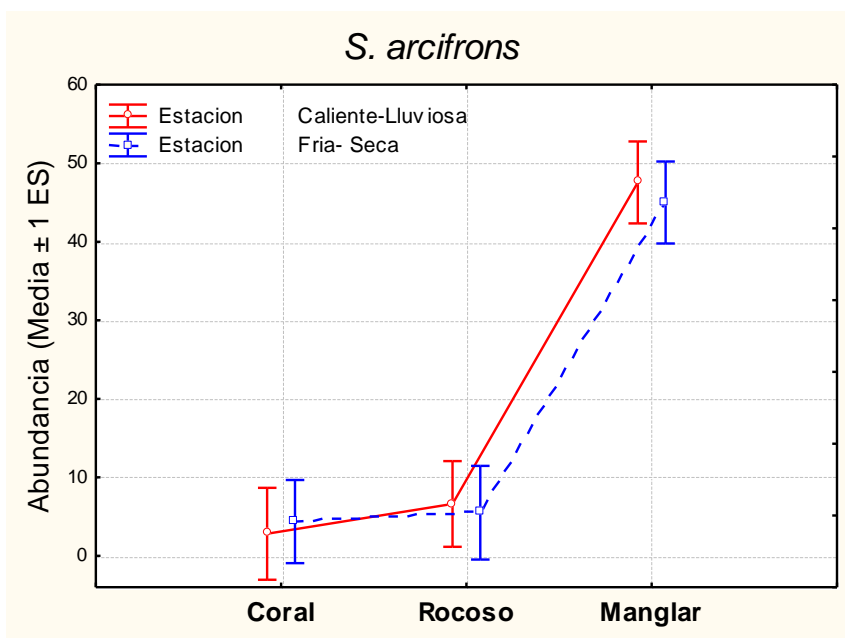
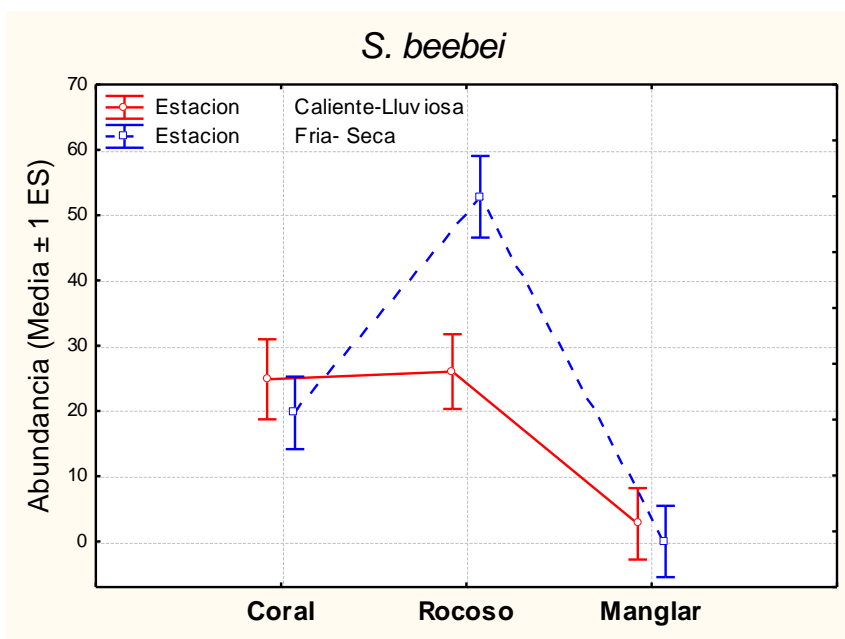
Figuras

Figura 1. Mapa de las islas Galápagos, se detalla la Línea base (línea azul) y el área de la reserva marina (línea azul entrecortada). En el cuadrado superior derecho la Isla San Cristóbal se marca con amarillo los sitios de muestreo (Imagen de Galápagos obtenida de Danulat y Edgar 2002, imagen de San Cristóbal Google Earth).

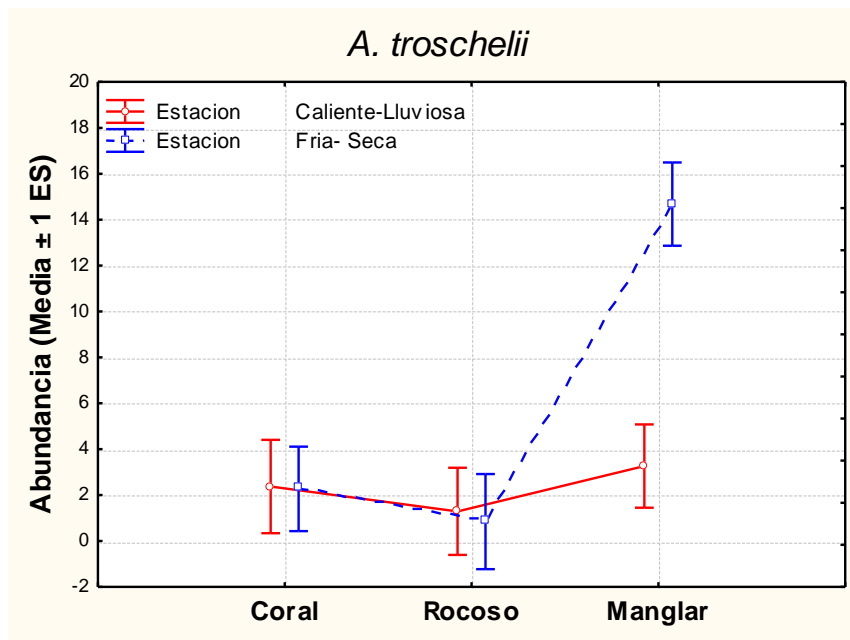
a)



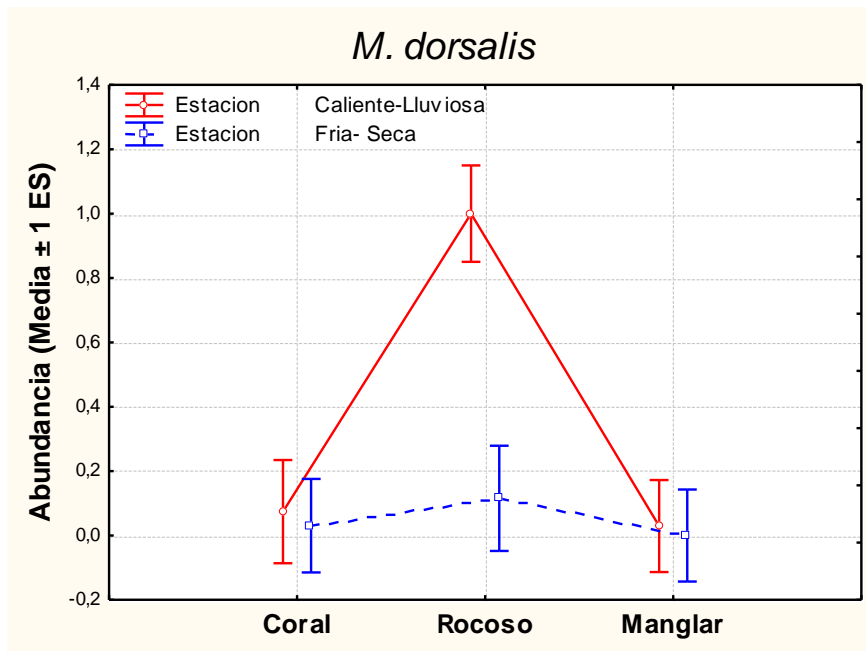
b)



c)



d)



e)

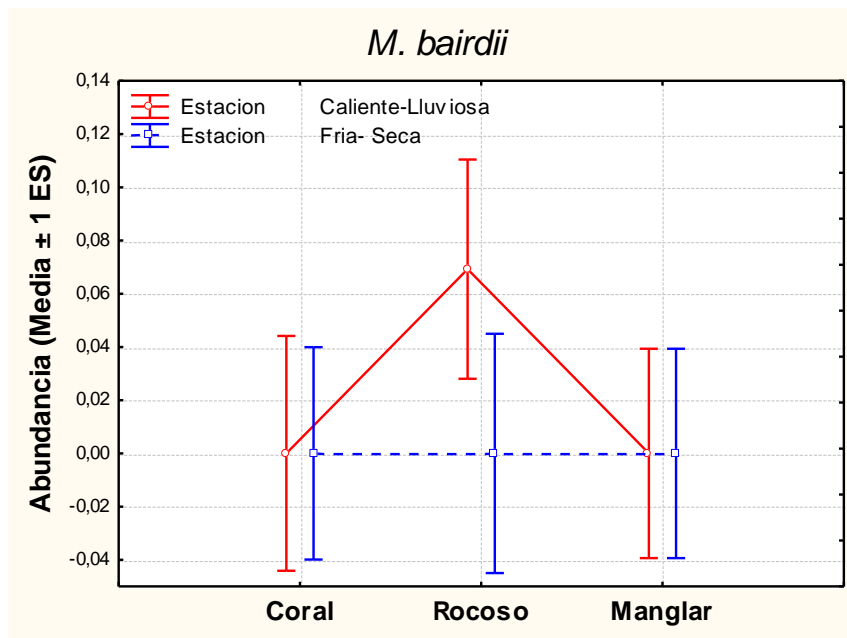


Figura 2. Abundancia relativa (Media± 1 ES) de especies de la familia pomacentridos, en tres distintos hábitats (Coral, rocoso y manglar), con las respectivas estaciones (Caliente-lluviosa y fría-seca). a) *S. arcifrons*, b) *S. beebei*, c) *A. troschelii*, d) *M. dorsalis* y e) *M. bairdi*.

MDS

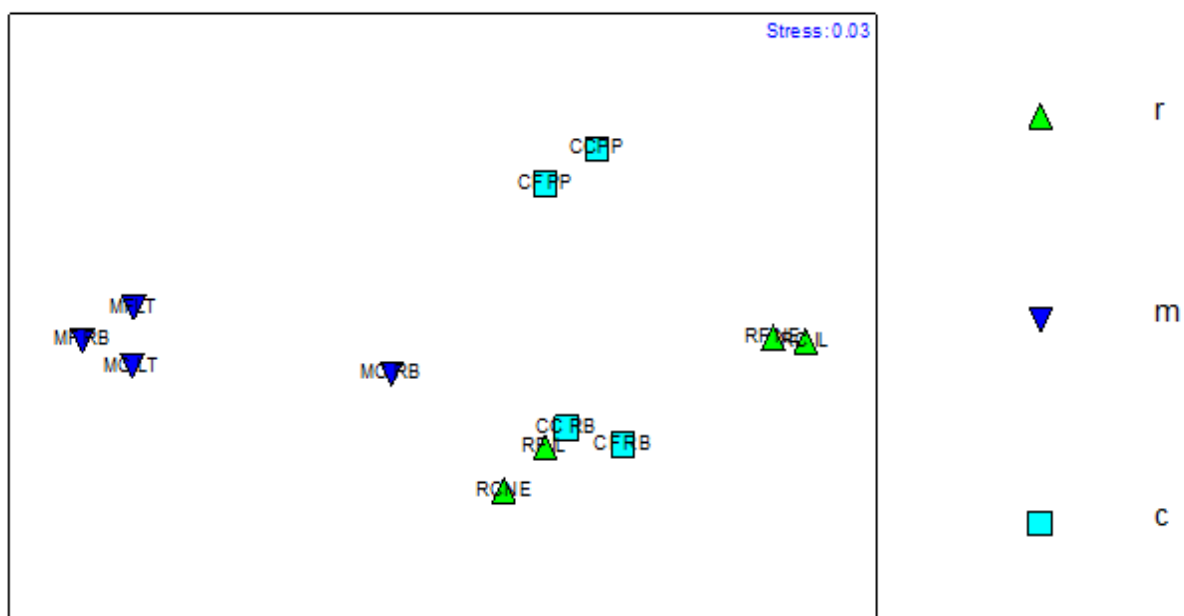


Figura 3. Representación multidimensional no métrica de la similitud en la composición de especies entre los distintos hábitats y sitios durante las dos estaciones. Triángulos verdes (r) es rocoso, triángulos azules (m) manglar y cuadrados celestes (c) coral. Dentro del mapa la primera letra es el tipo de hábitat: M=manglar, R=rocoso o C=coral; la segunda letra es la estación: C=caliente-lluviosa o F=fría-seca; y las dos últimas letras son el sitio: LT=La Tortuga; RB=Rosa Blanca; IL= Islas Lobos; NE=Negritas o PP=Punta Pitt.

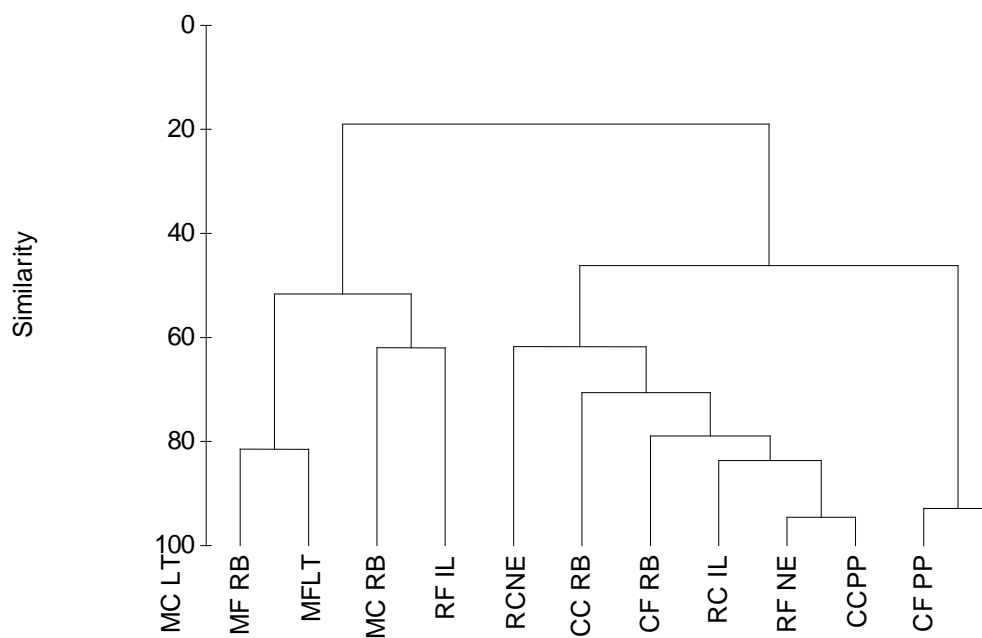


Figura 4. Dendrograma de Bray Curtis que muestra la similitud en la composición de especies encontradas en los diferentes hábitats y sitios muestreados en las dos estaciones. La primera letra es el tipo de hábitat: M= manglar, R= rocoso o C= coral; la segunda letra es la estación: C= caliente-lluviosa o F= fría-seca; y las dos últimas letras son el sitio: LT= La Tortuga; RB= Rosa Blanca; IL= Islas Lobos; NE= Negritas o PP= Punta Pitt.

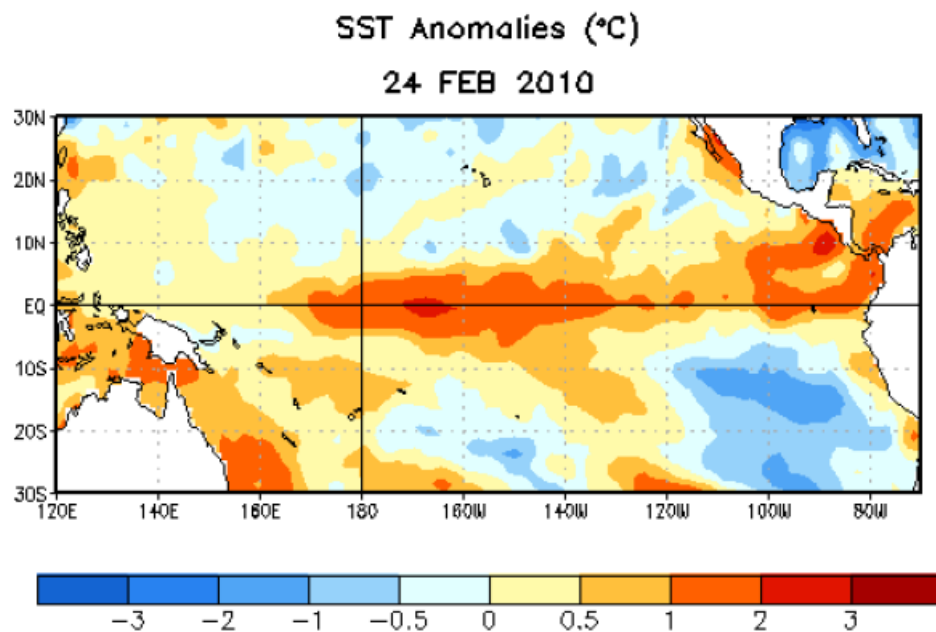


Figura 5. Anomalías (°C) de la temperatura promedio de la superficie del mar (SST por sus siglas en inglés) para la semana del 24 de febrero de 2010.

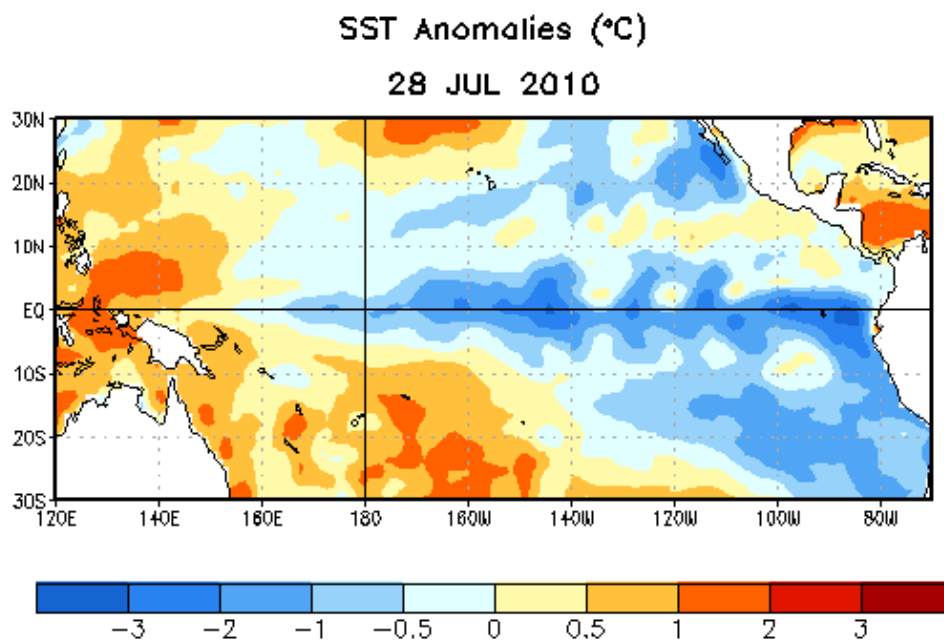


Figura 6. Anomalías (°C) de la Temperatura promedio de la superficie del mar (SST por sus siglas en inglés) para la semana del 28 de julio de 2010.