



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**RECLUTAMIENTO CORALINO UTILIZANDO
SISTRATOS ARTIFICIALES EN LA COSTA
PENINSULAR DEL SUR DEL GOLFO DE
CALIFORNIA.**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos
Naturales
(Orientación en Biología Marina)

p r e s e n t a

R a f a e l A n d r é s C a b r a l T e n a

La Paz, B.C.S. Enero de 2010

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 12:00 horas del día 15 del Mes de Diciembre del 2009, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Reclutamiento coralino utilizando sustratos artificiales en la costa peninsular del sur del Golfo de California."

Presentada por el alumno:

Rafael Andrés Cabral Tena

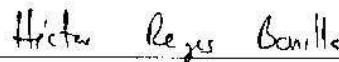
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Biología Marina

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA



Dr. Eduardo Francisco Balart Páez
DIRECTOR DE TESIS



Dr. Hector Reyes Bonilla
CO-TUTOR



Dr. Juan Antonio De Anda Montañez
CO-TUTOR



DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Conformación del comité:

Comité tutorial y comité de revisión de tesis:

Dr. Eduardo Francisco Balart Páez

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Dr. Héctor Reyes Bonilla

Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Dr. Juan Antonio De Anda Montañez

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Jurado de examen:

Dr. Eduardo Francisco Balart Páez

Dr. Héctor Reyes Bonilla

Dr. Juan Antonio De Anda Montañez

Suplente:

Dr. Alfredo Ortega Rubio

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Resumen

Los arrecifes coralinos están expuestos a diferentes perturbaciones tanto naturales como antropogénicas. Un ejemplo de las de origen humano es la afectación causada por el encallamiento de un barco petrolero en el Canal San Lorenzo ubicado entre la Isla Espíritu Santo y la playa El Tecolote, B.C.S. Esta área se restauró con 30 módulos de concreto y roca sobre cuya superficie fueron cementados fragmentos de coral *Pocillopora* spp. Con el objeto de evaluar la recolonización del área coralina restaurada, se analizó la tasa de reclutamiento sexual entre agosto 2004 y septiembre 2005. Para ello se utilizaron losetas de ladrillos de 24 x 9.4 x 2.5 cm como colectores de reclutas. Para estimar el patrón temporal de reclutamiento cada loseta permaneció por 3 meses sumergida, siendo reemplazada por otra nueva en cada muestreo. Para evaluar la influencia del tipo de sustrato en la tasa de reclutamiento, se escogieron áreas coralinas testigos adyacentes (semi-alterada y no-alterada) y distantes en la Bahía (San Gabriel en Isla Espíritu Santo, Punta Diablo y El Portugués en la costa peninsular). Así mismo, con el fin de evaluar el posible efecto de la variación latitudinal sobre el reclutamiento, se consideraron 6 sitios testigo ubicados en islas de la Bahía de Loreto: El cardón (Isla Coronados), La Choya, y Las Palmas (Isla Carmen), El Submarino y La Biznaga (Isla Danzantes), y el islote Candeleros. Estos sitios poseen diferente grado de desarrollo coralino, considerando que podrían ser útiles en la interpretación de los resultados. La tasa de reclutamiento promedio fue mayor en la Bahía de La Paz ($17.92 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) que en las islas de Loreto ($1.79 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$). La mayor incidencia de reclutas correspondió a la época cálida, entre junio y noviembre, aunque en los Módulos se registró un ligero pulso también en febrero. Especialmente, la mayor densidad de reclutas ocurrió en Punta Diablo ($103.08 \text{ ind m}^{-2}$), seguida de Módulos (1.31 ind m^{-2}), mientras que ningún coralito se registró en los sitios adyacentes a este último. Tanto en la Bahía de La Paz como en las islas de Loreto, la mayoría de los reclutas correspondieron al género *Porites*, siendo únicamente en los Módulos donde también se registraron coralitos de *Pocillopora*, *Tubastraea* y *Pavona*. Se sugiere que el tipo de larva de cada especie (incubadoras o desovadoras) parece jugar un papel importante en el reclutamiento de la misma. Se postula que la tasa de reclutamiento es menor en sitios donde hay una mayor cobertura de coral y arena, y mayor en sitios en donde el sustrato predominante son rocas. La densidad promedio de reclutas registrada en Bahía de La Paz fue superior a la descrita para otras localidades más meridionales del Pacífico Mexicano, Centroamérica o el Caribe. Los resultados son evidencia de que nuevos reclutas de coral están llegando y estableciéndose en la zona restaurada luego del encallamiento del buque tanque.

Palabras Clave: Reclutamiento Coralino, Arrecifes Coralinos Restaurados, Golfo de California

Abstract

Coral reefs are exposed to different natural and anthropogenic disturbances. An example of human originated is the damage caused by the ship wreck of an oil vessel in the San Lorenzo Chanel located between Espiritu Santo Island and the beach El Tecolote, BCS. This area was restored with 30 modules of concrete and rock; on the surface of the modules coral fragments of *Pocillopora* spp. were cemented. In order to assess the likely recolonization of corals in the restored area, we analyzed the sexual recruitment rate between August 2004 and September 2005. For that, brick tiles with measures of 24 x 9.4 x 2.5 cm were used as recruit collectors. To estimate the temporal pattern of recruitment each tile remained submerged for 3 months, being replaced by a new one in each sampling. To evaluate the influence of substrate type on recruitment, adjacent coral areas were chosen as witnesses (semi-altered and non-altered) and distant in the Bay (San Gabriel, Isla Espiritu Santo, Punta Diablo, and El Portugués on the Peninsular coast). Also, in order to evaluate the effect of latitudinal variation on recruitment 6 witness sites were considered on islands in the Loreto Bay: El cardón (Coronado Island), La Choya, and Las Palmas (island Carmen), El Submarino and La Biznaga (Danzantes Island), and el Candelero islet. These sites have different degrees of coral development, considering this might be useful in interpreting the results. The average recruitment rate was higher in La Paz Bay ($17.92 \text{ ind m}^{-2} \text{ Year}^{-1}$) than in the islands of Loreto ($1.79 \text{ ind m}^{-2} \text{ Year}^{-1}$). The highest incidence of recruits corresponded to the warm season between June and November, although modules had also a slight pulse in February. Spatially, the highest density of recruits occurred in Punta Diablo ($103.08 \text{ ind m}^{-2}$), followed by Módulos (1.31 ind m^{-2}), whereas no recruits were recorded at sites adjacent to Módulos. Most of the recruits registered both La Paz Bay and in the islands of Loreto were of the genus *Porites*, being only in Módulos where there were also corallites of *Pocillopora*, *Tubastraea* and *Pavona*. It is suggested that the type of larvae of each species (brooding or spawning) appear to have an important role in recruitment. It is postulated that the recruitment rate is lower in places where there is greater coral and sand coverage, and higher in places where the rocks are predominant substrate. The average density of recruits recorded at La Paz Bay was superior to other locations further south of the Mexican Pacific, Central America or the Caribbean. The results are evidence that coral recruits are arriving and settling in the restored area after the ship wreck.

Keywords: Coral Recruitment, Restored Coral Reefs, Gulf of California

Dedicatoria

A toda mi querida familia y a mis ancestros, gracias a ustedes
soy quien soy.

A la mujer que amo con toda mi alma y mi corazón, siempre
eres mi inspiración.

A todos mis amigos que tanto apoyo me han dado.

A mí querido país.

A los elementos y a la madre tierra.

A mi hermoso mar.

A las personas libres de pensamiento, corazón y espíritu.

A Pedro.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través de la Beca de manutención para nivel maestría (236794) al autor de esta tesis.

Al Consejo Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) por el financiamiento del proyecto CT001 "Programa de monitoreo de la restauración de arrecife coralino afectado por el Buque Tanque Lázaro Cárdenas II, y de las comunidades arrecifales de la región del Parque de Loreto, Baja California Sur", cuyo coordinador es el Dr. Eduardo F. Balart Páez, que hizo posible el desarrollo de esta tesis.

Asimismo se agradece a los proyectos 910-0, EP2.0 y EP3.0 del Programa de Ecología Pesquera por el apoyo logístico y financiero en las salidas, uso del Laboratorio de Necton y Ecología de Arrecifes, e infraestructura durante estos dos años. Al personal del Laboratorio de Embarcaciones y Buceo, especialmente a los Técnicos Mario Cota, Horacio Bervera y Juan José Ramírez, y a los participantes en el proyecto 910-0 por su apoyo en la obtención de las muestras. Al M. en C. Sergio Scarry González Peláez, CIBNOR, por su tiempo y apoyo en la preparación del material e identificación taxonómica de los coralitos.

Al Programa de Estudios de Posgrado del CIBNOR, por el apoyo académico durante estos dos años, la beca terminal otorgada para terminar la tesis, y el apoyo para asistir al V Congreso Mexicano de Arrecifes Coralinos en Tuxpan, Ver.

Al Dr. Eduardo Balart, por su dirección en este trabajo de investigación, por todo su apoyo, valiosos consejos y enseñanzas, paciencia, pero más que nada por su amistad.

A mi comité asesor, Dr. Héctor Reyes Bonilla (UABCS) y Dr. Juan Antonio De Anda Montañez (CIBNOR) por todo su apoyo en este estudio, revisión del documento, y valiosos comentarios para enriquecer este trabajo. Al Dr. Alfredo Ortega Rubio por aceptar participar como Jurado Suplente de mi Examen de Grado.

A mi madre Guadalupe, por todas tus enseñanzas, por ser siempre tan amorosa, por ser tan mamá.

A mi padre Antonio, por mostrarme el mundo, por siempre estar cuando te necesito, por velar siempre por mi bienestar.

A mi hermano Ricardo, por ser siempre mi mejor y más grande amigo, por toda tu compañía, por tus enseñanzas, siempre eres y serás un ejemplo para mí.

A mis abuelos Ricardo, Guadalupe y Lucía, por todo su amor y cariño, por sus cuidados, por compartir su sabiduría conmigo, por tantas sonrisas y alegrías. Gracias por tanto amor.

A mis tíos Toño, Marcia, Lorena y Pepe, por comprenderme, por su apoyo, por platicarme tantas experiencias y darme tantas enseñanzas, por tenerme confianza y estar siempre al pendiente de mí. Los quiero mucho. A mis primos Emiliano y Marco, por recordarme que no importa lo que suceda siempre es mejor sonreír, por tantos días de travesuras, juegos y diversiones. Son una gran alegría en mi vida.

A mis amigos Jorge, Alan, Mosco, Carlos, Pablo, Frijol, Moshé, Edgardo, Chamaco, Husky, Salo, Mariano, Adrián, Fernando (Cremas), Giovann, Pacheli, Dark, Rafa, Inés, Valerio, Eric, César, Víctor por tantos momentos de risas y relajo, por ser siempre ustedes mismos, por ser buenas personas, por no tener prejuicios, son mis amigos de toda la vida, son como mis hermanos. Los quiero mucho a todos.

A todos mis amigos de La Paz, Adán, Fausto, Tania, Reno, Arlette, Tripp, Ana María, Jose, Quina, Massó, Oswaldo, Luzma, Obet, Cote, Misha, Cremas, Paty, Gina, Sergito, Normichis, Negro, Mitzuko, Angie, Cris, Chino, Ever, Amauri, Manuel, Ariel, Au, Fernando (General), Kalin, por ser mi familia en La Paz, por todas las risas y los grandes momentos que compartimos, por echarnos siempre un ojo entre todos, por hacer de esta etapa de mi vida una gran experiencia, los quiero muchísimo a todos.

A todos mis compañeros del Real Zamesta, Los Belgas y Los Otros, por tantos partidos y campeonatos obtenidos.

A Marcelita, por ser mi dulce compañera, por ser mi apoyo y darme fuerzas, por tus cariños y mimos, por creer en mí, por tu gran ser hermoso, por tu espíritu libre, por todo el amor que me das, por cambiar mi vida entera, te amo muchísimo. Eres la luz de mi vida.

Por último quiero dedicar este trabajo a todas aquellas personas libres de pensamiento, corazón y espíritu, a todas las personas que no se dejan atrapar por lo banal y absurdo, a aquellas personas que tienen aún fé en que las cosas pueden ser diferentes, a quienes tienen ganas de luchar y trabajar por sus sueños y esperanzas, a los elementos y a las fuerzas naturales por darnos todo y a la madre tierra por no pedir nada a cambio sino respeto.

Contenido

Introducción.....	1
Antecedentes.....	7
Hipótesis.....	11
Objetivos.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Particulares.....	11
Área de Estudio.....	12
Metodología.....	17
Resultados.....	22
Reclutamiento Coralino.....	22
Bahía de La Paz.....	22
Islas de Loreto.....	31
Estructura de Hábitat.....	36
Bahía de la Paz.....	36
Islas de Loreto.....	40
Relación Reclutamiento- Sustrato.....	44
Temperatura.....	45
Bahía de la Paz.....	45
Islas de Loreto.....	46
Relación Reclutamiento-Temperatura.....	47
Discusión.....	49
Conclusiones.....	57
Referencias.....	58
Anexo.....	70

Lista de Figuras

Figura 1. Ciclo generalizado de vida de los corales.....	5
Figura 2. Distribución del área impactada por grado de afectación: Área primaria, Área Secundaria y Área Terciaria.....	10
Figura 3. Localización de áreas de monitoreo.....	14
Figura 4. Loseta de ladrillo diseñada específicamente para el estudio de reclutamiento de coral y de la fauna incrustante en el área impactada y áreas testigos.....	17
Figura 5. Reclutamiento promedio y desviación estándar en los sitios de muestreo de Bahía de La Paz.....	23
Figura 6. Imagen de microscopio electrónico de barrido de recluta perteneciente al género <i>Porites</i> encontrado en el Área de Módulos durante el muestreo de Noviembre de 2004.....	26
Figura 7. Densidad de reclutas encontrada en el área de Módulos durante los muestreos.....	26
Figura 8. Fotografía de microscopio estereoscópico de recluta perteneciente al género <i>Porites</i> encontrado en Punta Diablo durante el muestreo de Noviembre de 2004.....	28
Figura 9. Densidad de reclutas encontrada en Punta Diablo, Bahía de La Paz, durante los muestreos.....	28
Figura 10. Recluta perteneciente al género <i>Porites</i> encontrado en El Portugués durante el muestreo de Noviembre de 2004.....	29
Figura 11. Densidad de reclutas encontrada en El Portugués durante los muestreos.....	29
Figura 12. Recluta perteneciente al género <i>Porites</i> encontrado en San Gabriel, Bahía de La Paz, durante el muestreo de Noviembre de 2004.....	30
Figura 13. Densidad de reclutas encontrada en San Gabriel durante los muestreos.....	30
Figura 14. Distribución temporal de la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz.	31
Figura 15. Reclutamiento promedio y desviación estándar en los sitios de muestreos en las Islas de Loreto.....	33
Figura 16. Reclutamiento promedio y desviación estándar por muestreo en las islas de Loreto.....	33
Figura 17. Recluta perteneciente al género <i>Porites</i> encontrado en El Submarino durante el muestreo de enero de 2005.....	34
Figura 18. Recluta perteneciente al género <i>Porites</i> encontrado en San Gabriel durante el muestreo de Noviembre de 2004.....	35
Figura 19. Distribución de la densidad total de reclutas encontrados en Loreto por muestreo.....	36
Figura 20. Estructura de hábitat en el área de Módulos del Canal San Lorenzo, Bahía de La Paz.....	36

Figura 21. Estructura de hábitat en el área Secundaria del Canal San Lorenzo.	37
Figura 22. Estructura de hábitat en el área Testigo del Canal San Lorenzo.....	38
Figura 23. Estructura de hábitat en Punta Diablo, Bahía de La Paz.....	39
Figura 24. Estructura de hábitat en El Portugués, Bahía de La Paz.....	39
Figura 25. Estructura de hábitat en San Gabriel, Bahía de La Paz.....	40
Figura 26. Estructura de hábitat en Las Palmas, Isla Carmen, Bahía de Loreto.	41
Figura 27. Estructura de hábitat en La Choya, Isla Carmen, Bahía de Loreto...	41
Figura 28. Estructura de hábitat en El Submarino, Isla Danzantes, Bahía de Loreto.....	42
Figura 29. Estructura de hábitat en El Cardón, Isla Coronados, Bahía de Loreto.....	43
Figura 30. Estructura de hábitat en Biznaga, Isla Danzantes, Bahía de Loreto..	43
Figura 31. Estructura de hábitat en el islote Candeleros, Bahía de Loreto.....	44
Figura 32 .Relación entre el reclutamiento y el porcentaje de sustrato duro en cada sitio del estudio.....	45
Figura 33. Comportamiento temporal de la temperatura en los diferentes periodos muestreados en la Bahía de La Paz.....	46
Figura 34. Comportamiento temporal de la temperatura en los diferentes periodos muestreados en las Islas de Loreto.....	47
Figura 35. Relación entre el reclutamiento (densidad) y la temperatura durante el periodo muestreado.....	48
Figura 36. Comparación entre el porcentaje de sustratos duros por sitio y densidad de reclutas promedio por sitio en este estudio.....	53
Figura 37. Comparación entre la temperatura promedio por muestreo y la densidad de reclutas promedio en el estudio en el sur del Golfo de California..	55
Figura 38. Prueba de normalidad para la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz.....	70
Figura 39. Prueba de no-correlación entre las medias y las varianzas de la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el sitio.....	71
Figura 40. Prueba de no-correlación entre las medias y las varianzas de la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el muestreo.....	71
Figura 41. Prueba de no-correlación entre las medias y desviación estándar de la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el sitio.....	72
Figura 42. Prueba de no-correlación entre las medias y desviación estándar de la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el muestreo.....	72
Figura 43. Prueba de normalidad para la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto.....	74
Figura 44. Prueba de no-correlación entre las medias y las varianzas de la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el sitio.....	75
Figura 45. Prueba de no-correlación entre las medias y las varianzas de la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el	

muestreo.....	75
Figura 46. Prueba de no-correlación entre las medias y desviación estándar de la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el sitio.....	76
Figura 47. Prueba de no-correlación entre las medias y desviación estándar de la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el muestreo.....	76

Lista de Tablas

Tabla I. Densidad promedio de reclutas y tasa anual de reclutamiento por sitio en la Bahía de La Paz.....	24
Tabla II. Densidad promedio y desviación estándar de reclutas por muestreo en la Bahía de La Paz.....	24
Tabla III. Ecuaciones, valores de la bondad de ajuste (r^2) y valor de p de las regresiones lineales simples entre la densidad de reclutas y el porcentaje de cobertura de sustrato disponible en cada sitio en el estudio.....	45
Tabla IV. Comparación de estudios de reclutamiento coralino realizados en el Pacífico americano y mexicano, el Caribe, el Mar Rojo y el Indo-Pacífico, mostrando la tasa anual de reclutamiento y los géneros encontrados en cada estudio.....	50
Tabla V. Prueba de Levene para homocedasticidad de varianzas en las densidades del reclutamiento en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el sitio.....	70
Tabla VI. Prueba de Cochran, Hartley, Bartlett, para homocedasticidad de varianzas en las densidades del reclutamiento en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el muestreo.....	70
Tabla VII. ANOVA diferencias entre sitios Bahía de la Paz.....	73
Tabla VIII. Prueba de LSD diferencias entre Sitios Bahía de la Paz.....	73
Tabla IX. ANOVA diferencias entre muestreos Bahía de la Paz.....	73
Tabla X. Prueba de LSD diferencias entre Sitios Bahía de la Paz.....	73
Tabla XI. Prueba de Levene para homocedasticidad de varianzas en las densidades del reclutamiento en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el muestreo.....	74
Tabla XII. Prueba de Levene para homocedasticidad de varianzas en las densidades del reclutamiento en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el sitio.....	74
Tabla XIII. ANOVA diferencias entre sitios Bahía de Loreto.....	77
Tabla XIV. ANOVA diferencias entre muestreos Bahía de Loreto.....	77
Tabla XV. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de sustrato duro en todos los sitios de muestreo	77
Tabla XVI. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de otros invertebrados en todos los sitios de muestreo.....	77
Tabla XVII. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de tapetes algales en todos los sitios de muestreo.....	78
Tabla XVIII. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de algas talosas en todos los sitios de muestreo.....	78
Tabla XIX. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de coral vivo en todos los sitios	

de muestreo	78
Tabla XX. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de coral muerto en todos los sitios de muestreo	78
Tabla XXI. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de sustrato blando en todos los sitios de muestreo.....	79
Tabla XXII. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de otros cnidarios en todos los sitios de muestreo.....	79
Tabla XXIII. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y la temperatura por muestreo en todos los sitios de muestreo.....	79

Lista de Fórmulas

Fórmula (1). Densidad.....	20
----------------------------	----

Introducción

Los corales hermatípicos del Pacífico Oriental Tropical (POT) son, en la actualidad, biogeográficamente más afines a las especies del Pacífico central que en el pasado, debido a la influencia que tuvo el cierre del Istmo de Panamá hace 3.5 millones de años. Antes de ese evento los corales se encontraban ampliamente distribuidos en toda la región y eran un grupo muy diverso, sin embargo el cambio de condiciones derivado del cierre del Istmo provocó que de 36 géneros de corales hermatípicos en la actualidad solo existan 6 en las costas del Pacífico (Cortés, 1997).

Una característica de los corales de esta región es su fragilidad. Desde un punto de vista oceanográfico, los corales crecen bajo condiciones críticas ya que la variación estacional de temperatura en el POT puede ser de hasta 15°C (D´Croz y Robertson, 1997), a diferencia de las condiciones más estables de temperatura de regiones tropicales como el Caribe. Por otro lado tenemos también que el calentamiento inusual de las aguas, como suele ocurrir durante el fenómeno de El Niño pueden asociarse a blanqueamientos, y a veces a mortalidades masivas de corales (Reaser *et al.*, 2000). Asimismo, la afluencia de aguas continentales con el consiguiente aporte de nutrientes genera una alta productividad, lo que lleva a una disminución de la transparencia del agua y a un aumento en el crecimiento de las algas, las cuales compiten por espacio con los corales (D´Croz y Robertson, 1997). A esta lista podemos añadir fluctuaciones de salinidad y la fuerte incidencia de huracanes. Todo esto ha resultado en una extensión coralina muy reducida en

esta zona, así como un gran aislamiento de ellos (Glynn y Ault, 2000; Kramer *et al.*, 2000; Lirman *et al.*, 2001).

Otro de los factores de presión que inciden sobre estos ecosistemas es la interacción con el hombre, la cual en los últimos tiempos ha venido creciendo en intensidad, generando una amplia gama de impactos (Pearson, 1981). Tal es el caso de los varamientos de embarcaciones que, de la mano del incremento en el tráfico marino han incrementado su frecuencia (Aronson y Swanson, 1997). Además, está bien documentado el efecto que tienen algunos fenómenos naturales como los huracanes, que en muchas ocasiones afectan a los corales causando la destrucción o fragmentación de colonias, o mortalidades masivas (Glynn *et al.*, 1964; Fong y Lirman, 1995). Ambas fuentes de impacto, natural y antrópica, representan valiosas oportunidades para los científicos para el estudio de diversos aspectos biológicos y ecológicos de estos sistemas, que van desde la reproducción hasta la reintegración funcional de la comunidad después de un impacto (Booth y Beretta, 2002).

En el caso de los ambientes coralinos, los corales del Golfo de California pueden ser considerados como los más resistentes de todo el Pacífico Oriental Tropical, debido al efecto atenuado de la perturbación; aquí el porcentaje de corales blanqueados y muertos es mucho menor comparado al de otras regiones del país (Reyes-Bonilla, 2001). Sin embargo, dada su poca extensión y a su baja interacción con actividades económicas relevantes en el mar, ha sido poca la

atención que han recibido en materia de conservación y manejo (Kramer *et al.*, 2000).

No obstante su baja cobertura, estos ambientes contribuyen significativamente a la biodiversidad del Golfo de California, y las regiones arrecifales de esta zona están consideradas como de alguna importancia en cuanto a biodiversidad a nivel mundial (Roberts *et al.*, 2002). Estos ambientes han sido considerados como prioritarios en materia de conservación ya que son un hábitat crítico en el Golfo de California (Sala *et al.*, 2002). Afortunadamente, los arrecifes del Golfo de California han poco impactados por eventos, tanto naturales como por el hombre, en comparación con los del resto del país (Kramer *et al.*, 2000).

Cuando un ecosistema ha sido afectado, ya sea de manera natural o antropogénica, normalmente es seguido de un proceso de recuperación de las diferentes poblaciones, las cuales pueden o no regresar a sus abundancias iniciales. El proceso de recuperación de las abundancias de las especies dependerá de la intensidad del evento (Connell *et al.*, 1997).

Las formas mediante las cuales los corales mantienen sus poblaciones es el reclutamiento tanto el originado en la reproducción sexual como en la asexual. En el caso del reclutamiento asexual la fragmentación está considerada como la principal forma de ella (Richmond, 1997). La fragmentación se presenta tanto en las especies ramificadas como las no ramificadas, cuando las colonias intactas son quebradas, ya sea por bioerosión, tormentas y huracanes (Reyes-Bonilla y

Calderón-Aguilera, 1994). Bajo condiciones adecuadas estos fragmentos sobrevivientes se pueden fijar al sustrato, crecer, y comenzar a reproducirse. La fragmentación permite a las especies extender su distribución y abundancia localmente, produciendo parches de clones adyacentes (Hunter, 1993). Además, los fragmentos son capaces de llegar a sitios donde las larvas no pueden, como por ejemplo las zonas de arena en la periferia del arrecife (Highsmith, 1980). En este sentido, la fragmentación puede ser extremadamente valiosa para la recuperación a corto plazo de las poblaciones locales después de una perturbación.

En el caso del reclutamiento sexual, los corales liberan gametos que llevadas por las corrientes pueden recolonizar el área o colonizar nuevos hábitats y regiones, promoviendo el intercambio genético (López-Pérez *et al.*, 2007).

En los corales hay especies gonocóricas o hermafroditas (Richmond y Hunter, 1990), y podemos distinguir dos tipos diferentes de estrategias de fertilización (Figura 1): en la primera la fertilización ocurre dentro de un pólipo maternal (fecundación interna), y estos son conocidos como individuos incubadores. Por otro lado, tenemos a las especies conocidas como desovadoras o de desove masivo, y en este tipo de especies los pólipos expulsan gametos a la columna de agua y la fertilización externa ocurre en el ambiente, originando una larva plánula nadadora.

De manera local las larvas pueden mantener poblaciones y dependiendo de la severidad del daño pueden incluso re-colonizar parches viejos después de una alteración (Fox, 2004).

La importancia del reclutamiento en la dinámica de las poblaciones de corales ha recibido mucha atención en los últimos años, especialmente en las regiones del Indo-Pacífico y del Caribe (Smith y Hughes, 1999; Edmunds, 2000; Carlton, 2002; Hughes *et al.*; 2002; Tamelander, 2002). Sin embargo en el POT, han

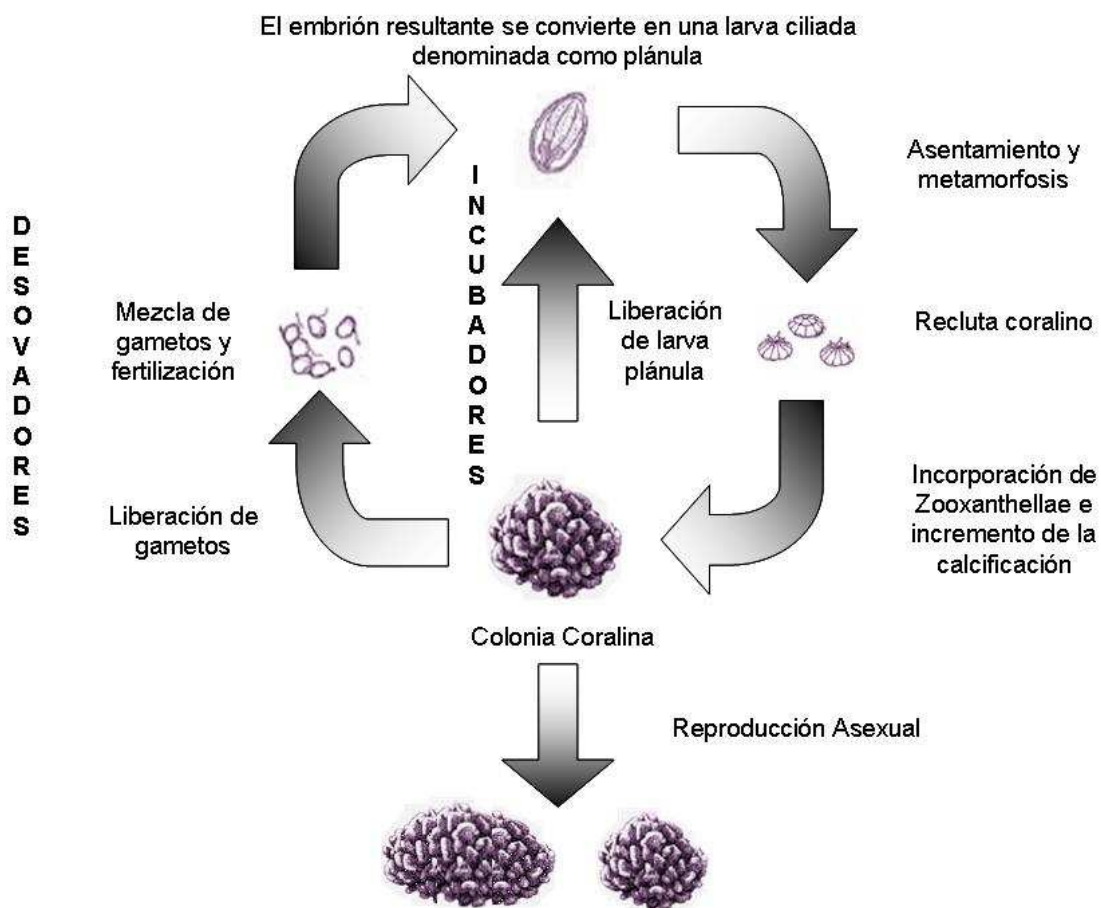


Figura 1. Ciclo generalizado de vida de los corales.

sido escasos los estudios que discutan acerca de este fenómeno (Medina-Rosas, *et al.* 2005; López-Pérez *et al.*, 2007), siendo la regla el escaso número de reclutas que se registran. Debido a ello, algunos autores como Ayre *et al.* (1997) han sugerido que los corales de esta región son sexualmente estériles. En el Golfo de California en particular, casi no hay estudios de reclutamiento coralino (Reyes-Bonilla y Calderón-Aguilar, 1994).

En materia de conservación, el estudio de los sistemas coralinos es importante para la implementación de estrategias de manejo o incluso para lograr una explotación responsable del recurso, ya sea directa o indirectamente como es el caso de los corales (Cinner y Pollnac, 2004). En este sentido, los estudios de reclutamiento sexual ofrecen información para entender la dinámica, estructura y diversidad poblacional de los arrecifes o parches de coral. En el caso de arrecifes degradados y restaurados, el análisis del reclutamiento sexual ofrece la oportunidad de evaluar la recuperación de los mismos, aunque esta utilidad potencial debe ser evaluada.

Aprovechando un caso de restauración en un área coralina impactada por el encallamiento de un buque tanque en la costa peninsular del sur del Golfo de California, se desarrolló un estudio, aplicando la técnica de sustratos artificiales, para establecer si hay reclutamiento por reproducción sexual en los corales pétreos, y explorar su variación estacional y con la estructura del sustrato.

Antecedentes

Los choques de embarcaciones contra arrecifes, como uno de los principales impactos del hombre sobre estos ecosistemas, no son raros. Por ejemplo, en el Santuario Marino de los Cayos en Florida, EUA, se registran aproximadamente 500 encallamientos de embarcaciones al año (Jaap, 2000). Por esto, se han implementado diversas técnicas para el estudio y restauración de dichos arrecifes. Estas técnicas comienzan con la remoción de la nave causando el mínimo de daños colaterales al sistema. Para el proceso de recuperación y monitoreo del mismo utilizando técnicas sofisticadas como el análisis de imágenes (Bernhardt y Griffin, 2001), las más tradicionales como los censos visuales a largo plazo (Rogers y Garrison, 2001), y la generación de modelos poblacionales para dar seguimiento a la recuperación de los corales (Lirman y Miller, 2003).

El punto más importante de cualquier esfuerzo de restauración puntual e inmediata de un arrecife está en la capacidad de los corales de regenerar sus poblaciones a partir de fragmentos vivos (Lirman, 2000), ya sea colocando estos sobre la matriz coralina subyacente, asegurarlos con alambre plastificado (Brukner y Brukner, 2001) o incluso, mediante la introducción de estructuras artificiales para cementar el coral vivo (Spieler *et al.*, 2001). A mediano y largo plazo sin embargo, la recuperación y crecimiento del arrecife coralino dependerá del reclutamiento sexual de los corales, ya que es el mecanismo por el cual recolonizan o colonizan nuevos hábitats y regiones, promoviendo el intercambio genético (López-Pérez *et al.*, 2007).

El éxito de un esfuerzo de restauración de un arrecife solo puede conocerse mediante la evaluación de las comunidades del mismo. Esto es más relevante en los arrecifes coralinos debido a la estrecha relación que existe entre la conformación del hábitat con la comunidad de peces (Fishelson, 2003) e invertebrados (Mikkelsen y Cracraft, 2001).

Los estudios de reclutamiento sexual no son comunes en el Pacífico Oriental Tropical (POT). Uno de los problemas inherentes en este tipo de estudio es la dificultad de observar e identificar el coralito en sus primeros estadios, debido a su pequeño tamaño y simplicidad estructural. Estudios *in situ* son pocos, aunque ya están en desarrollo técnicas aplicando fluorescencia diferencial, sin embargo son muy costosos, por lo que el uso de sustratos artificiales es una excelente alternativa de bajo costo. Estos sustratos pueden ser analizados microscópicamente en el laboratorio una vez retirados y procesados fuera del agua. Entre los antecedentes en el POT tenemos a Birkeland (1977) que, utilizando sustratos artificiales de terracota durante un año, halló $0.21 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en Panamá. Guzmán (1986), utilizando sustratos artificiales de terracota no encontró ningún recluta en La Isla del Caño, Costa Rica durante un año. También tenemos a Reyes-Bonilla y Calderón-Aguilar (1994), quienes calcularon a partir de la tasa de reclutamiento y el número total de colonias, que en el arrecife de Cabo Pulmo, B.C.S. se reclutan $0.71 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$. Por su parte Medina Rosas (2000) detectó $0.61 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ utilizando sustratos artificiales de barro durante 6 meses en Bahía de Banderas, Jalisco. Mora-Pérez (2002) halló $7.96 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en las

Bahías de Huatulco, Oaxaca utilizando losas de terracota como sustratos artificiales durante un año. El estudio mas reciente corresponde a López-Pérez *et al.* (2007), quienes también utilizaron sustratos artificiales de terracota durante 13 meses, encontrando $0.85 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en las Bahías de Huatulco en Oaxaca.

El antecedente directo de nuestro caso de estudio es el encallamiento del buque tanque “Lázaro Cárdenas II”, Propiedad de Petróleos Mexicanos en el arrecife coralino San Lorenzo, el 22 de septiembre del 2001 (Balart, 2001). Este arrecife se ubica al sur de la isla Espíritu Santo en el canal de San Lorenzo ($24^{\circ} 23' 12.5'' \text{N}$; $110^{\circ} 18' 55.5'' \text{W}$) en la Bahía de La Paz, B.C.S. (Fig. 2). En el punto de impacto directo se generó un daño directo sobre un área de 847 m^2 , consistente en la total remoción del sustrato coralino hasta la exposición del sustrato de arena y roca (Área Primaria). Debido al efecto del patrón de corrientes y, a la gran marejada provocada por el Huracán Juliette (Octubre 2001), el coral removido (ya sea completo o convertido a fragmentos por el impacto) fue dispersado sobre una superficie aproximadamente de $7,623 \text{ m}^2$ (Área Secundaria). La zona afectada por el barco al momento de salir en reversa del sitio donde encalló, fue un espacio con una baja densidad de coral, ya que corresponde a una franja dominada por arena aunque bordeada por corales, y con presencia de unas pocas cabezas aisladas en la parte media (Área Terciaria). Esta Área Terciaria muestra huellas del retroceso del barco consistente en afectación de algunas cabezas de coral en el borde y del centro del canal, y posee una superficie estimada en $1,217 \text{ m}^2$ (Balart, 2001).

A petición de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), a finales de octubre de 2001 se evaluaron los daños al arrecife (Balart, 2001), para que un año después se desarrollaran los trabajos de limpieza de la zona,

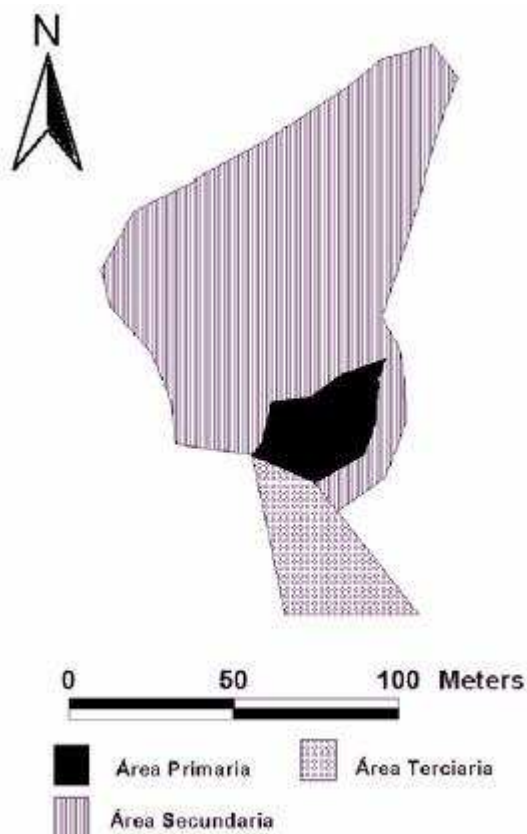


Figura 2. Distribución del área impactada por grado de afectación: Área primaria, Área Secundaria y Área Terciaria.

Que consistieron en la remoción de la pedacería de coral para evitar la muerte del coral vivo subyacente. Luego de la limpieza del área inició la restauración, con la instalación de 30 módulos de concreto y roca en el área Primaria, sobre los cuales se procedió con la cementación de fragmentos de *Pocillopora* spp. vivo rescatado

del escombro generado. Después de 2 años de la restauración del Área Primaria con módulos de concreto y roca, en mayo de 2004 inició el monitoreo del área para evaluar la recuperación de la misma. Entre los criterios de recuperación del área restaurada está la evaluación del reclutamiento sexual de los corales.

Hipótesis

Si la reproducción sexual del coral es independiente de las características del sitio, entonces la cantidad de reclutas debe ser similar en todas las localidades, afectadas o no.

Si el número de reclutas de coral varía de acuerdo a la estacionalidad climática, entonces el reclutamiento variará de acuerdo a la época del año.

Si las especies dominantes en la costa peninsular del sur del Golfo de California pertenecen al género *Pocillopora*, entonces la mayoría de los reclutas serán de este género.

Objetivo General

Evaluar el reclutamiento sexual por especie de coral utilizando sustratos artificiales en la costa peninsular del sur del Golfo de California, en un periodo de un año.

Objetivos particulares

- Cuantificar la densidad de reclutas por especie ($\text{ind m}^{-2} \text{año}^{-1}$) utilizando sustratos artificiales en el área de estudio.

- Determinar si existe relación entre la densidad de reclutas con la estructura de hábitat de cada sitio.
- Determinar si existe relación entre la densidad de reclutas con la época del año (estacionalidad).
- Estimar la variabilidad espacial en el reclutamiento a diferentes escalas, local y regional, utilizando sitios dentro de Bahía de La Paz y de Bahía de Loreto.

Área de Estudio

El programa de monitoreo del arrecife coralino afectado por el buque tanque "Lázaro Cárdenas II", el cual incluye este estudio, consideró 6 sitios de muestreo: tres de ellos ubicados en el arrecife San Lorenzo, que corresponden al Área Primaria, Secundaria y Testigo, y tres zonas testigo localizadas en diferentes lugares de la Bahía de La Paz, B.C.S: San Gabriel ($24^{\circ}25'61.1''N, 110^{\circ}22'18.4''O$), en la isla Espíritu Santo, Punta Diablo ($24^{\circ}18'44.3'' N, 110^{\circ}20'10.7'' O$), en la costa peninsular en las cercanías de Balandra, y El Portugués ($24^{\circ}40'48.5'' N, 110^{\circ}40'49.8'' O$) en la costa peninsular también, pero a unos 50 km al norte de San Juan de La Costa (Fig. 3).

Así mismo, con el fin de evaluar el efecto de la variación latitudinal sobre el reclutamiento se consideraron 6 sitios testigo ubicados en islas de la Bahía de Loreto: El Cardón ($26^{\circ}06'20.4'' N, 111^{\circ}16'08.6'' O$) situado en lado sur de la Isla Coronado, La Choya, también conocido como El Faro ($26^{\circ}02'39.7'' N, 111^{\circ}10'50.8''$

O) y Las Palmas ($25^{\circ}48'19.4''$ N, $111^{\circ}12'10.3''$ O) en Isla Carmen, el islote Submarino ($25^{\circ}45'48.6''$ N, $111^{\circ}14'36.3''$ O) y La Biznaga ($25^{\circ}48'55.3''$ N, $111^{\circ}15'33.1''$ O) en Isla Danzante, y un islote situado al sur de la bahía denominado El Candelerero ($25^{\circ}44'40.9''$ N, $111^{\circ}13'37.9''$ O). Todos estos sitios poseen algún desarrollo coralino, generalmente en la forma de cabezas aisladas, ya que están prácticamente en el límite de su distribución norte, y se caracterizan por la gran cantidad de vida asociada a los arrecifes rocosos del área.

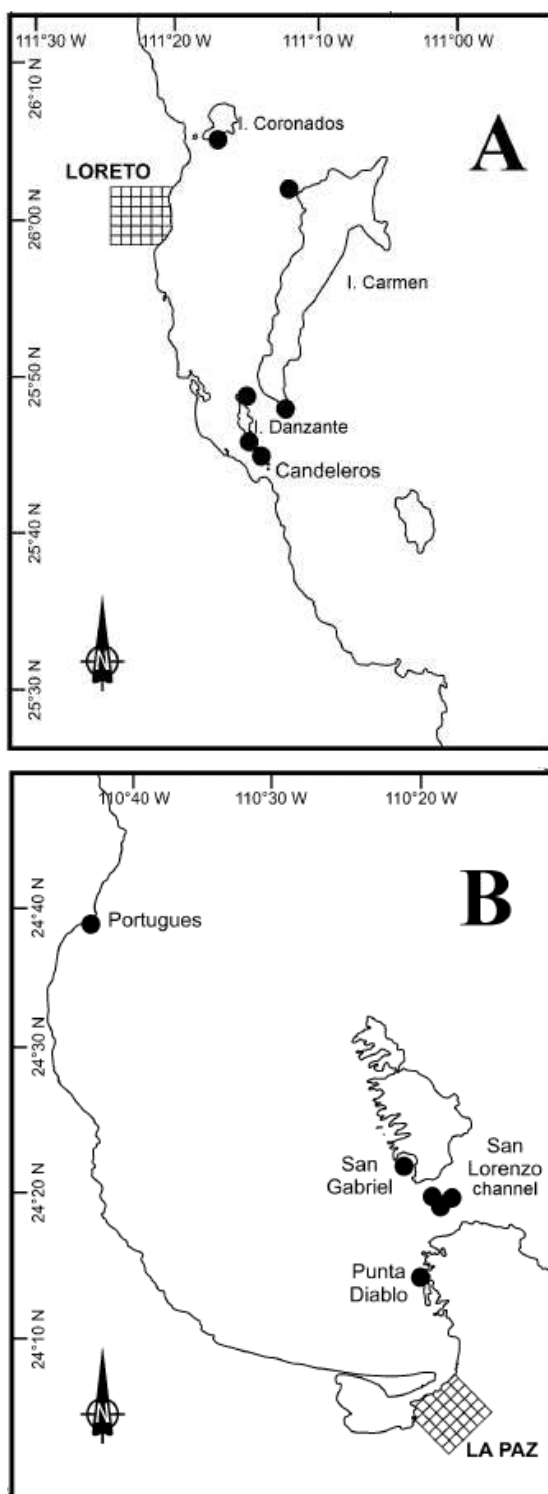


Figura 3. Localización de áreas de monitoreo: A) Islas de Loreto y B) Bahía de La Paz (Tomado de Hernández *et al.*, 2009).

Los sitios ubicados en el Canal San Lorenzo se caracterizan por el fondo cubierto de coral *Pocillopora*, una fuerte corriente, y lejanía de la costa, con excepción del Área Primaria que debido a la afectación perdió su cobertura coralina y es donde actualmente se ubican 30 módulos de concreto, para dar heterogeneidad al área coralina eliminada.

La Bahía de La Paz está localizada en la costa oriental de la península de Baja California Sur, entre los 24°07' y 24°21' de latitud norte y los 110°17' y 110°40' de longitud oeste, posee una extensión aproximada de 2,000 Km². Su profundidad máxima excede los 400m, con fondos de arena y fragmentos de carbonato de calcio (Contreras, 1985). La comunicación con el golfo de California ocurre a través de 2 bocas, La boca principal localizada al noreste, entre Los Islotes y Cabeza de Mechudo, y el Canal San Lorenzo localizado al sureste de la bahía. Durante los meses de noviembre a mayo

Los vientos soplan por la mañana del noroeste y después del crepúsculo cambian a vientos del sur. Durante el resto del año los vientos del sureste y del suroeste son los dominantes. Las calmas son frecuentes durante primavera y verano. Existen vientos que pueden alcanzar los 10 m/s (Jiménez *et al.*, 1997). Las corrientes de marea en la bahía, con una velocidad máxima de 0.321 m/s así como la corriente residual por mareas, del orden de 0.01 m/s y el viento son las principales fuerzas que impulsan la circulación en la bahía (obeso *et al.*, 2002). En la primavera la concentración de oxígeno disuelto es superior a 5.0 ml/l hasta los 20 m de profundidad, la temperatura superficial oscila alrededor de los 21°, y la

salinidad iguala o supera los 35 ppm (Villaseñor-Casales, 1979) El régimen de mareas es mixto semidiurno (Obeso *et al.*, 1993).

La Bahía de Loreto se encuentra ubicada frente a la población de Loreto en el estado de Baja California Sur, con una superficie total de 206, 508 ha. Se localiza entre las coordenadas 26° 07'49'' y 25°43'13'' Latitud Norte y 111°21'08'' y 111°13'09''. Esta bahía se encuentra en la parte central del Golfo de California y está delimitada por dos islas pequeñas: Isla Coronados e Isla Danzante; e Isla Carmen de mayor tamaño.

La temperatura media anual de la zona es mayor a 18°C. En primavera la temperatura superficial del mar es de 20°C; en verano de 29°C; en otoño de 25°C y en invierno de 18 y 19°C. Presenta un clima muy árido según el sistema climático de Köppen, modificado por García (1973), en el cual existe muy poca humedad. El régimen pluvial es intermedio en verano y presenta sustratos de sedimento marino calcáreo, terrígeno proximal y arena (Anónimo, 1994)

Metodología

Para cuantificar el número de reclutas por especie de coral, se colocaron sustratos artificiales (losetas de ladrillo de 24 x 9.4 x 2.5 cm) de dimensiones tales que pudieran ser instalados con facilidad, y existiera la posibilidad de retirarlos a intervalos regulares (Figura 4).



Figura 4. Loseta de ladrillo diseñada específicamente para el estudio de reclutamiento de coral y de la fauna incrustante en el área impactada y áreas testigos.

Para estimar la variación espacial del reclutamiento coralino se instalaron 30 losetas en el Área Primaria y 6 en todos los otros sitios de las bahías de La Paz y Loreto.

Para estimar la variación temporal del reclutamiento coralino, las losetas fueron removidas y substituidas por nuevas cada 3 meses, la diferencia en los números de losetas se debe principalmente a la prioridad de detectar reclutas en el área del arrecife restaurado.

Una vez retiradas las losetas del mar, se fijaron utilizando una solución de formol al 4%. Para la remoción de toda la materia orgánica las losetas ya limpias de formol se sumergieron por 24 horas en una solución de hipoclorito de sodio al 20%.

La cuantificación e identificación preliminar de los reclutas se hizo utilizando un microscopio estereoscópico. Los corallitos observados fueron procesados para microscopía electrónica dándoles un baño de platino, luego de un periodo de deshidratación mediante una serie de baños en etanol de creciente graduación (30 a 96°), para obtener imágenes de alta resolución. Con ellas se corroboró la identificación taxonómica de los corallitos. Este muestreo permitió estimar la tasa de reclutamiento y la variación estacional de la misma.

Para la identificación de reclutas se utilizaron los artículos de Minton y Lundgren (2006) y de Babcock *et al.* (2003), porque en ellos se describen la mayoría de los reclutas de las especies presentes en el Pacífico Oriental Tropical, que son ilustrados con buenas imágenes fotográficas.

Utilizando el método de cuadrantes sobre transecto (30 m de largo), se caracterizó la estructura de hábitat para cada uno de los sitios; para ello se evaluaron, de modo alternativo (derecho e izquierdo), la cobertura del tipo de categoría de sustrato en cuadrantes de 25 X 25 cm. En cada sitio se desarrolló esta metodología con 2 réplicas. Las categorías de sustratos fueron agrupadas funcionalmente (no taxonómicamente), ya que el objetivo fue ilustrar la estructura del hábitat. Las categorías fueron:

- Sustratos Duros, que incluye todos los sustratos rocosos, independiente de su tamaño.
- Tapetes algales, que incluye a algas con crecimiento en forma de tapete, como muchas rodófitas.
- Algas talosas, incluye a algas con talo y crecimiento diferente al de tapete, como el alga café *Sargassum*.
- Coral, sustratos coralinos con tejido vivo.
- Coral muerto, sustratos coralinos sin tejido vivo.
- Otros cnidarios. Incluye a otros tipos de cnidarios sésiles.
- Otros Invertebrados, que incluye a los moluscos, poliquetos y crustáceos.
- Sustratos Blandos, corresponde a sustratos arenosos.

Para registrar la temperatura se utilizaron termógrafos que se instalaron en algunos sitios durante el periodo analizado. En los sitios de la Bahía de La Paz se pusieron a 7 metros de profundidad aproximadamente, en el caso de Bahía de Loreto se pusieron a 4 metros de profundidad. Los termógrafos registraron la temperatura cada hora.

Para estimar el reclutamiento primero se calculó la densidad. Para esto se contó el número de reclutas y se dividió entre la superficie revisada (dependiente del

numero de lajas analizadas); esto se hizo para cada sitio, por temporada y total (Fórmula 1).

Fórmula 1. Densidad.

$$D_i = \frac{\sum ni}{\sum A}$$

D_i = Densidad de la especie i

n_i = Número de individuos de la especie i

A = Unidad de área

Tasa de reclutas por unidad de tiempo

Una vez obtenido el valor de densidad se calculó la tasa de reclutamiento por unidad de tiempo. Para ello se usó el tiempo total de exposición (478 días para Bahía de La Paz y 172 para la Bahía de Loreto) y así generar la tasa anual de reclutamiento de cada sitio.

Para evaluar las diferencias en la densidad de reclutas entre sitios así como entre muestreos, se aplicó un análisis de varianza de una vía Tipo IV, $[\alpha] = 0.05$, a datos normalizados con la transformación logarítmica ($\log n+1$) cuya normalidad, homocedasticidad, así como el supuesto de no correlación entre las medias y la desviación estándar o varianza se comprobaron con las pruebas de bondad de ajuste, prueba de Bartlett y Levene y de no correlación entre medias y varianzas

respectivamente (Anexo 1). Se utilizó la prueba de LSD como análisis *post-hoc* para determinar el origen de las diferencias.

Con el fin de encontrar si existe relación entre el reclutamiento y el tipo de sustrato disponible en cada sitio, así como con la temperatura, se hicieron regresiones lineales simples. En el caso del tipo de sustrato disponible, estas regresiones se hicieron con las densidades promedio por sitio y los porcentajes de sustratos promedio por sitio, tomando en cuenta los seis sitios de la Bahía de La Paz y los seis sitios de la Bahía de Loreto (N=12). En el caso de la temperatura las regresiones se hicieron con las densidades promedio por muestreo y las temperaturas promedio de ese periodo (muestreo a muestreo), considerando los cinco muestreos de la Bahía de La Paz y los dos muestreos de la Bahía de Loreto (N=7). En todos los análisis los valores de cero fueron tomados en cuenta (Anexo 1).

Todas las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el paquete estadístico Statistica 7.1 (StatSoft, Inc., 2005).

Resultados

Reclutamiento Coralino

Bahía de La Paz

Se revisó un total de 242 lajas (13.94 m² de superficie) correspondientes a los muestreos de Agosto y Noviembre de 2004, Febrero, Junio y Septiembre de 2005, de las cuales 146 corresponden al área de módulos, 23 (1.32 m²) al área secundaria, 23 (1.32 m²) al área testigo, 16 (0.92 m²) al área de Punta Diablo, 18 (1.04 m²) al área de El Portugués y 16 (0.92 m²) al área de San Gabriel. La diferencia en los números, respecto a los descritos en Materiales y Métodos, significa que algunas losetas se fragmentaron y perdieron en el mar. El tiempo de exposición de las lajas en cada sitio fue de aproximadamente 90 días, y la sumatoria considerando todo el periodo de estudio fue de 478 días.

Se contaron un total de 109 reclutas en las 242 lajas, que en términos de densidad corresponde a 7.82 ind m⁻². Los reclutas pertenecen a 4 géneros, 102 de ellos pertenecientes al género *Porites* (7.32 ind m⁻²), cinco a *Pocillopora* (0.36 ind m⁻²), uno a *Pavona* (0.07 ind m⁻²), y uno al género *Tubastraea* (0.07 ind m⁻²). Las densidades tuvieron un amplio rango de variación, teniendo como promedio 17.92 ind m⁻² ± 38.09 ind m⁻², con un mínimo de 0 ind m⁻² en el área Secundaria y Testigo, y un máximo de 103.08 ind m⁻² en Punta Diablo. Este último fue el único sitio que mostró diferencias estadísticamente significativas (P < 0.05) con respecto a los otros sitios (Figura 5).

La tasa anual de reclutamiento promedio fue de $13.68 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1} \pm 29.09 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, variando desde $0 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en el Área Secundaria y Testigo, hasta $78.71 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en Punta Diablo (Tabla I).

Ahora bien, desde un punto de vista temporal las densidades variaron desde 0.57 ind m^{-2} en el muestro de febrero 2005 hasta $231.48 \text{ ind m}^{-2}$ en el muestreo de noviembre de 2004, con un promedio de $17.92 \text{ ind m}^{-2} \pm 105.73 \text{ ind m}^{-2}$. El muestreo de noviembre de 2004 fue el único que mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) (Tabla II) (Figura 6).

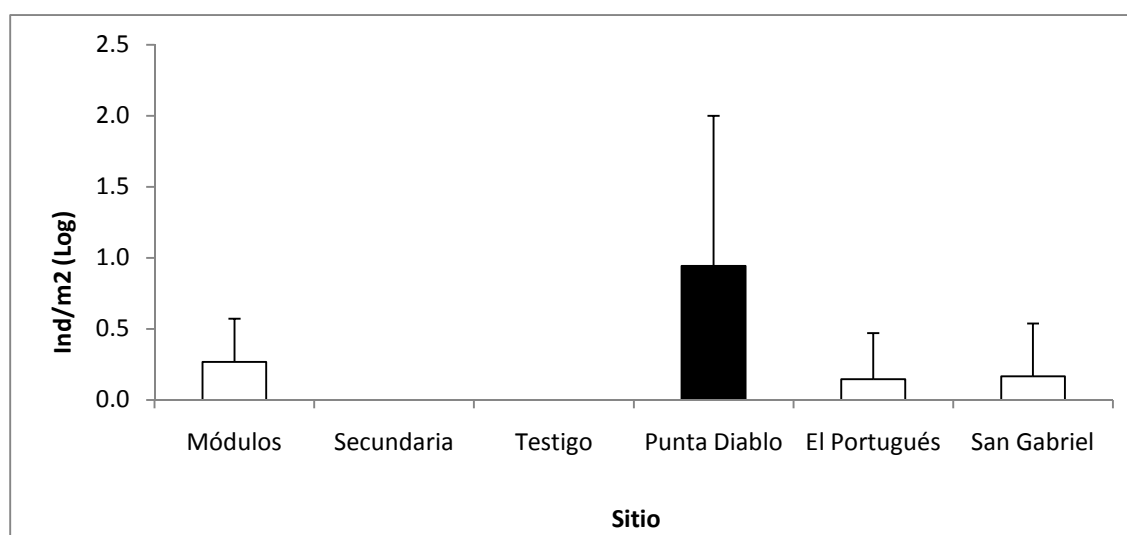


Figura 5. Reclutamiento promedio y desviación estándar en los sitios de muestreo de Bahía de La Paz. La barra negra indica que mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) (los datos se presentan en escala logarítmica).

Tabla I. Densidad promedio de reclutas y tasa anual de reclutamiento por sitio en la Bahía de La Paz (* mostraron diferencias significativas $p < 0.05$).

Sitio	Densidad promedio (ind m⁻²)	Tasa anual de reclutamiento (ind m⁻² año⁻¹)
Módulos	1.31 ± 1.07	1.00
Secundaria	0 ± 0	0
Testigo	0 ± 0	0
Punta Diablo*	103.08 ± 99.84	78.71
El Portugués	0.96 ± 1.94	0.74
San Gabriel	2.17 ± 2.58	1.66
Promedio	17.92 ± 38.09	13.68

Tabla II. Densidad promedio y desviación estándar de reclutas por muestreo en la Bahía de La Paz (* mostraron diferencias significativas $p < 0.05$).

Muestreo	Densidad promedio (ind m⁻²)	Rango (ind m⁻²)	
		Mínimo	Máximo
Agosto 2004	0.29 ± 0.70	0.00	1.74
Noviembre 2004*	40.94 ± 93.37	0.00	231.48
Febrero 2005	0.10 ± 0.23	0.00	0.57
Junio 2005	0.58 ± 1.41	0.00	3.48
Septiembre 2005	8.10 ± 19.84	0.00	48.61
Promedio	17.92 ± 105.73	0.10	40.94

Reclutamiento por Sitio

Área de Módulos

En esta área se encontró un total de 11 reclutas en las 146 lajas revisadas (1.31 ind m^{-2}). De ellos, 3 reclutas se registraron en el muestreo de Agosto de 2004 (de ellos 2 fueron del género *Pocillopora* y 1 del género *Porites*), 7 en el muestreo de Noviembre de 2004 (3 de éstos pertenecen al género *Pocillopora*, 2 al género *Porites* [Fig. 6], uno al género *Pavona* y uno al género *Tubastraea*), un recluta en el muestreo de Febrero de 2005 (*Pocillopora* sp.); para los muestreos de Junio y Septiembre de 2005 no se encontraron reclutas en las lajas. La figura 7 muestra la densidad de reclutas en esta área considerando todos los muestreos, teniendo como promedio $1.27 \text{ ind m}^{-2} \pm 1.70 \text{ ind m}^{-2}$; su valor más bajo (0.00 ind m^{-2}) se registró durante los muestreos de Junio y Septiembre de 2005, siendo el muestreo de Noviembre 2004 donde la densidad alcanzó un pico, con 4.05.



Figura 6. Imagen de microscopio electrónico de barrido de un recluta perteneciente al género *Porites* encontrado en el Área de Módulos durante el muestreo de Noviembre de 2004.

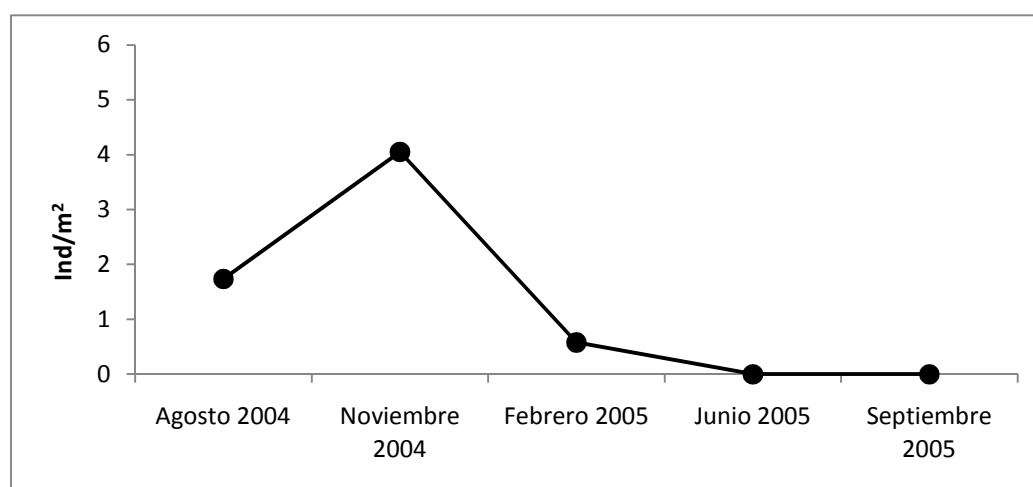


Figura 7. Densidad total de reclutas encontrada en el área de Módulos durante los muestreos.

Área Secundaria

En esta área no se encontraron coralitos sobre las lajas en ningún muestreo.

Área Testigo

Ningún recluta de coral fue encontrado sobre las lajas durante los diferentes muestreos.

Punta Diablo

En este sitio se encontró el mayor número de reclutas, en total 95 ($103.08 \text{ ind m}^{-2}$), todos ellos del género *Porites* (Figura 8). Ochenta de ellos fueron encontrados en el muestreo de Noviembre de 2004, uno en el muestreo de Junio de 2005, y 14 en el muestreo de Septiembre de 2005, mientras que para Agosto de 2004 y Febrero de 2005 no se encontró ningún coralito. En la Figura 9 podemos ver las densidades de reclutas encontrada en este sitio, teniendo un promedio de $56.71 \text{ ind m}^{-2} \pm 99.84 \text{ ind m}^{-2}$. Los valores más bajos fueron 0.00 ind m^{-2} durante los muestreos de Agosto de 2004 y Febrero de 2005, un pico en el muestreo de Noviembre 2004 (231 ind m^{-2}), y un valor intermedio en Septiembre 2005 (48.61 ind m^{-2}).

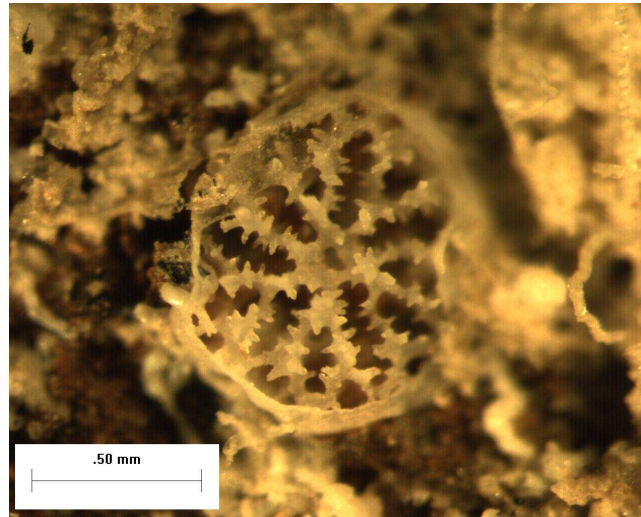


Figura 8. Fotografía de microscopio estereoscópico de recluta perteneciente al género *Porites* encontrado en Punta Diablo durante el muestreo de Noviembre de 2004.

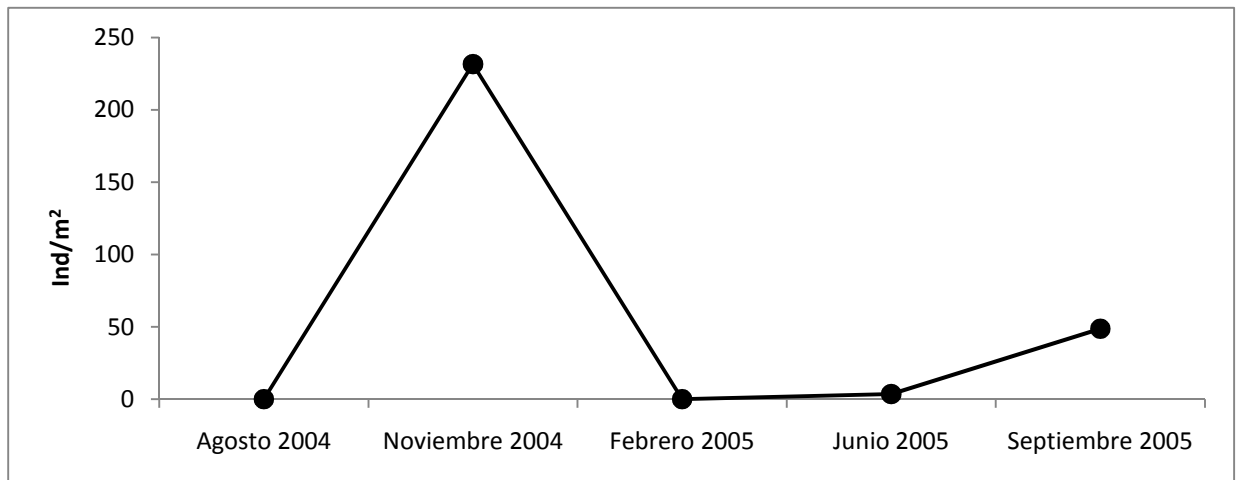


Figura 9. Densidad total por fecha de muestreo de reclutas en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.

El Portugués

En esta área se encontró solo un individuo (0.96 ind m^{-2}) en todos los muestreos, este pertenece al género *Porites* (Figura 10), y fue registrado en el muestreo de Noviembre de 2004; en el resto de los muestreos no se encontraron reclutas. Esto corresponde a una densidad de 0.74 ind m^{-2} y de 4.43 ind m^{-2} para el muestreo de noviembre 2004 (Figura 11).

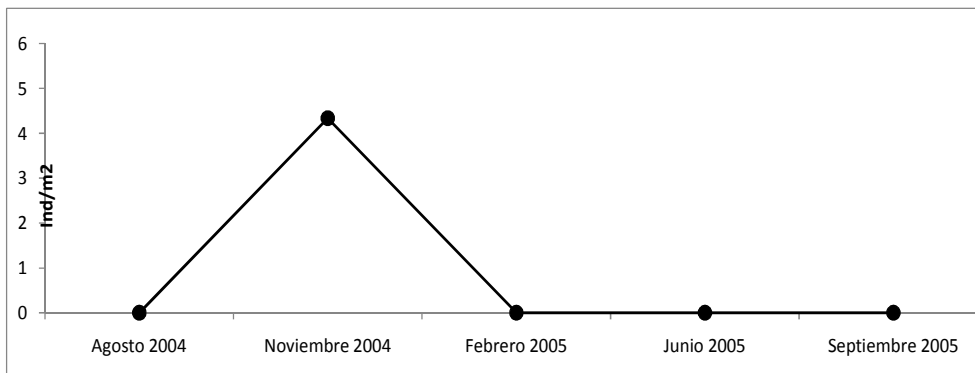


Figura 11. Densidad total por fecha de muestreo de reclutas en El Portugués, Bahía de La Paz, B.C.S.

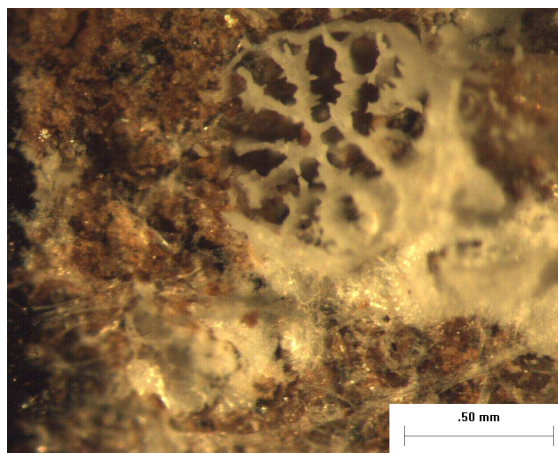


Figura 10. Recluta perteneciente al género *Porites* encontrado en El Portugués durante el muestreo de Noviembre de 2004.

San Gabriel

Para esta área se encontraron en total dos individuos en el ciclo anual (2.17 ind m^{-2}), ambos pertenecientes al género *Porites* (Figura 12), fueron registrados en el muestreo de Noviembre de 2004; en el resto de los muestreos no se encontraron reclutas. Esto corresponde a una densidad de 1.66 ind m^{-2} al año y de 5.79 ind m^{-2} para el muestreo de noviembre 2004 (Figura 13).



Figura 12. Recluta perteneciente al género *Porites* encontrado en San Gabriel, Bahía de La Paz, durante el muestreo de Noviembre de 2004.

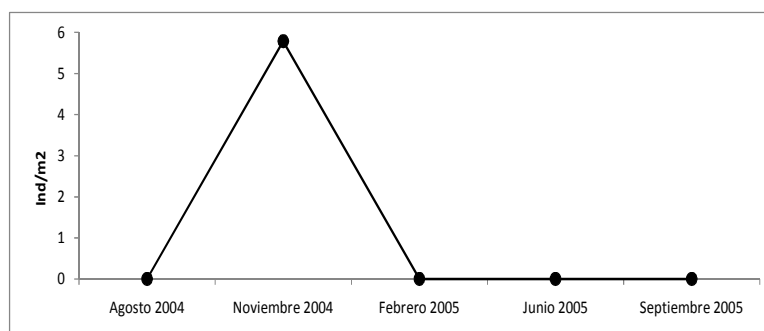


Figura 13. Densidad total por fecha de muestreo de reclutas en San Gabriel, Bahía de La Paz, B.C.S.

El comportamiento general de la distribución de los reclutas encontrados en cada uno de los muestreos en Bahía de La Paz se muestra en la Figura 14. Destaca un pico de reclutamiento se observa en el muestreo de Noviembre de 2004, teniendo valores de 4.05 ind m⁻² para el área de Módulos, 231.48 ind m⁻² para Punta Diablo, 4.34 ind m⁻² para El Portugués, y 5.79 ind m⁻² para San Gabriel, así mismo, en este periodo de muestreo fue donde se encontraron reclutas en todos los sitios excepto en el área Secundaria y el área Testigo.

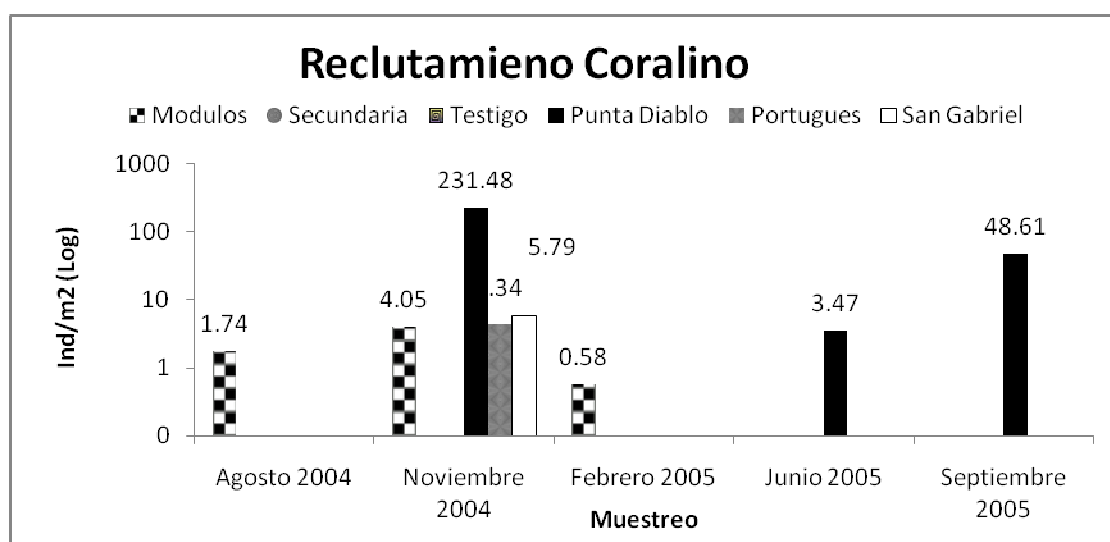


Figura 14. Distribución temporal de la densidad total de reclutas en la Bahía de La Paz. Los datos se muestran en escala logarítmica.

Islas de Loreto

Se revisó 34 lajas (1.96 m²) correspondientes a los muestreos de Octubre 2004 y Enero 2005, de las cuales 7 (0.40 m²) pertenecen a Las Palmas, 6 (0.35 m²) a La Choya, 6 (0.35 m²) a El Submarino, 5 (0.29 m²) a El Cardón, 3 (0.17 m²) a

Biznaga, y 7 (0.40 m²) a Candeleros. La diferencia en los números con respecto a las presentadas en materiales y métodos significa que algunas losetas se fragmentaron y perdieron en el mar. El tiempo total de exposición de las lajas por sitio, considerando los 2 muestreos, fue de 172 días (aprox. 6 meses).

Hubo 3 reclutas en total (1.53 ind m⁻²) pertenecientes al género *Porites*. La densidad promedio fue de 1.38 ind m⁻² ± 2.38 ind m⁻², con un mínimo de 0 ind m⁻² en Choya, Cardón, Biznaga y Palmas y un máximo de 5.79 ind m⁻² en Submarino y 2.48 ind m⁻² en Candeleros. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los sitios (Figura 15).

Temporalmente las densidades fluctuaron de 1.58 ind m⁻² en el muestreo de Octubre 2004 a 1.51 ind m⁻² en el de Enero 2005. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos muestreos ($P > 0.05$) (Figura 16).

Reclutamiento por Sitio

Las Palmas

En esta área no se encontraron reclutas de coral en ningún muestreo.

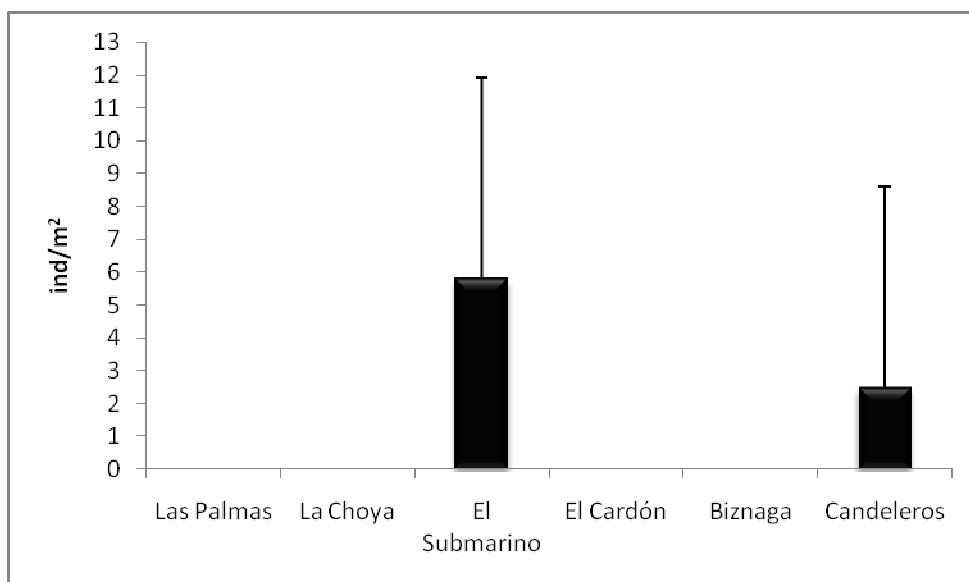


Figura 15. Reclutamiento promedio y desviación estándar en los sitios de muestreos en las Islas de Loreto.

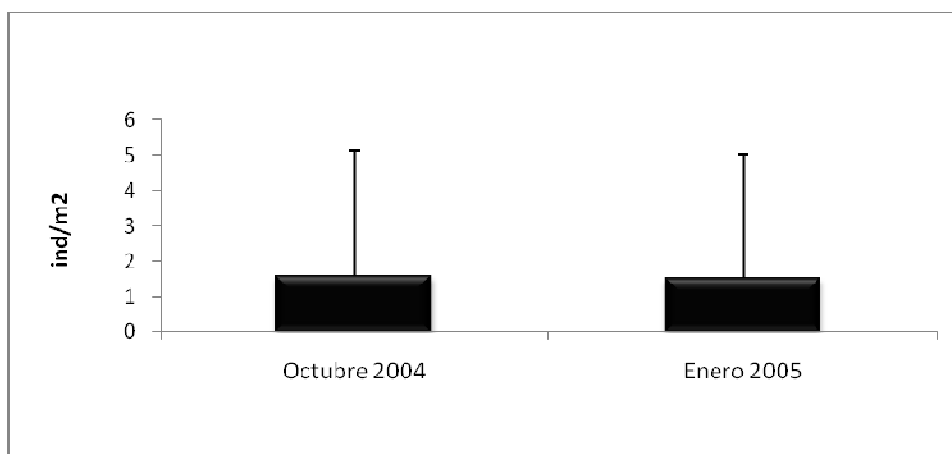


Figura 16. Reclutamiento promedio y desviación estándar por muestreo en las islas de Loreto.

Choya

En esta área no se encontraron reclutas de coral en ningún muestreo.

El Submarino

En este sitio se registró el mayor número de reclutas (2), ambos del género *Porites* (Figura 17), y en el muestreo de Enero 2005. La densidad de reclutas encontrada en este sitio durante este periodo fue de 8.68 ind m⁻².

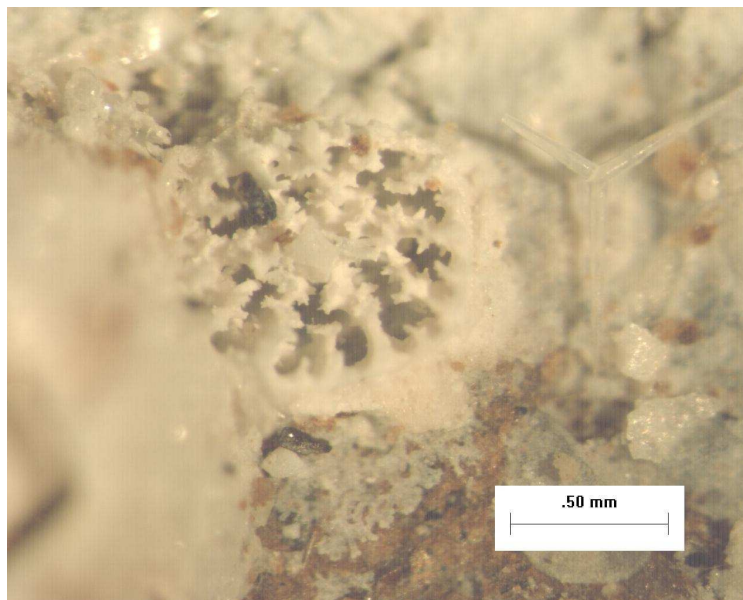


Figura 17. Recluta perteneciente al género *Porites* encontrado en El Submarino durante el muestreo de enero de 2005.

El Cardón

En esta área no se encontraron reclutas de coral en las lajas sumergidas en ningún muestreo.

Biznaga

En esta área no se encontraron reclutas de coral en las lajas sumergidas en ningún muestreo.

Candeleros

En esta área se encontró un individuo perteneciente al género *Porites* (Figura 18), y fue registrado en el muestreo de Octubre 2004. Esto corresponde a una densidad de 8.68 ind m⁻².



Figura 18. Recluta perteneciente al género *Porites* encontrado en San Gabriel durante el muestreo de Noviembre de 2004.

En la figura 19 se muestra el comportamiento estacional de la densidad de reclutas total por sitio. El muestreo en donde se encontraron más reclutas fue en el mes de Enero de 2005, aunque solo en 2 sitios, teniendo valores de 2.89 ind m⁻² para Las Palmas, y 8.68 ind m⁻² para El Submarino. En el muestreo de Octubre de 2004 solo se encontró un recluta y fue registrado en Candeleros, correspondiendo a una densidad de 8.68 ind m⁻².

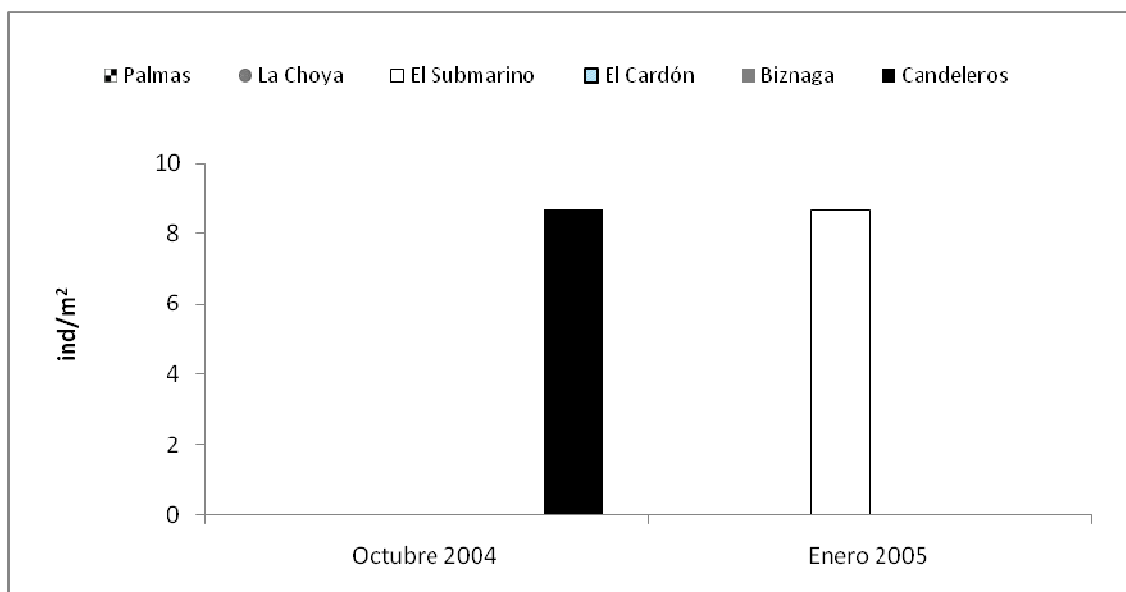


Figura 19. Distribución de la densidad total de reclutas encontrados en Loreto por muestreo.

Estructura de Hábitat

Bahía de La Paz

Canal San Lorenzo, Área de Módulos

El área de módulos mostró una estructura de hábitat con predominio de coral muerto (44%) y sustratos blandos (37%); todas las demás categorías mostraron valores menores al 10% (Figura 20).

Canal San Lorenzo, Secundaria

En esta área se registró una dominancia de corales vivos (36%), tapetes algales (27%) y corales muertos (21%), y el resto de las categorías presentaron valores muy bajos (Figura 21).

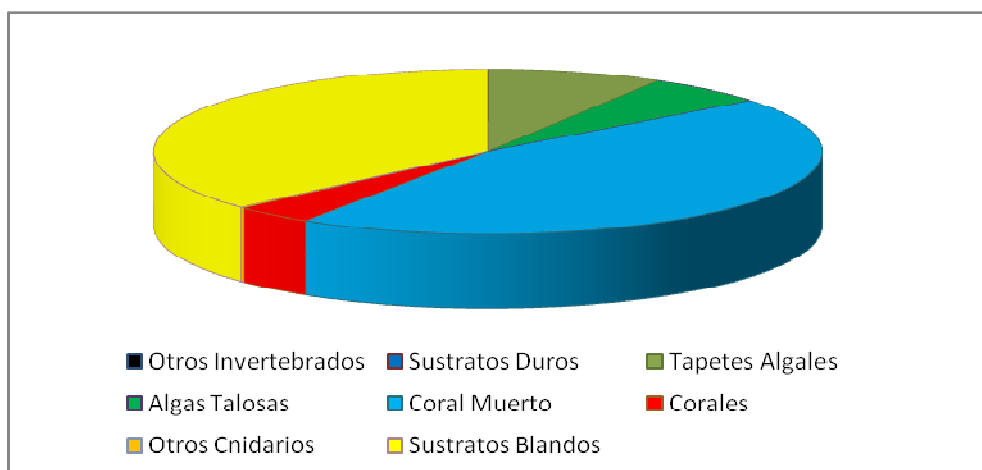


Figura 20. Estructura de hábitat en el área de Módulos del Canal San Lorenzo, Bahía de La Paz.

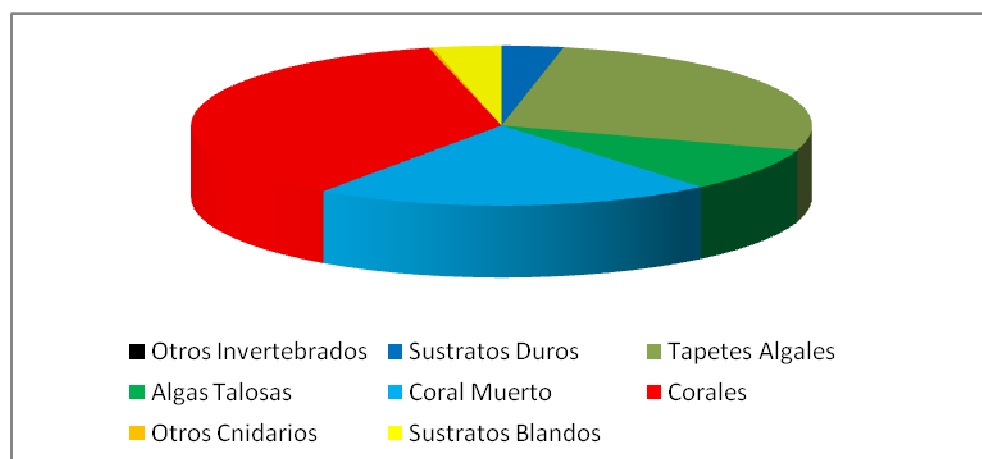


Figura 21. Estructura de hábitat en el área Secundaria del Canal San Lorenzo, Bahía de La Paz.

Canal San Lorenzo, Área Testigo

Para el área testigo las categorías con mayor porcentaje fueron corales vivos (32%), sustratos blandos (24%) y tapetes algales (23%), y las demás presentaron valores bajos (Fig. 22).

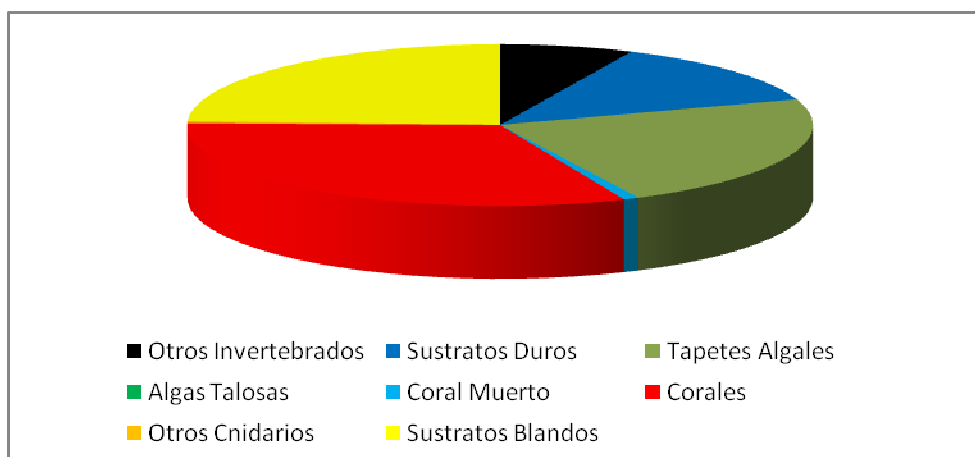


Figura 22. Estructura de hábitat en el área Testigo del Canal San Lorenzo, Bahía de La Paz.

Punta Diablo

En esta área los sustratos predominantes fueron los sustratos duros (32%), corales vivos (24%), sustratos blandos (21%) y otros invertebrados (18%), y el resto presentaron valores bajos (Fig. 23).

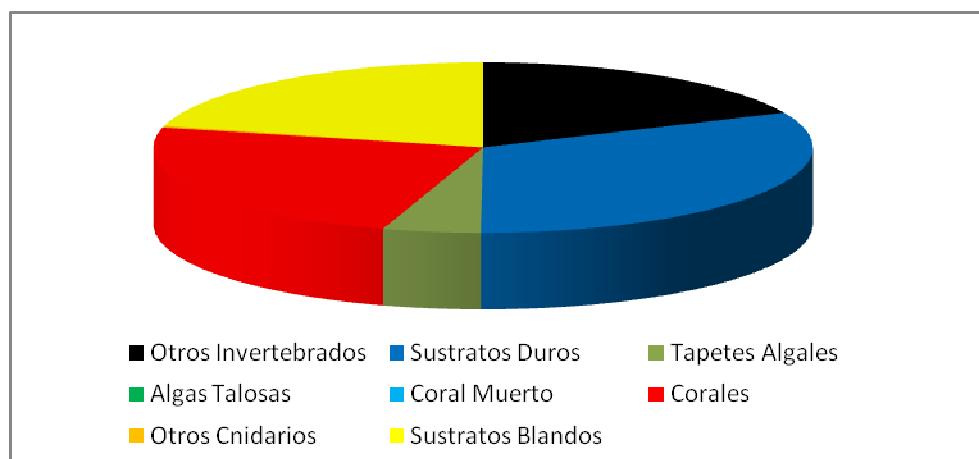


Figura 23. Estructura de hábitat en Punta Diablo, Bahía de La Paz.

El Portugués

En El Portugués los sustratos predominantes fueron los tapetes algales (37%), corales vivos (35%), y sustratos blandos (25%), y el resto de las categorías tuvieron valores bajos (Fig. 24).

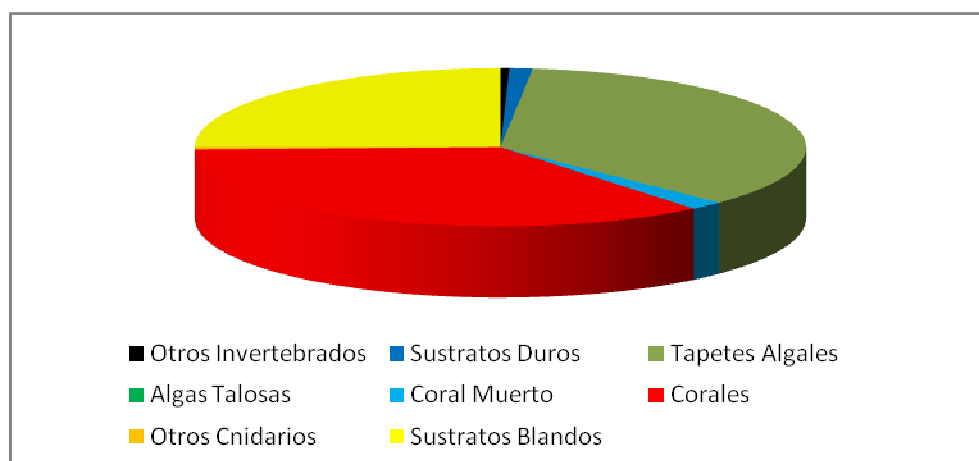


Figura 24. Estructura de hábitat en El Portugués, Bahía de La Paz.

San Gabriel

En esta área las categorías con mayor porcentaje fueron los corales vivos (36%), tapetes algales (28%) y sustratos blandos (27%). Las demás categorías tuvieron porcentajes bajos de cobertura (Figura 25).

Islas de Loreto

Las Palmas

El sustrato de esta área tuvo un predominio de algas talosas (58 %) y sustratos blandos (30%; todas las otras categorías mostraron valores menores al 10%) (Figura 26).

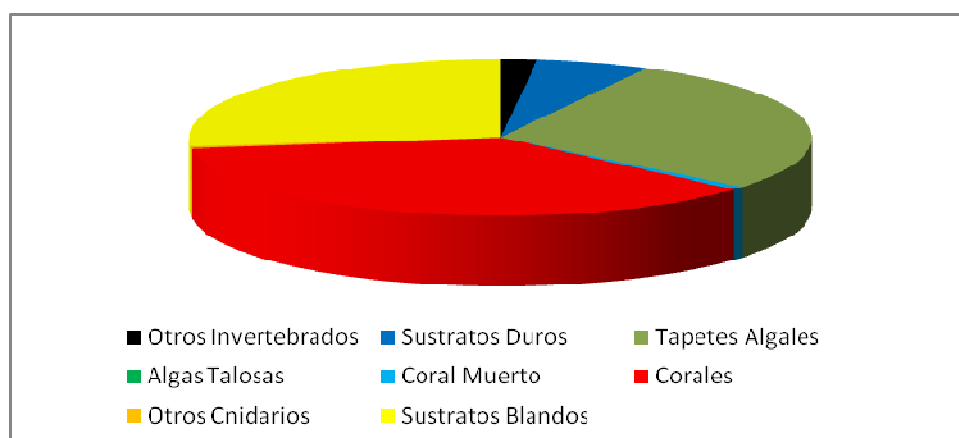


Figura 25. Estructura de hábitat en San Gabriel, Bahía de La Paz.

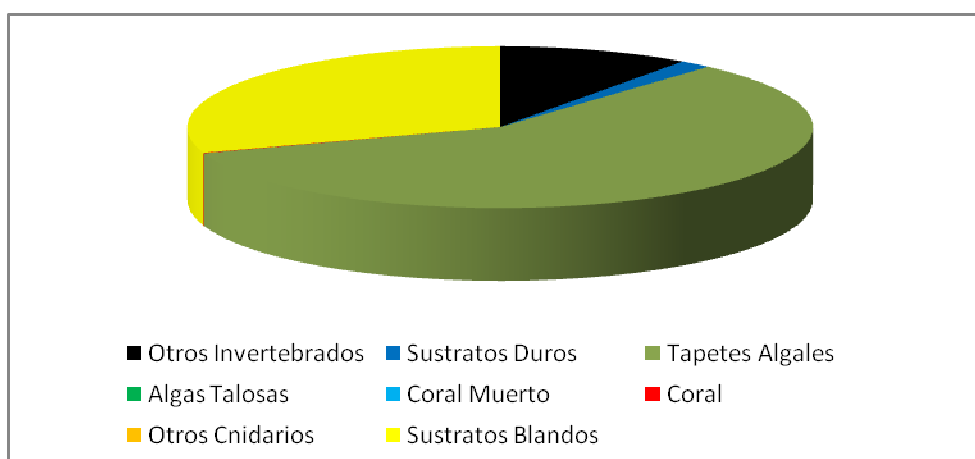


Figura 26. Estructura de hábitat en Las Palmas, Isla Carmen, bahía de Loreto.

La Choya

En esta área se registró una dominancia de tapetes algales (63%) y sustratos blandos (17%); el resto de las categorías tuvieron valores bajos (Figura 27).

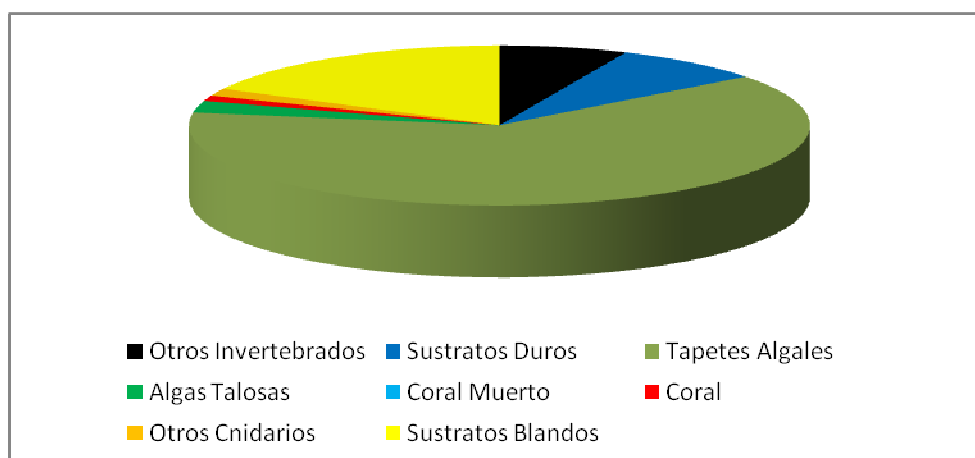


Figura 27. Estructura de hábitat en La Choya, Isla Carmen, bahía de Loreto.

El Submarino

Para esta área los sustratos con mayor porcentaje fueron tapetes algales (35%), sustratos blandos (34%) y otros cnidarios (15%); las demás categorías presentaron valores bajos (Figura 28).

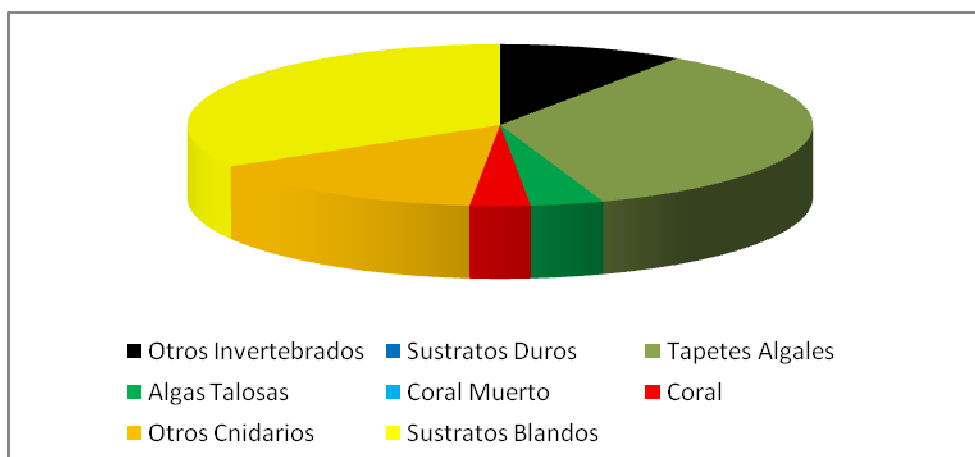


Figura 28. Estructura de hábitat en El Submarino, Isla Danzantes, bahía de Loreto.

El Cardón

En esta área los sustratos predominantes fueron las algas talosas (31%), sustratos blandos (31%) y tapetes algales (29%); el resto de los sustratos presentaron valores bajos (Figura 29).

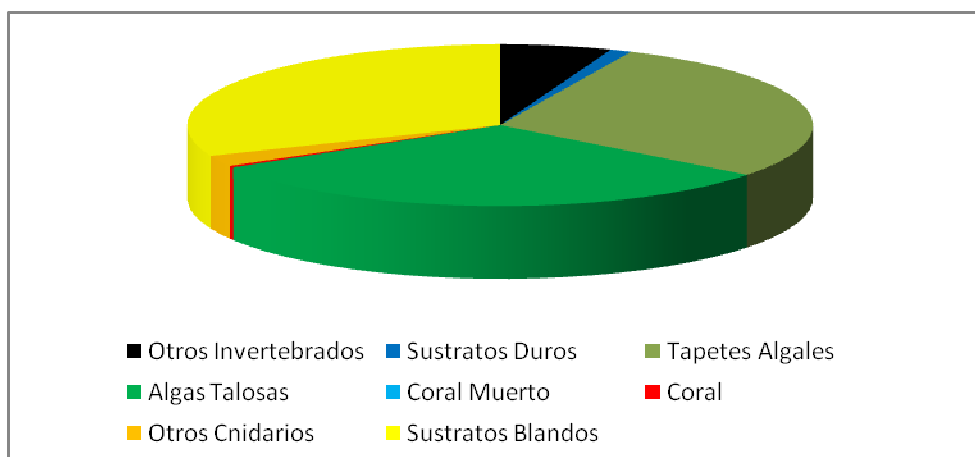


Figura 29. Estructura de hábitat en El Cardón, Isla Coronados, bahía de Loreto.

Biznaga

En Biznaga los sustratos predominantes fueron los tapetes algales (68%), sustratos blandos (16%), y otros invertebrados (10%); el resto de las categorías tuvieron valores bajos (Figura 30).

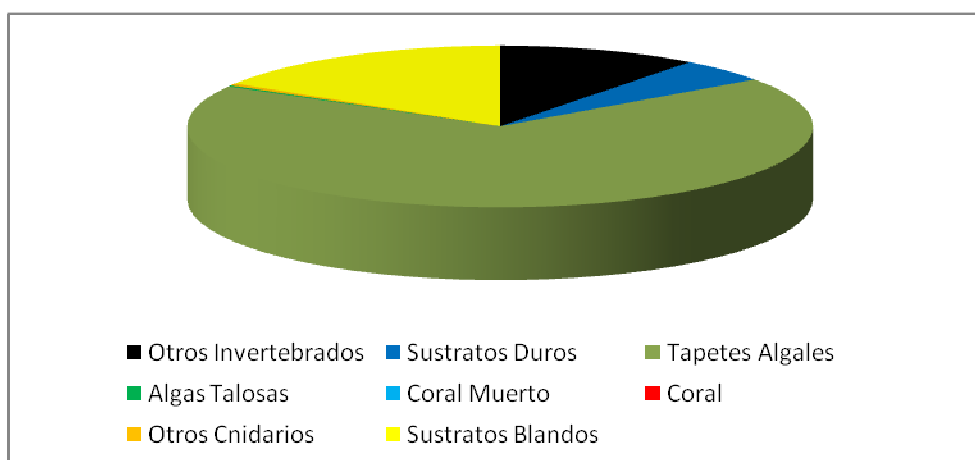


Figura 30. Estructura de hábitat en Biznaga, Isla Danzantes, bahía de Loreto.

Candeleros

En esta área los sustratos con mayor porcentaje fueron los tapetes algales (46%), sustratos blandos (40%) y otros invertebrados (10%). Las demás categorías tuvieron porcentajes bajos (Figura 31).

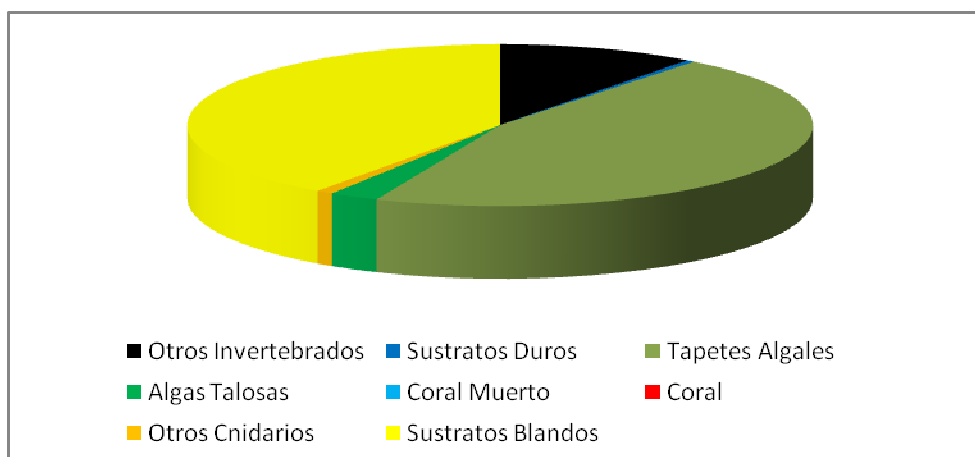


Figura 31. Estructura de hábitat en el islote Candeleros, bahía de Loreto.

Relación Reclutamiento-Sustrato

Para establecer si existe alguna relación entre el reclutamiento y el tipo de sustrato disponible se hicieron regresiones lineales simples, utilizando los valores de porcentaje de sustrato de cada sitio y las densidades promedio de reclutas por sitio de Bahía de La Paz e islas de Loreto. Como evidencia la Tabla III, los mejores ajustes fueron obtenidos por las categorías de sustratos duros (Figura 32) y otros invertebrados, y los menores por los sustratos blandos y otros cnidarios, teniendo significancia ($p < 0.05$) las categorías de sustratos duros y otros invertebrados (Anexo 1).

Tabla III. Ecuaciones, valores de la bondad de ajuste (r^2) y valor de P de las regresiones lineales simples entre la densidad de reclutas y el porcentaje de cobertura de sustrato disponible en cada sitio en el estudio, N=12.

Sustrato	Ecuación	r^2	P
Sustratos Duros	$y = 1.575x - 3.471$	0.778	0.0001
Otros Invertebrados	$y = 2.013x - 7.601$	0.472	0.013
Tapetes Algales	$y = -0.382x + 19.40$	0.228	0.11
Algas Talosas	$y = -0.335x + 7.363$	0.032	0.57
Coral	$y = 0.145x + 3.766$	0.022	0.64
Coral Muerto	$y = -0.167x + 6.806$	0.020	0.65
Sustratos Blandos	$y = -0.140x + 9.428$	0.007	0.78
Otros Cnidarios	$y = -0.201x + 6.214$	0.002	0.87

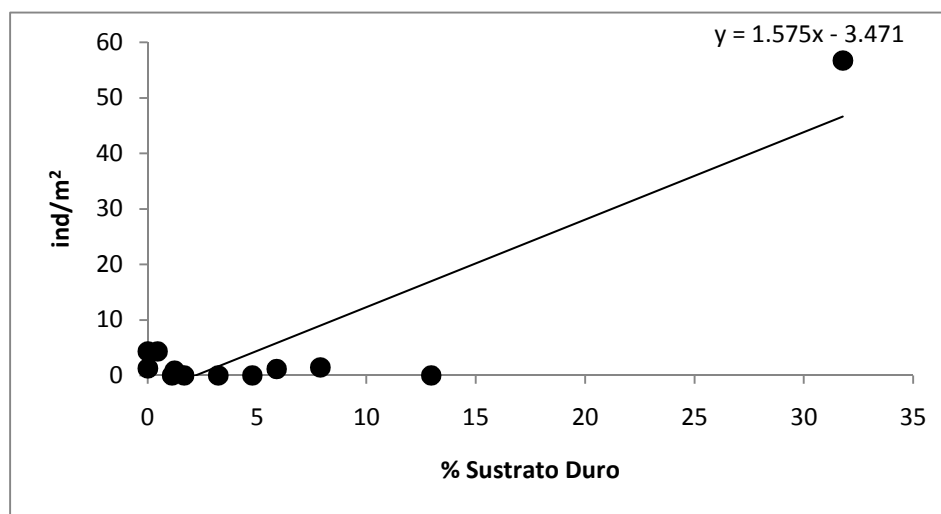


Figura 32 Relación entre el reclutamiento y el porcentaje de sustrato duro en cada sitio del estudio, N=12.

Temperatura

Bahía de La Paz

La figura 33 muestra el comportamiento temporal de la temperatura en los diferentes periodos analizados. Las temperaturas máximas ocurrieron en el periodo entre agosto y noviembre, y las más bajas entre febrero y junio.

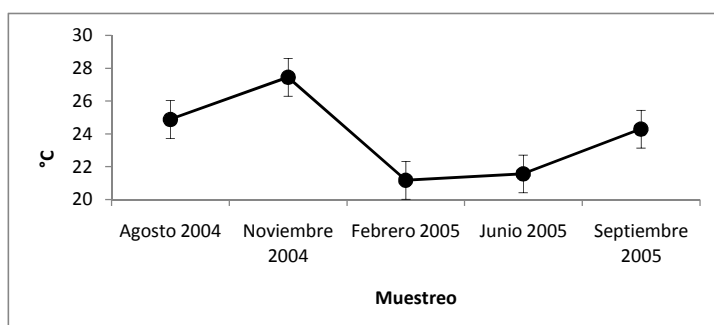


Figura 33. Comportamiento temporal de la temperatura en los diferentes periodos muestreados en la Bahía de La Paz.

Islas de Loreto

La figura 34 muestra el comportamiento temporal de la temperatura en los dos muestreos analizados en los sitios de bahía de Loreto. Las temperaturas máximas registradas ocurrieron en el periodo entre agosto y octubre y las más bajas entre octubre y enero.



Figura 34. Comportamiento temporal de la temperatura en los diferentes periodos muestreados en las Islas de Loreto.

Relación Reclutamiento-Temperatura

Para establecer si existe alguna relación entre el reclutamiento y la temperatura se hizo una regresión lineal simple, utilizando los valores de temperatura promedio y las densidades promedio de reclutas por muestreo, tanto de la Bahía de La Paz como de la Bahía de Loreto (Figura 35). El valor de r^2 fue de 0.54 (N=7), sin embargo este ajuste no fue significativo ($p > 0.05$) (Ver Anexo 1).

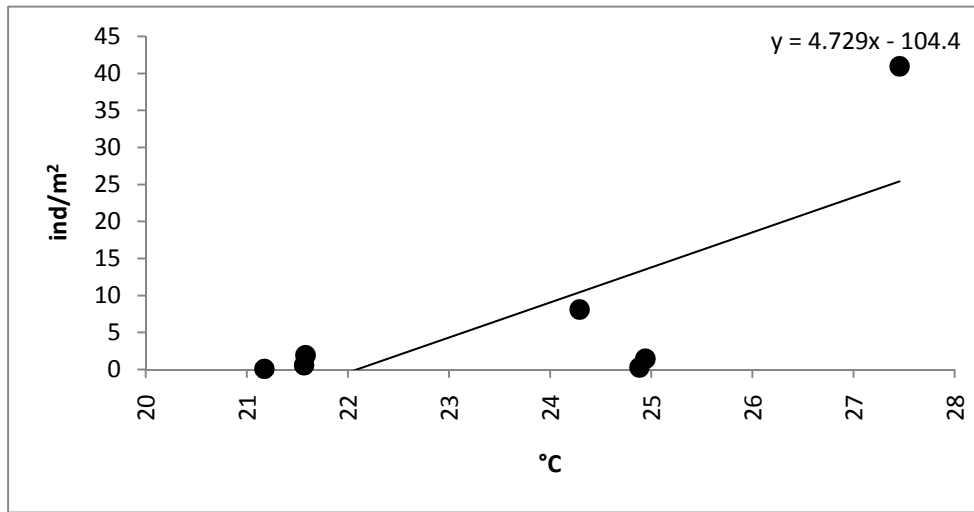


Figura 35. Relación entre el reclutamiento (densidad) y la temperatura durante el periodo muestreado. N=7

Discusión

Las densidades de reclutas registradas en este análisis son similares e inclusive superiores a los mencionados en otros estudios, tanto de la región del Pacífico Centroamericano como del Mexicano (Tabla V). Por ejemplo, Birkeland (1977) halló $0.21 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ de *Porites* en Panamá, valores muy inferiores al promedio de Bahía de La Paz y de Loreto. En el caso del Pacífico de México, Medina-Rosas (2000) registró $1.08 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ de *Porites* en Bahía de Banderas en un periodo de 6 meses, mientras que en las Bahías de Huatulco Mora-Pérez (2002) y López-Pérez *et al.* (2007) registraron $7.96 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ y de 0.85 a $20.4 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ respectivamente. En el Golfo de California tenemos el trabajo de Reyes-Bonilla y Calderón-Aguilera (1994), quienes calcularon que en el arrecife de Cabo Pulmo, B.C.S. se reclutan $0.71 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$. Los resultados también son similares a los reportados en algunos sitios del Caribe, con valores de $8.04 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ (Vidal *et al.*, 2005) o bien el trabajo de Smith (1992) quien registró $37 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en Bermuda usando placas de cerámica y terracota como sustratos artificiales. Por su parte Hunte y Wittenberg (1992) registraron valores superiores a los promedios del Golfo de California y Pacífico Mexicano, con $79 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en Barbados, aunque hay que enfatizar que en el Caribe la mayoría de las especies pertenecen a otros géneros, aunque incluyen algunas de *Porites* (Tabla V). Una situación distinta ocurre en el Indo-Pacífico, donde las tasas de reclutamiento son muy elevadas comparadas con las del Pacífico Oriental y Caribe. Por ejemplo, Glassom *et al.* (2004) encontraron tasas de $190 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en el Mar Rojo, que pueden ser

considerados valores modestos comparados con los de la Gran Barrera de arrecifes de Australia: Sammarco *et al.* (1991) registraron 2092 ind m⁻² año⁻¹ usando placas de esqueleto de coral, y en donde los reclutas pertenecieron a especies de *Pocillopora* y *Acropora* (Tabla IV). Estos valores contrastantes probablemente derivan de las diferentes condiciones oceanográficas de las diferentes zonas; por ejemplo en el Indo-Pacífico la variación de la temperatura estacional no es tan amplia como en el POT (D´Croz y Robertson, 1997). El trabajo de Kennish (2000) menciona que en febrero la temperatura superficial en el Indo-Pacífico está entre los 25°C y 28°C, y en Agosto entre 28°C y 30°C, en el caso del POT en febrero oscila entre 20°C y 25°C, y en agosto entre 25°C y 28°C. Esto probablemente repercute en mejores condiciones para la reproducción sexual y para los óptimos en los corales adultos.

Tabla IV. Comparación de estudios de reclutamiento coralino realizados en el Pacífico americano y mexicano, el Caribe, el Mar Rojo y el Indo-Pacífico, mostrando la tasa anual de reclutamiento y los géneros encontrados en cada estudio.

Estudio	ind m⁻² año⁻¹	Géneros
Birkeland (1977) (Panamá)	0.21	<i>Porites</i>
Reyes Bonilla y Calderón (1994) (Cabo Pulmo)	0.71	<i>Porites</i>
Medina-Rosas (2000) (Bahía Banderas)	1.08	<i>Porites</i>
Mora-Pérez (2002) (Bahías de Huatulco)	7.96	<i>Porites</i>
López-Pérez <i>et al</i> (2007) (Bahías de	0.85-20.4	<i>Pocillopora, Porites</i>

Huatulco)		
Vidal <i>et al</i> (2005) (Caribe Colombiano)	8.04	<i>Agaricia, Scolymia, Porites</i> fueron los más abundantes
Smith (1992) (Bermuda)	37	<i>Porites</i>
Hunte y Wittenberg (1992) (Barbados)	79	<i>Agaricia, Favia, Porites, Diplora</i>
Glassom <i>et al</i> (2004) (Mar Rojo, Eliat)	190	<i>Pocillopora, Acropora</i>
Sammarco <i>eta al</i> (1991) (Gran Barrera de Arrecife)	2092	<i>Pocillopora</i> fueron los más abundantes, <i>Porites, Acropora, Stylophora, Seriatopora</i>
Presente Estudio (Área de Módulos)	1.00	<i>Porites, Pocillopora, Pavona, Tubastraea</i>
Presente Estudio (Punta Diablo)	78.71	<i>Porites</i>
Presente Estudio (El Portugués)	0.74	<i>Porites</i>
Presente Estudio (San Gabriel)	1.66	<i>Porites</i>
Promedio Bahía De La Paz	13.68 (0.68)	<i>Porites, Pocillopora, Pavona, Tubastraea</i>
Presente Estudio (El Submarino)	8.68	<i>Porites</i>
Presente Estudio (Candeleros)	8.68	<i>Porites</i>
Promedio Islas de Loreto	3.38	<i>Porites</i>

Hay que resaltar que la gran mayoría de los reclutas encontrados en las bahías de La Paz y Loreto pertenecen al género *Porites*, ya que adicionalmente solo se encontraron 5 coraalitos de *Pocillopora*, uno de *Pavona* y otro de *Tubastraea*. Esto ha sido observado también en estudios de reclutamiento en arrecifes de Florida y

el Caribe (Bak y Engel, 1979; Rogers *et al.*, 1984; Smith, 1997; Hughes y Tanner, 2000; Shearer y Coffroth, 2006). Posiblemente esto se asocia al tipo de larva que posee cada género, ya que según Harrison y Wallace (1990) las larvas producidas por especies incubadoras tienen mayor tamaño y mayor éxito en la fijación y supervivencia post-fijación, aunque son incapaces de viajar grandes distancias. El caso contrario ocurre con las especies desovadoras, cuyas larvas son más pequeñas y pueden viajar mayores distancias, pero su éxito de fijación y sobrevivencia post-fijación es menor. Para el Pacífico Oriental Tropical se ha reportado que los géneros *Pocillopora* (Glynn *et al.*, 1991) y *Pavona* (Glynn *et al.*, 1996) son hermafroditas y desovadores secuenciales, mientras que *Porites* es gonocórica con una proporción sexual 1:1 (M:H) e incubadora, reproduciéndose todo el año (Glynn *et al.*, 1994; Mora-Perez, 2005).

El arrecife San Lorenzo fue el único lugar en donde se encontraron otros géneros además de *Porites*. Una razón sencilla puede ser la mayor cantidad de lajas depositadas por muestreo en el área de módulos (n=30) con respecto a los otros sitio (n=6). Es decir, que la tasa de reclutamiento de esas especies es muy baja debido al tipo de larva que presentan, y son muy pocas las larvas capaces de llegar a los sustratos artificiales, y por lo tanto solo aumentando la superficie total de fijación (las lajas) aumenta la probabilidad de fijación de esos reclutas.

Para intentar explicar las diferencias en las densidades de reclutas entre cada sitio se hizo un análisis de la relación entre el reclutamiento coralino y el sustrato disponible en cada sitio mediante regresiones lineales simples (Tabla IV). Se

encontró que la presencia de “sustratos duros” (rocosos) explicó de mejor modo el comportamiento del reclutamiento por sitio (r^2 de 0.77, $p < 0.05$). La disponibilidad de sustratos duros aumenta de modo importante la probabilidad de reclutamiento coralino, explicando el éxito en Punta Diablo (Figura 36).

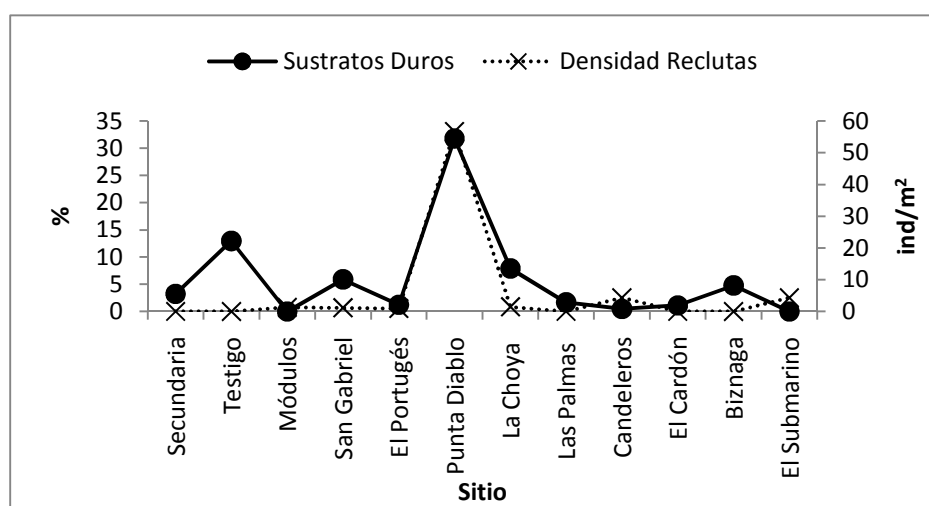


Figura 36. Comparación entre el porcentaje de sustratos duros por sitio y densidad de reclutas promedio por sitio en este estudio.

Para tener una idea de donde vienen las larvas que se reclutaron en los sitios registrados en este trabajo, podemos recurrir a el trabajo de Paz-García *et al.* (2009). Ellos analizaron la estructura genética de *Porites panamensis*, la especie mas abundante en el Golfo de California, y encontraron que se agrupan en 3 poblaciones en el Pacifico mexicano: la del Golfo de California (Bahía de Los Ángeles, Bahía Concepción y Bahía de La Paz), la de la entrada del Golfo (Punta Arenas, BCS e Isla Redonda, Oaxaca), y la del sur del Pacifico mexicano (La

Entrega, Oaxaca). Suponiendo un comportamiento similar de todas las especies de *Porites* del Golfo, y que la mayoría de los coralitas registrados corresponden a *Porites panamensis*, ya que es la más común en el Golfo de California (Reyes-Bonilla, 2004), implicaría que todos los reclutas de este estudio se originan en el Golfo de California, probablemente de sitios cercanos si tomamos en cuenta que la larva de *Porites* es de corta duración (Edmunds *et al.*, 2001). Probablemente los reclutas pueden provenir de las agrupaciones más norteñas, siendo arrastrados por las corrientes que durante la primavera y verano (que es la época donde se observó mayor reclutamiento) circulan hacia el sur por el lado peninsular del Golfo de California (Marinone, 2003).

Por otro lado tenemos que aunque en todos los muestreos se encontraron reclutas, el periodo con una mayor densidad fue entre agosto y noviembre, sugiriendo que durante esta temporada es cuando ocurre con mayor intensidad. Esto concuerda con las observaciones de Babcock y colaboradores (2003), quienes afirman que los reclutas registrados en su trabajo en el Indo-Pacífico tenían una edad aproximada de entre 2 semanas y 2 meses. Esto indica que la actividad reproductiva de los corales está muy relacionada con la época cálida del año. Esto era predecible al menos para *Porites panamensis*, ya que aunque está documentado que se reproduce sexualmente a lo largo de todo el año, es durante la época cálida del año cuando presenta mayor actividad reproductiva (Mora-Pérez, 2005, Glynn *et al.*, 1994). Esto último también está documentado para la especie *Pocillopora damicornis* (Chávez-Romo y Reyes-Bonilla, 2007). Esta

situación fue sugerida en este estudio por la bondad de ajuste de la regresión temperatura-reclutamiento ($r^2 = 0.66$, $p > 0.05$), por lo que la temperatura juega un papel importante en el proceso de reclutamiento sexual en áreas con marcada estacionalidad como es el sur del Golfo de California (Figura 37).

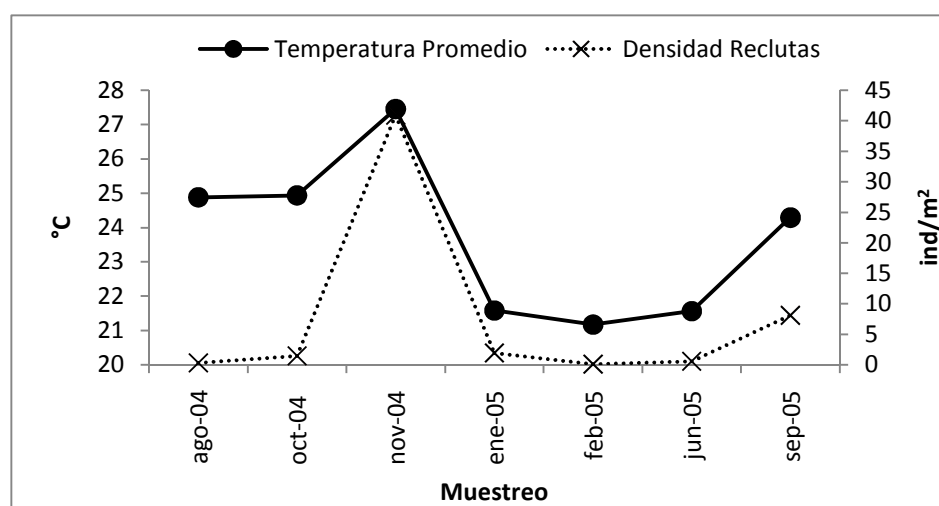


Figura 37. Comparación entre la temperatura promedio por muestreo y la densidad de reclutas promedio en el estudio en el sur del Golfo de California.

Al comparar las densidades de reclutamiento entre ambas zonas de estudio de este trabajo, es evidente que en la Bahía de La Paz el reclutamiento coralino es mayor que en las islas de Loreto (Tabla V). Un factor importante para explicar esta diferencia es la temperatura superficial del agua reportada en el presente trabajo, la cual es ligeramente más fría en Loreto que en la bahía de La Paz (23.26 ± 2.37 °C y 23.87 ± 2.58 °C, respectivamente). Esto significa que la reproducción sexual se ve más favorecida en el sur (Bahía de La Paz) que hacia el norte del Golfo

(Loreto). Otro factor importante se asocia con la diferencia de sustratos disponibles; en Loreto los fondos están cubiertos mayoritariamente por las algas (ya sea talosas o en forma de tapetes) y por sustratos arenosos, los cuales no son adecuados para la fijación de reclutas de coral. Al contrario, en bahía de La Paz los sustratos están dominados por sustratos duros descubiertos (rocas), siendo estos sustratos más adecuados para la fijación de reclutas coralinos (Sammarco, 1991).

Otro punto importante a señalar es que en los sistemas arrecifales del Pacífico oriental, y en el Golfo de California en particular, el género dominante es *Pocillopora* (Reyes-Bonilla, 2004). Sin embargo, la tasa de reclutamiento encontrada en este estudio es mucho mayor para *Porites*, lo que nos indica que para *Pocillopora* el principal medio para mantener sus poblaciones puede ser la reproducción asexual por medio de la fragmentación, ya que se ha observado que los parches de este género colonizan con facilidad los sustratos blandos (Chávez-Romo y Reyes-Bonilla, 2007; Carpizo-Ituarte, 2009; Glynn *et al.*, 1991), pasando la reproducción sexual a un segundo término. El caso contrario es el de *Porites*, que mantiene sus poblaciones aparentemente con una intensa reproducción sexual, como lo han sugerido Glynn (1994), Mora-Perez (2005), y Reyes-Bonilla y Calderón-Aguilar (1994).

El presente estudio muestra evidencia de que nuevos corales se están reclutando en la zona restaurada en el arrecife San Lorenzo luego de la afectación provocada

por el buque tanque, aunque su tasa de reclutamiento ($1.00 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) es considerada como baja (Rubin *et al.*, 2009).

Un dato interesante observado en este estudio fue el hecho de que en los sitios con mayor cantidad de sustrato coralino vivo (Área Secundaria y Testigo) fueron los sitios donde no se registró ningún recluta, caso contrario a lo reportado por Rubin y colaboradores (2009), quienes encontraron una tasa de reclutamiento mayor en sitios con alta cobertura coralina y no impactados. Esto sugiere varias líneas de investigación de trabajo experimental para el futuro inmediato.

Conclusiones

- La tasa de reclutamiento fue de $13.68 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en la Bahía de La Paz y de $1.69 \text{ ind /m}^2 \text{ /año}$ en las islas de Loreto
- La incidencia de reclutas está relacionada con el porcentaje de sustrato rocoso disponible en el sitio y con la época cálida del año.
- La tasa de reclutamiento promedio fue mayor en la Bahía de La Paz que las islas de Loreto, con un valor de $13.68 \text{ ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ y de $\text{ind m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, respectivamente.
- La tasa de reclutamiento registrada en la Bahía de La Paz es similar y en algunos casos mayor a la reportada en otros sitios del Pacífico y el Caribe.
- La mayoría de los reclutas encontrados (94%) pertenecen al género *Porites*, y el resto (6%) a coralitos de los géneros *Pocillopora*, *Pavona* y *Tubastraea*,

estos últimos solo se registraron en Bahía de La Paz en el canal San Lorenzo.

- La cantidad de reclutas de coral fue similar en las localidades afectadas así como en las adyacentes, con excepción a Punta Diablo en donde fue mucho mayor.
- Los resultados son evidencia de que nuevos reclutas de coral están llegando y fijando en la zona restaurada luego del encallamiento del buque tanque.

Referencias

- Anónimo. 1994. Atlas pesquero de México. Instituto Nacional de la Pesca. 234pp
- Aronson, R. B. y Swanson, D.W. 1997. Disturbance And Recovery From Ship Groundings In The Florida Keys National Marine Sanctuary. *Dauphin Island Sea Lab. Tech. Rep.* 97-102. National Undersea Research Center-University of North Carolina.
- Ayre, D. J., T. P. Hughes, y Standish, T. P. 1997. Genetic Differentiation, Reproductive Mode, And Gene Flow In The Brooding Coral *Pocillopora damicornis* Along The Great Barrier Reef, Australia. *Marine Ecology Progress Series* 159:175–187.

- Babcock, R. C., Baird, A. H., Piromvaragorn, S., Thompson, D, P., Willis, B, L. 2003. Identification Of Scleractinian Coral Recruits From Indo-Pacific Reefs. *Zoological Studies* 42(1): 211-226.
- Bak, R. P. M. y Engel, M.S. 1979. Distribution, Abundance and Survival of Juvenile Hermatypic Corals (Scleractinia) and the Importance of Life History Strategies in the Parent Community. *Marine Biology*. 54:341-352
- Balart, E. F. 2001. Evaluación Del Impacto Sobre Fondos Marinos Coralinos Producido Por El Encallamiento Del Buque-Tanque Lázaro Cárdenas, Al Sur De La Isla Espíritu Santo, Baja California Sur. *Informe Final para PROFEPA*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 15 p.
- Bernhardt. S. P. y Griffin, L. R. 2001. An Evaluation Of Image Analysis At Benthic Sites Based On Color Segmentation. *Bulletin of Marine Science*. 69(2):639-653.
- Booth, D. y Beretta, G. A. 2002. Changes In A Fish Assemblage After A Coral Bleaching Event. *Marine Ecology Progress Series*. 245: 205-212
- Birkeland, C. 1977. The importance of biomass accumulation in early stages of benthic communities to the survival of coral reefs. *Proc. 3rd Int. Coral Reef Symp.* Miami 1: 15-21.
- Bruckner, A. W, y R. J. Bruckner. 2001. Condition Of Restored *Acropora palmata* Fragments Off Mona Island, Puerto Rico: 2 Years After The Fortuna Reef Ship Grounding. *Coral Reefs*. 20:235-243.

- Carlon, D. B. 2002. Production And Supply Of Larvae As Determinants Of Zonation In A Brooding Tropical Coral. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 268:33–46.
- Carpizo-Ituarte E., Reyes-Bonilla H., Cupul-Magaña A., López-Pérez A., Medina-Rosas P., Chávez-Romo H. E., Rodríguez Troncoso P., Vizcaíno-Ochoa V., Mora-Pérez M., Leyte-Morales G., Calderón-Aguilera L., Chibarragán G., Tapia Vázquez O. 2009. Sexual Reproduction of Hermatypic Corals Along the Mexican Pacific Coast. Proc 11th Int Coral Reef Sym.
- Chávez-Romo H. E., Reyes-Bonilla H. 2007. Reproducción Sexual Del Coral *Pocillopora damicornis* Al Sur Del Golfo De California, México. *Ciencias Marinas* 33(4):495-501.
- Cinner, J.E y Edwards A. J. 1999. An Evaluation Of Artificial Reef Structures As Tool For Marine Habitat Rehabilitation In The Maldives. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 9: 5-21.
- Connell, J. H., Hughes, T. P. y Wallace, C. C. 1997. A 30-Year Study Of Coral Abundance, Recruitment, And Disturbance At Several Scales In Space And Time. *Ecological Monographs*. 67 (4). 461-488.
- Contretas, F. 1985. *Las Lagunas Costeras Mexicanas*. Centro de Ecodesarrollo y Secretaria De Pesca. México. 253 p.
- D’Croz, L. y Robertson. D. R. 1997. Coastal Oceanographic Conditions Affecting Coral Reefs On Both Sides Of The Isthmus Of Panama. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*. 2 >?? 2053-

2058.

- Edmunds, P. J. 2000. Recruitment Of Scleractinia Onto The Skeletons Of Coral Killed By Black Band Disease. *Coral Reefs* 19:69–74.
- Edmunds, P. J., Gates, R. D., Gleason. D.F. 2001. The Biology Of Larvae From Reef Coral *Porites astreoides*, And Their Response To Temperature Disturbances. *Marine Biology* 139:981-989.
- Fong, P. y D. Lirman. 1995. Hurricane Cause Population Expansion Of The Branching Coral *Acropora palmate* (Scleractinea): Wound Healing And Growth Patterns Of Asexual Recruits. *Marine Ecology*. 16:317-335.
- Fishelson, L. 2003. Coral And Fish Biocenosis: Ecological Cells Gradually Maturing Complexity, Species Composition And Energy Turnover. *Environmental Biology of Fishes*. 68:391-405.
- Fox, H. E. 2004. Coral Recruitment In Blasted And Unblasted Sites In Indonesia: Assessing Rehabilitation Potential. *Marine Ecology Progress Series* 269:131–139.
- Guzmán, H.M. 1986. Estructura De La Comunidad Arrecifal En Isla Del Caño, Costa Rica, Y El Efecto De Perturbaciones Naturales Severas. *Tesis de Maestría*. Universidad de Costa Rica.
- Glassom, D., Zakai, D., Chadwick-Furman, N., E. 2004 Coral Recruitment: A Spatio-Temporal Analysis Along The Coastline Ok Eliat, Northen Red Sea. *Marine Biology*. 144: 641-651.

- Glynn, P., Alodavar, L. R, Gonzalez, J. 1964. Effects Of Hurricane Edith On Marine Life In La Parguera, Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*. 4: 335-345.
- Glynn, P. W., Gassman, N. J, Eakin C. M, Cortes, J., Smith D. B y. Guzman, H.M. 1991. Reef Coral Reproduction In The Eastern Pacific: Costa Rica, Panama, And Galapagos Islands (Ecuador) I. Pocilloporidae. *Marine Biology* 109, 355-368
- Glynn, P. W. T., Colley, S. B, Eakin, C. M., Smith , D. B. , Cortes , J., Gassman N. J., Guzman, H. M J. B. Del Rosario , J. S. Feingold. 1994. Reef Coral Reproduction In The Eastern Pacific: Costa Rica, Panama, And Galapagos Islands (Ecuador). II. Poritidae. *Marine Biology* 118, 191-208.
- Glynn, P. W., Colley, S. B, Gassman, N. J., Black, K. J. Cortes, J., Math, L. 1996. Reef Coral Reproduction In The Eastern Pacific: Costa Rica, Panama, And Galapagos Islands (Ecuador). III. Agariciidae (*Pavona Gigantea* And *Gardineroseris Planulata*). *Marine Biology*. 125:579-601
- Glynn, P. y. Ault, J.S. 2000. A Biogeografic Analysis And Review Of The Far Eastern Pacific Coral Region. *Coral Reefs*. 19:1-23.
- Hernández, L., Balart, E. F., Reyes-Bonilla, H. 2009. Checklist Of Reef Decapods Crustaceans (Crustacea: Decapoda) In The Sothern Gulf Of California. *Zootaxa*. 2119: 39-50.
- Highsmith, R. C. 1982. Reproduction By Fragmentation In Corals. *Marine Ecology Progress Series* 7:207–226.

- Hughes, T.P. y Tanner, J. 2000. Recruitment Failure, Life Histories, and Long-term Decline of Caribbean Corals. *Ecology* 81 (8):2250-2263
- Hughes, T. P., Baird, A. H. Dinsdale, E. A., Harriott, V. J Moltshaniwskyj, N. A. Pratchett, S. Tanner, J. E. y Willis B. L. 2002. Detecting Regional Variation Using Meta-Analysis And Large Scale Sampling: Latitudinal Patterns In Recruitment. *Ecology* 83:436–451.
- Hunte, W. y Wittenberg, M. 1992. Effects Of Eutrophication And Sedimentation On Juvenile Corals. II. Settlement. *Marine Biology* 114:625–631
- Hunter, C. L. 1993. Genotypic Variation And Clonal Structure In Coral Populations With Different Disturbance Histories. *Evolution* 47:1213–1228.
- Jaap, W. C. 2000. Coral Reef Restoration. *Ecological Engineering*. 15: 345-363 pp.
- Kramer, P., Richards-Kramer, P., Arias-Gonzalez, E. y McField, M. 2000. Status Of Coral Reefs Of Northern Central America: Mexico, Belize, Guatemala, Honduras, Nicaragua And El Salvador. En “*Status of Coral Reefs of the World*”. 2000, Wilkinson, C. (Ed.). Australian Institute of Marine Science. Australia. 287-373.
- Kennish, M. J. 2000. *Practical Handbook Of Marine Science*. 3rd ed. CRC Press. 896p.

- Lirman, D., Glynn, P. W., Baker, C. y. Leyte-Morales, G.E. 2001. Combined Effect Of Three Sequential Storms On The Huatulco Coral Reef Tract, Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 69 (1): 267.
- Lirman, D. y Miller, M. W. 2003. Modeling And Monitoring Tools To Assess Recovery Status And Convergence Rates Between Restored And Undisturbed Coral Reef Habitats. *Restoration Ecology*. 11. (4), 448-456.
- López-Pérez, R. A. Mora-Pérez, M. G. y Leyte-Morales G. E. 2007. Coral (*Anthozoa: Scleractinia*) Recruitment At Bahías De Huatulco, Western México: Implications For Coral Community Structure And Dynamics. *Pacific Science*. 61(3): 355-369.
- Marione, S. G. 2003. A Three Dimensional Model Of The Mean And Seasonal Circulation Of The Gulf Of California. *Journal Of Geophysical Research*. 108:3325
- Medina Rosas, P., Vizcaíno Ochoa, V., Cupul Magaña, A. y Carriquiry, J.D. 2000. Corales Pétreos (Scleractinia) Fijados En Arrecifes De Jalisco Y Nayarit, Dañados Por El Niño 1997-1998. *XII Congreso Nacional Oceanografía, Huatulco*.
- Medina-Rosas, P., Carriquiry, J. D y Cupul-Magaña, A. L 2000. Recruitment Of Porites (Scleractinia) On Artificial Substrate In Reefs Affected By The 1997–98 El Niño In Banderas Bay, Mexican Pacific. *Ciencias Marinas*. 31:1–7.

- Mikkelsen, P.M. y Cracraft, J. 2001. Marine Biodiversity And He Need For Systematic Inventories. *Bulletin of Marine Science*. 69(2): 525-534.
- Minton, D., Lundgren, I. 2006. Coral Recruitment And Sedimentation In Asan Bay And War In The Pacific NHP, *Guam Report prepared for the National Park Service*. 29 p.
- Mora Pérez, M.G. 2002. Reclutamiento Sexual Y Asexual De Corales Pétreos (Anthozoa: Scleractinia) En Seis Arrecifes Coralinos De La Costa De Oaxaca, México. *Tesis de Licenciatura*. Universidad del Mar, Puerto Angel.
- Mora Pérez, M.G. 2005. Biología Reproductiva Del Coral *Porites panamensis* Verril 1866 (Anthozoa: Scleractinea), En Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Tesis de Maestría*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN. La Paz, BCS.
- Obeso Nieblas, M., Jimenez Illescas, A. R., Troyo Diéguez, S. 1993. Modelación De La Marea En La Bahía De La Paz, B.C.S. *Investigaciones Marinas CICIMAR*. 8 (1): 13-22.
- Obeso Nieblas, M., Gaviño Rodríguez, J., H., Jiménez Illescas, A., R., Shirasago Gérman, B. 2002. Simulación Numérica De La Circulación Por Marea Y Viento Del Noroeste Y Sur En La Bahía De La Paz, B.C.S. *Oceánides*, 17 (1): 1-12.
- Paz-García D. A, Correa-Sandoval, F., Chávez-Romo, H. E., Reyes-Bonilla H., López-Pérez A., Medina-Rosas P., Hernández-Cortés M. P. 2009.

Genetic Structure Of The Massive Coral *Porites Panamensis* (Anthozoa:Scleractinia) From The Mexican Pacific. *Proceedings 11th International Coral Reef Symposium*

- Pearson, R.G. 1981. Recovery And Recolonization Of Coral Reefs. *Marine Ecology Progress Series*. 4: 105-122.
- Reaser, J. K., Pomerance, R y. Thomas, P. O. 2000. Coral Bleaching And Global Climate Change Scientific Findings And Policy Recomendations. *Conservation Biology*. 14 (5): 1500-1511
- Reyes Bonilla, H. y. Calderón Aguilera, L. E. 1994. Parámetros Poblacionales De *Porites Panamensis* (Anthozoa: Scleractinia) En El Arrecife De Cabo Pulmo, México. *Revista de Biología Tropical* 42: 121-128.
- Reyes-Bonilla, H. 2001. Effects Of The 1997-98 El Niño-Southern Oscillation On Coral Communities In The Gulf Of California, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 69(1): 251-266.
- Reyes-Bonilla, H. 2004. Biogeography And Diversity Of Reef Corals Of The Eastern Pacific And Western Atlantic. *Doctoral Thesis*. University Of Miami, Coral Gable Florida.
- Richmond, R.H. y C. Hunter, 1990. Reproduction And Recruitment Of Corals: Comparisons Among The Caribbean, The Tropical Pacific And The Red Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 60: 185-203.

- Richmond, R. H. 1997. Reproduction And Recruitment In Coral: Critical Links In The Persistence Of Reefs. Pages 175–196 in C. E. Birkeland, ed. *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, New York.
- Roberts, C.M., C. J. McClean, J.E.N. Veron, J.P. Hawkins, G.R. Allen, D. E. McAlister, C.G. Mittermeier, F. W. Scheuler, M. Spalding, F. Wells, C. Vynne, T.B. Werner. 2002. Marine Biodiversity Hotspots And Conservation Priorities For Tropical Reefs. *Science*. 295: 1280-1284.
- Rogers, C.S., Fitz, H., Gilnack, M., Beets, J., Hardin, J. 1984. Scleractinian coral Recruitment Patterns at Salt River Submarine Canyon, St Croix, U. S. Virgin Islands. *Coral Reefs* 3:69-76
- Rogers, C.S, y Garrison, V.H. 2001. Ten Years After The Crime: Lasting Effects Of Damage From A Cruise Ship Anchor On A Coral Reef In St. John, U.S. Virgin Islands. *Bulletin of Marine Science*. 69(2): 793-803.
- Rubin, E.T., Moulding, A. L., Lopez, J.V., Gilliam, D. S., Kosmynin, V. N., Dodge, R.E. Scleractinian Coral Recruitment To Reefs Physically Damaged By Ship Grounding *From The Mexican Pacific. Proceedings 11th International Coral Reef Symposium*
- Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J.C. Barrera y P.K. Dayton. 2002. A General Model For Designing Networks Of Marine Reserves. *Science* 298: 1991-1993.
- Sammarco, P.W. 1991. Geographically Specific Recruitment And Post Settlement Mortality As Influences On Coral Communities: The Cross-

Continental Shelf Transplant Experiment. *Limnology And Oceanography*.

36(3): 496-514.

- Sammarco P. W., Andrews J.C., Risk M. J. 1991. Coral Reef Geomorphology As A Function Of Seasonal Prevailing Currents And Larval Dispersal. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 88:1–12
- Shearer, T.L. y Coffroth, M. A. 2006. Genetic Identification of Caribbean scleractinian coral recruits at the Flower Garden Banks and the Florida Keys. *Marine Ecology Progress Series* 306:133 -142
- Smith, S., R. 1992. Patterns Of Coral Recruitment And Post-Settlement Mortality On Bermudas Reefs: Comparisons To Caribbean And Pacific Reefs. *Am Zool* 32:663–673
- Smith, S. R. 1997 Patterns of coral settlement, recruitment and juvenile mortality with depth at Conch Reef, Florida. *Proc 8th Int Coral Reef Sym* 2:1197-1202.
- Smith, L. C., y Hughes, T. P. 1999. An Experimental Assessment Of Survival, Reattachment And Fecundity Of Coral Fragments. *Journal of Experimental Marine. Biology and Ecology*. 235:147–164.
- Spieler, R. E., William, D. S. y Sherman, R.L. Artificial Substrate And Coral Reef Restoration: What Do We Need To Know To Know What We Need?. *Bulletin of Marine Science*. 69(2):1013-1030.
- StatSoft, Inc. (2005). STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.

- Tamelander, J. 2002. Coral Recruitment Following A Mass Mortality Event. *Ambio* 31:551–557.
- Vidal, A. M., Villamil, C. M. y Acosta A. 2005. Composición Y Densidad De Corales Juveniles En Dos Arrecifes Profundos De San Andrés Isla, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigación Marina y Costera*. 34: 211-225.
- Viñaseñor-Casales, A. 1979. Distribucion Vertical De Temperatura, Salinidad, Y Oxigeno Disuelto En La Bahía De La Paz, Baja Califronia Sur, Durante La Primavera De 1976. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 20: 146-149

Anexo I

Tabla V. Prueba de Levene para homocedasticidad de varianzas en las densidades del reclutamiento en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el sitio.

Levene's Test for Homogeneity of Variances (densidad lap LOG)				
Effect: Sitio				
Degrees of freedom for all F's: 5, 24				
	MS Effect	MS Error	F	p
Densidad	0.508917	0.045442	11.19932	0.000012

Tabla VI. Prueba de Cochran, Hartley, Bartlett, para homocedasticidad de varianzas en las densidades del reclutamiento en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el muestreo.

Tests of Homogeneity of Variances (densidad lap LOG)					
Effect: Muestreo					
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr.	df	p
Densidad	114.2621	0.560122	#####	4	0.000036

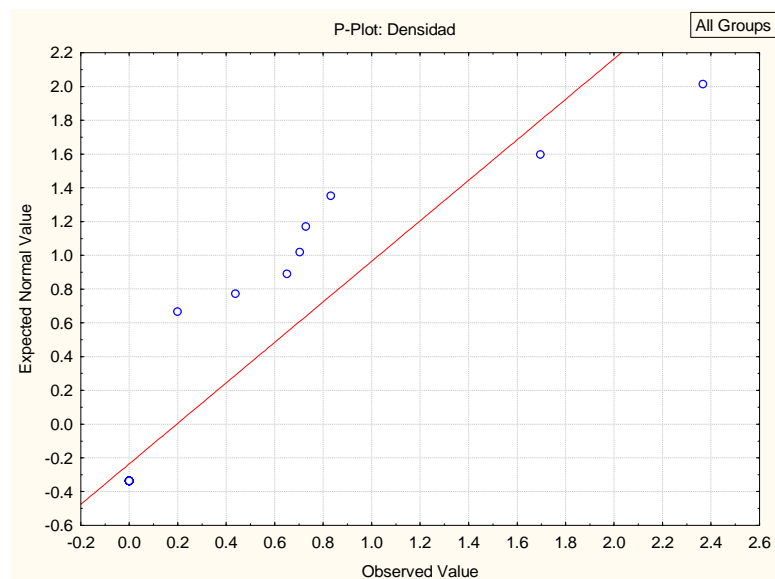


Figura 38. Prueba de normalidad para la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz.

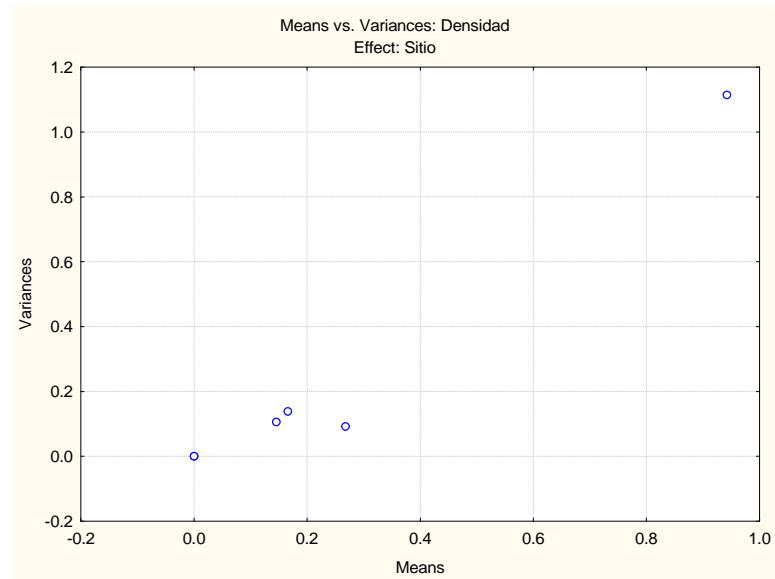


Figura 39. Prueba de no-correlación entre las medias y las varianzas de la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el sitio.

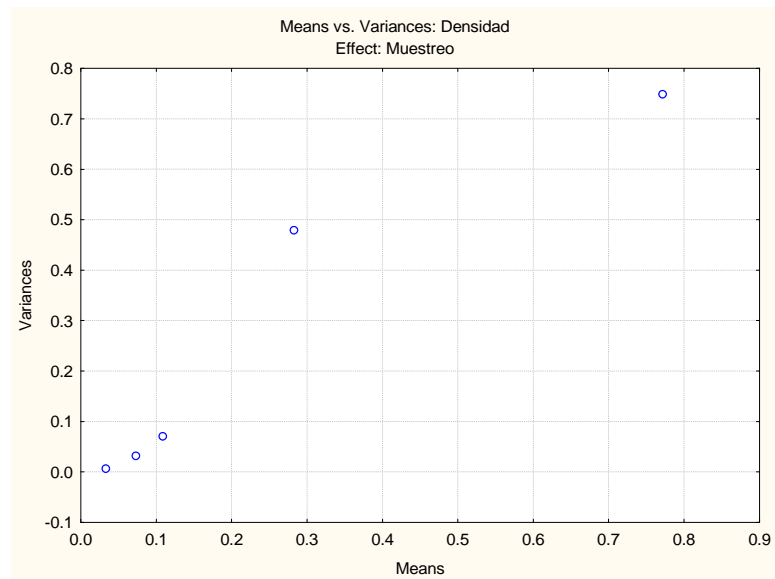


Figura 40. Prueba de no-correlación entre las medias y las varianzas de la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el muestreo.

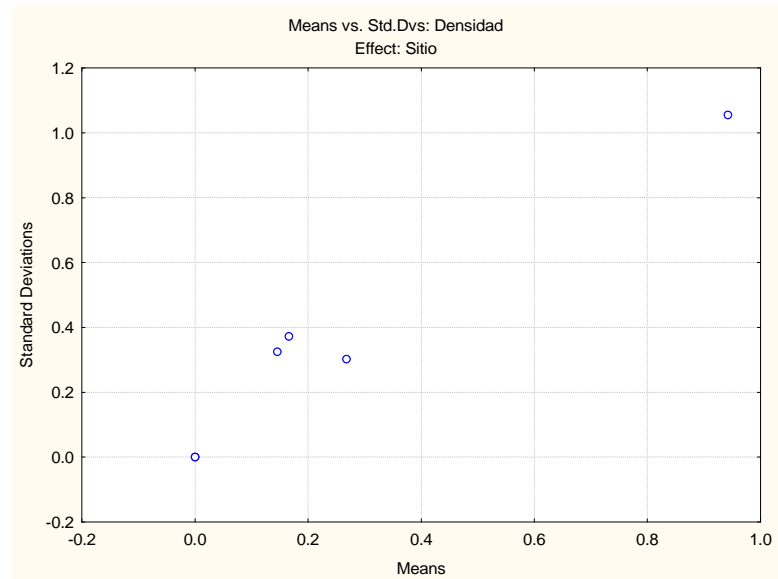


Figura 41. Prueba de no-correlación entre las medias y desviación estándar de la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el sitio.

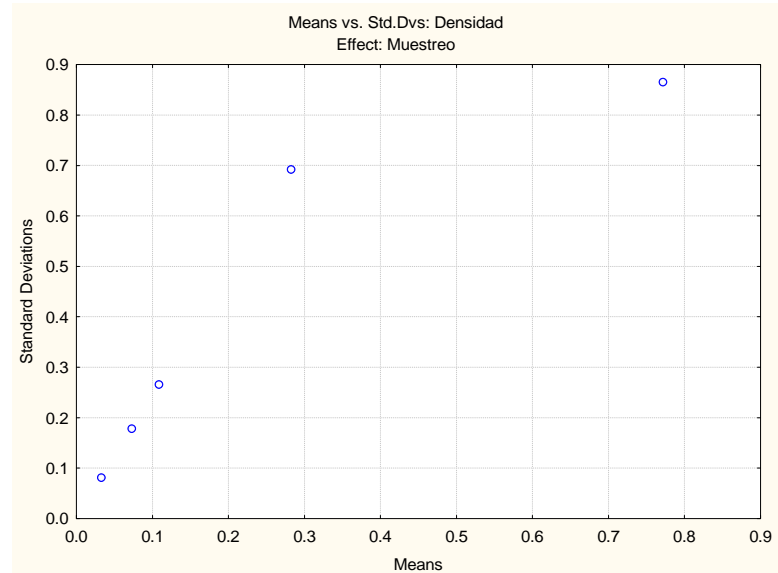


Figura 42. Prueba de no-correlación entre las medias y desviación estándar de la densidad de reclutas en la Bahía de La Paz teniendo como efecto el muestreo.

Tabla VII. ANOVA diferencias entre sitios Bahía de La Paz.

Univariate Tests of Significance for Densidad (densidad lap LOG) Over-parameterized model Type IV decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Sitio	5.044202	6	0.840700	3.478795	0.012854
Error	5.799942	24	0.241664		

Tabla VIII. Prueba de LSD diferencias entre Sitios Bahía de La Paz.

LSD test; variable Densidad (densidad lap LOG) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .24166, df = 24.000							
Cell No.	Sitio	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		.26776	0.0000	0.0000	.94250	.14551	.16634
1	Modulos		0.397643	0.397643	0.040113	0.697647	0.747086
2	Secundaria	0.397643		1.000000	0.005759	0.643992	0.597575
3	Testigo	0.397643	1.000000		0.005759	0.643992	0.597575
4	Punta Diablo	0.040113	0.005759	0.005759		0.017056	0.019812
5	Portugues	0.697647	0.643992	0.643992	0.017056		0.947156
6	San Gabriel	0.747086	0.597575	0.597575	0.019812	0.947156	

Tabla IX. ANOVA diferencias entre muestreos Bahía de La Paz.

Univariate Tests of Significance for Densidad (densidad lap LOG) Over-parameterized model Type IV decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Muestreo	4.159375	5	0.831875	3.111084	0.025577
Error	6.684768	25	0.267391		

Tabla X. Prueba de LSD diferencias entre Sitios Bahía de La Paz.

LSD test; variable Densidad (densidad lap LOG) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .26739, df = 25.000						
Cell No.	Muestreo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		.07286	.77150	.03305	.10842	.28260
1	Ago 2004		0.027559	0.894999	0.906127	0.488833
2	Nov 2004	0.027559		0.020527	0.035638	0.114030
3	Feb 2005	0.894999	0.020527		0.802751	0.411146
4	Jun 2005	0.906127	0.035638	0.802751		0.564842
5	Sep 2005	0.488833	0.114030	0.411146	0.564842	

Tabla XI. Prueba de Levene para homocedasticidad de varianzas en las densidades del reclutamiento en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el muestreo.

Levene's Test for Homogeneity of Variances (densidad lor LO)				
Effect: Muestreo				
Degrees of freedom for all F's: 1, 10				
	MS Effect	MS Error	F	p
Densidad	0.017518	0.053025	0.330365	0.578145

Tabla XII. Prueba de Levene para homocedasticidad de varianzas en las densidades del reclutamiento en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el sitio.

Levene's Test for Homogeneity of Variances (densidad lor LO)				
Effect: Sitio				
Degrees of freedom for all F's: 5, 6				
	MS Effect	MS Error	F	p
Densidad	0.119841	0.00		

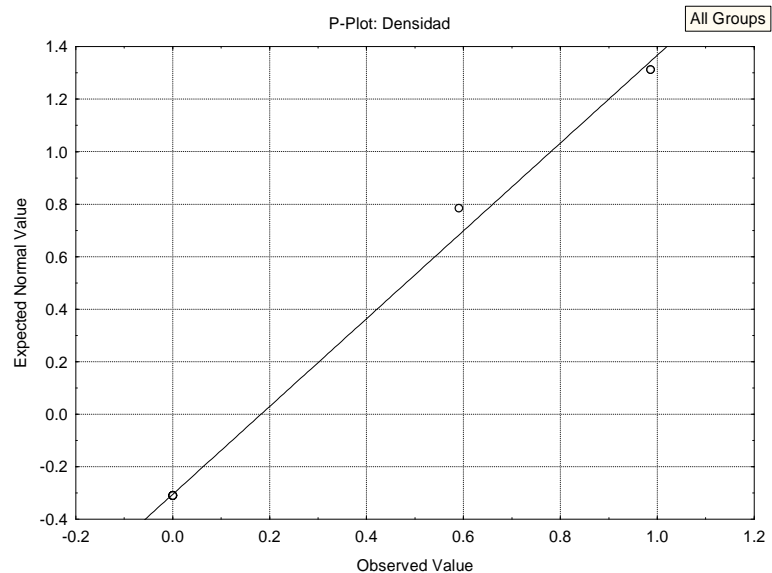


Figura 43. Prueba de normalidad para la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto.

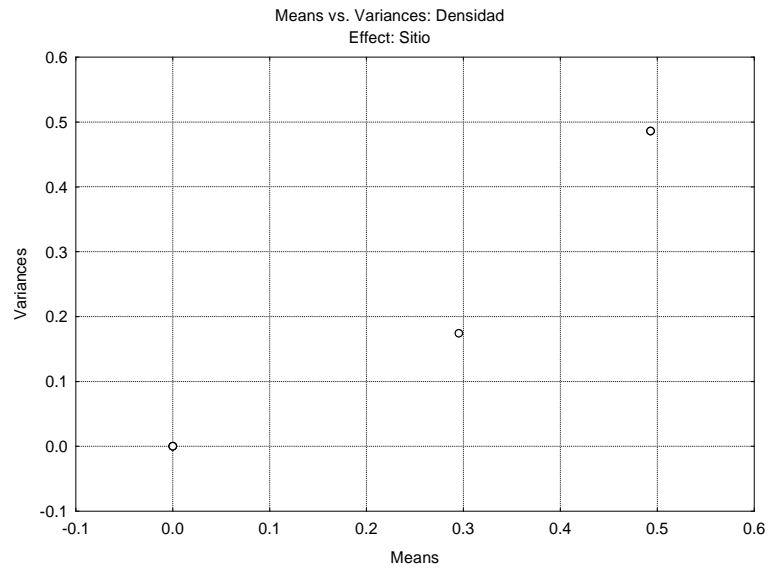


Figura 44. Prueba de no-correlación entre las medias y las varianzas de la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el sitio.

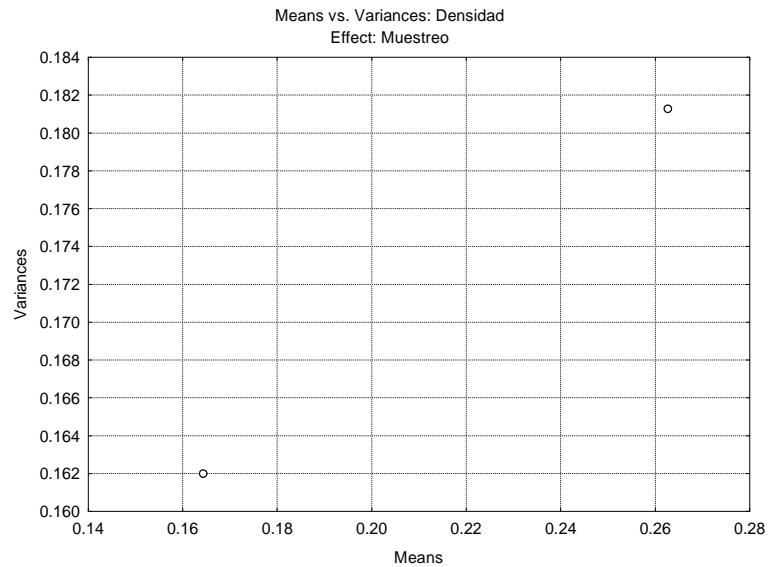


Figura 45. Prueba de no-correlación entre las medias y las varianzas de la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el muestreo.

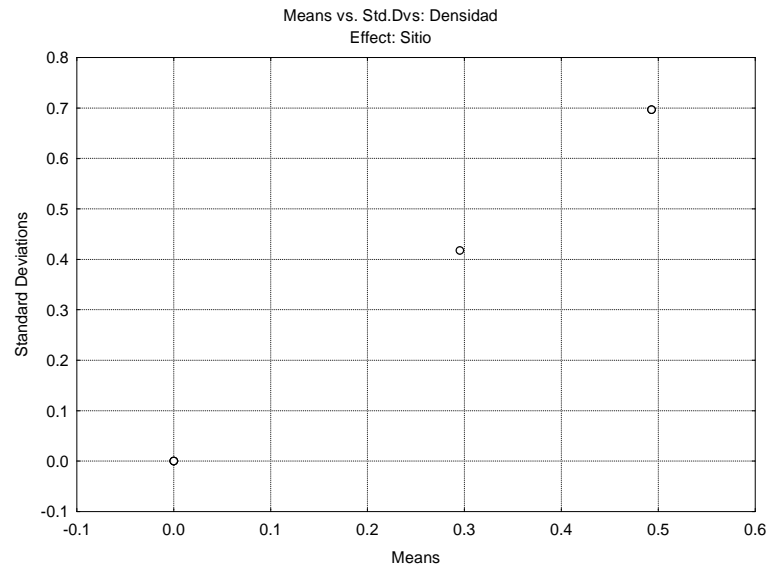


Figura 46. Prueba de no-correlación entre las medias y desviación estándar de la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el sitio.

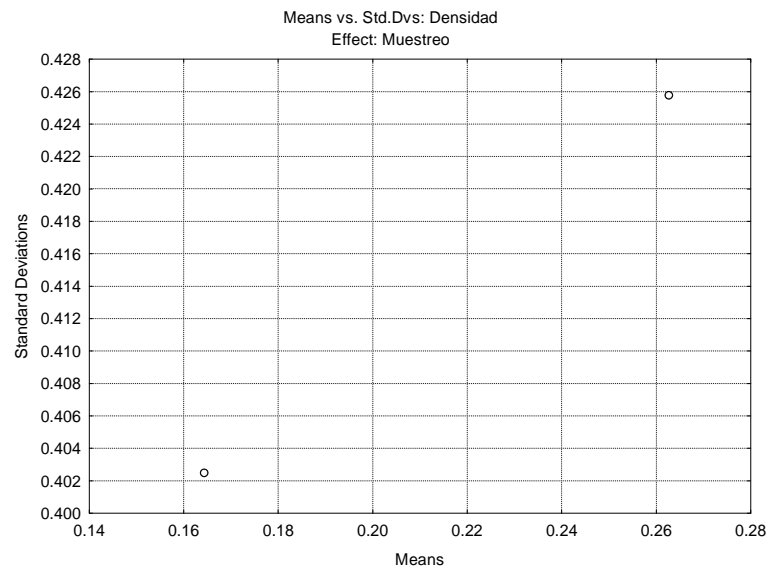


Figura 47. Prueba de no-correlación entre las medias y desviación estándar de la densidad de reclutas en la Bahía de Loreto teniendo como efecto el muestreo.

Tabla XIII. ANOVA diferencias entre sitios Bahía de Loreto.

Univariate Tests of Significance for Densidad (densidad lor LOG) Over-parameterized model Type IV decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Sitio	1.146251	6	0.191042	1.000000	0.500000
Error	1.146251	6	0.191042		

Tabla XIV. ANOVA diferencias entre muestreos Bahía de Loreto.

Univariate Tests of Significance for Densidad (densidad lor LOG) Over-parameterized model Type IV decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Muestreo	0.576090	2	0.288045	1.678180	0.235266
Error	1.716413	10	0.171641		

Tabla XV. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de sustrato duro en todos los sitios de muestreo.

Regression Summary for Dependent Variable: Densidad (sustrato: R= .88253506 R ² = .77886813 Adjusted R ² = .75675495 F(1,10)=35.222 p<.00014 Std.Error of estimate: 7.9385						
N=12	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
Intercept			-3.47186	2.777790	-1.24987	0.239808
Sustratos Duros	0.882535	0.148705	1.57558	0.265481	5.93480	0.000144

Tabla XVI. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de otros invertebrados en todos los sitios de muestreo.

Regression Summary for Dependent Variable: Densidad (sustrato: R= .68756872 R ² = .47275075 Adjusted R ² = .42002582 F(1,10)=8.9664 p<.01347 Std.Error of estimate: 12.258						
N=12	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
Intercept			-7.60099	5.717086	-1.32952	0.213207
otros Invertebrados	0.687569	0.229619	2.01322	0.672332	2.99439	0.013472

Tabla XVII. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de tapetes algales en todos los sitios de muestreo.

		Regression Summary for Dependent Variable: Densidad (sustrato): R= .47752631 R ² = .22803137 Adjusted R ² = .15083451 F(1,10)=2.9539 p<.11642 Std.Error of estimate: 14.832				
N=12	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
Intercept			19.40523	8.976879	2.16169	0.055950
Tapetes algales	-0.477526	0.277843	-0.38246	0.222532	-1.71869	0.116418

Tabla XVIII. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de algas talosas en todos los sitios de muestreo.

		Regression Summary for Dependent Variable: Densidad (sustrato): R= .18127240 R ² = .03285968 Adjusted R ² = ----- F(1,10)=.33976 p<.57288 Std.Error of estimate: 16.602				
N=12	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
Intercept			7.363606	5.455008	1.349880	0.206816
Algas Talosas	-0.181272	0.310989	-0.335007	0.574734	-0.582890	0.572876

Tabla XIX. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de coral vivo en todos los sitios de muestreo.

		Regression Summary for Dependent Variable: Densidad (sustrato): R= .14935586 R ² = .02230717 Adjusted R ² = ----- F(1,10)=.22816 p<.64316 Std.Error of estimate: 16.692				
N=12	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
Intercept			3.766015	6.493160	0.579997	0.574751
Coral	0.149356	0.312681	0.144951	0.303459	0.477662	0.643160

Tabla XX. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de coral muerto en todos los sitios de muestreo.

		Regression Summary for Dependent Variable: Densidad (sustrato): R= .14200386 R ² = .02016510 Adjusted R ² = ----- F(1,10)=.20580 p<.65976 Std.Error of estimate: 16.711				
N=12	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
Intercept			6.806000	5.268632	1.291797	0.225484
Coral Muerto	-0.142004	0.313023	-0.167633	0.369517	-0.453653	0.659764

Tabla XXI. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de sustrato blando en todos los sitios de muestreo.

N=12	Regression Summary for Dependent Variable: Densidad (sustrato): R= .08807181 R ² = .00775664 Adjusted R ² = ----- F(1,10)=.07817 p<.78549 Std.Error of estimate: 16.816					
	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
Intercept			9.428853	13.70679	0.687897	0.507160
Sustratos Blandos	-0.088072	0.314999	-0.140514	0.50256	-0.279594	0.785487

Tabla XXII. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y el porcentaje de otros cnidarios en todos los sitios de muestreo.

N=12	Regression Summary for Dependent Variable: Densidad (sustrato): R= .05199104 R ² = .00270307 Adjusted R ² = ----- F(1,10)=.02710 p<.87251 Std.Error of estimate: 16.859					
	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
Intercept			6.214654	5.359933	1.159465	0.273203
Cnidarios	-0.051991	0.315800	-0.201263	1.222498	-0.164633	0.872513

Tabla XXIII. Estadísticos de las regresiones lineales simples de la relación entre la densidad de reclutas y la temperatura por muestreo en todos los sitios de muestreo.

N=7	Regression Summary for Dependent Variable: Densidad (Spreadsheet11) R= .73974638 R ² = .54722470 Adjusted R ² = .45666964 F(1,5)=6.0430 p<.05735 Std.Error of estimate: 11.020					
	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(5)	p-level
Intercept			-104.445	45.77987	-2.28145	0.071408
Temperatura	0.739746	0.300924	4.729	1.92382	2.45825	0.057352