



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

IZTACALA

Caracterización y Distribución de los Biotopos de la
Planicie Arrecifal de la Gallega, Ver.

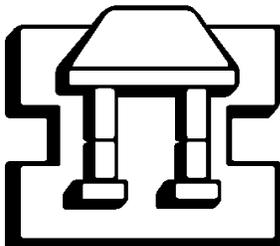
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A

CECILIA GONZÁLEZ MARTÍNEZ



IZTACALA

DIRECTOR DE TESIS: BIOL. JOSÉ LUIS TELLO MUSI.

TLALNEPANTLA, EDO DE MEX. 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MI MADRE:
MERCEDES MARTÍNEZ SANTIAGO
In memoriam

AGRADECIMIENTOS

A ti mami por que se que siempre estas a mi lado y me impulsas cada día a seguir adelante.

A mi Papá: Heriberto González Reali, por el incondicional apoyo, confianza y cariño que me has brindado en todo momento.

A la Dra. Ma del Carmen González Martínez, gracias hermana por tu inmenso apoyo y cariño, pero sobre todo por ser mi mayor ejemplo.

A toda mi bola de hermanos: Oscar, Carmen, Rafa, Norma, Sergio y Mary, porque cada quien a su modo, me ha dado el aliento para continuar, los quiero mucho.

A mi tía Enriqueta González Medina, por su apoyo incondicional, su compañía, pero sobre todo por haberme escuchado en los momento que mas lo necesitaba.

A mis sobrinos, simplemente por existir y ser los protagonistas de los momentos más felices de mi vida.

A mis cuñados, porque se que de alguna forma también comparten este éxito.

A la M.en C. Refugio Saldaña por haber influido positivamente en mi decisión de ser Bióloga.

A mis amigos: Aljoscha Schneiter, Alma Regalado, Arturo Sánchez, Beatriz García, Brenda Alatorre, César Salazar, Ivan Martínez, Miriam de la Vega, Refugio Saldaña, Simon Thönen y Teresa Gómez, por todos los momentos que hemos vivido juntos y porque siempre estarán presentes a pesar de las distancias.

A mi equipo de toda la vida "las Spiders"; Larvita, Farmer, Dianis, Ana (sentimiento) y Wen, por las desveladas y buenos momentos que compartimos a lo largo de la carrera.

Al Dr. Raymundo Montoya y a Sam-Manu, por su valiosa asesoría en el manejo de los SIG.

A mi director de Tesis: Biol José Luis Tello Musi, por todo el apoyo y la confianza que depositaste en mi, pero sobre todo por ser mi gran amigo y tener siempre, "siempre", la palabra correcta para mantenerme con los pies sobre la tierra.

Un especial agradecimiento al Biol. Felipe de Jesús Cruz López, por aportarme tantos conocimientos y ser tan buen amigo.

A mis sinodales: M. en C. Jonathan Franco, Biol. Felipe Cruz, Biol. Angel Lara y Biol. José Antonio Martínez por sus valiosos comentarios para mejorar este trabajo.

Al drink-team: Alya Ramos, Andrea Zamora, Rebeca Salcedo, Tania Islas y Daniel Gómez, por todo su apoyo en el trabajo de campo; les podría decir tantas cosas, o quizá simplemente...

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de la superación profesional.

ÍNDICE

PÁGINAS

Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	6
Objetivos	9
Área de Estudio	10
Origen	10
Sedimentos	10
Morfología	10
Hidrografía	10
Clima	11
Estructura	11
Arrecife La Gallega	12
Historia	12
Método	15
Diseño del Muestreo	15
Mapa	15
Estaciones	16
Trabajo de Campo	18
Muestreo	18
Trabajo de Gabinete	19
Cobertura	19
Cobertura Relativa	19
Volúmen corales hermatípicos	19
Frecuencia	20
Frecuencia Relativa	20
Dominancia	20
Dominancia Relativa	20
Valor de Importancia	20
Índice de Reclutamiento	21
Mapas de distribución	21
Resultados	22
Discusión	43
Arena	43
Coral Muerto	44
<i>Thalassia</i>	45
Algas	46
Coral Hermatípico	46
Zoanthideos y Anémonas solitarias	49
Reclutamiento	50
Conclusiones	52
Literatura Citada	53
Anexo 1	57
Anexo 2	59
Anexo 3	62
Anexo 4	63

RESUMEN

Los arrecifes coralinos son los ecosistemas más diversos y complejos del medio ambiente; la caracterización del paisaje en un ecosistema es necesaria para la evaluación del impacto de las actividades humanas; en México los arrecifes se encuentran principalmente en sus costas orientales, tal es el caso del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y dado que éste presenta una alta perturbación antropogénica, se realizó la caracterización y se determinó la distribución de los biotopos de la planicie arrecifal de La Gallega, perteneciente al SAV. Se delimitaron como biotopos, los corales hermatípicos, coral muerto, arena y *Thalassia* por ser los más representativos en el área, y algas y anémonas como dos comunidades bióticas. Para determinar la distribución espacial de los biotopos, se realizaron 100 cuadrantes distribuidos en 10 transectos, utilizando equipo básico de buceo (visor y snorkel) se calculó el porcentaje de cobertura en cada uno de ellos y se extrapoló al área total de la Planicie arrecifal (1,362,000 m²), encontrándose que el 42.51 % (579,031.963 m²), se encuentra cubierto por arena, el 26.28 % (358,020.659 m²), por coral muerto, el 23.90 % (325,654.2 m²) por *Thalassia*, el 3.85% (52,573.2 m²) por algas, el 3.13 % (42,766.8 m²) por anémonas y sólo el 0.29% (3,962.22 m²) por coral hermatípico. Se elaboraron mapas de distribución de los biotopos utilizando el Sistema de Información Geográfica Arc View GIS ver. 3.1 los cuales podrán servir como referencia para monitorear cambios temporales y espaciales en este ecosistema. Es importante resaltar que el arrecife La Gallega presenta una baja cobertura de coral hermatípico, lo que se puede atribuir directamente a la perturbación que existe en esta zona, por lo cual predominan zonas arenosas y gran cantidad de coral muerto.

Palabras clave: Biotopos, Arrecifes, Veracruz, Gallega.

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos son estructuras marinas, biogénicas y resistentes al oleaje, formados principalmente por esqueletos de CaCO_3 de los corales, aunque también pueden contribuir rodofitas, moluscos, esponjas y poliquetos (Goreau y Goreau, 1973). Han sido considerados como los ambientes marinos más diversos y complejos del medio marino (Loya, 1972; Connell, 1978; Achituv y Duvinsky, 1990) ya que en ellos habitan miles de especies que representan casi todos los grupos de organismos marinos existentes (INE, 1998 en Bonilla, 2000) y son el resultado de más de 100 millones de años de evolución (Walton, 1971; en Vargas-Hernández *et al.*, 1993).

De acuerdo a su origen, forma y cercanía a la costa, los arrecifes coralinos pueden ser clasificados en 4 tipos fundamentales: costero, atolón, de plataforma y de barrera (Schumacher, 1978; Chávez e Hidalgo, 1998) (**Fig.1**).

Los arrecifes costeros crecen en aguas someras, bordeando una costa, muy cerca de ella o separados por un estrecho brazo de agua de poca profundidad (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993), frecuentemente están conformados por el frente arrecifal que constituye una rompiente y un talud que puede penetrar hasta más de 60 m bajo la superficie (Chávez e Hidalgo, 1988).

El atolón es una estructura arrecifal típica del Pacífico y que generalmente se encuentra en mar abierto, asociado a conos volcánicos (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993); es de forma típicamente anular con una laguna central de hasta 30 m de profundidad y el arrecife activo se encuentra desarrollándose sobre los bordes; normalmente existen islas sobre las porciones emergidas de los bordes y también las puede haber en la laguna; esta última generalmente está cubierta de sedimento y el crecimiento del arrecife en ella es poco activo y aparece en forma de parches y pináculos dispersos (Chávez e Hidalgo, 1988).

Los arrecifes de plataforma presentan la parte superior plana y alargada, debido a la acción conjunta de vientos y corrientes locales predominantes (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993); pueden o no contener uno o más cayos arenosos; así mismo, puede contener una laguna generalmente poco profunda en su interior, también llamada planicie arrecifal. La porción de crecimiento coralino más activo, se encuentra orientada hacia el este sureste, en donde una cresta arrecifal bien definida indica el borde superior del talud o frente arrecifal (Chávez e Hidalgo, 1988)

Los arrecifes de barrera se disponen paralelamente a la costa, pero están más alejados de ella, separados por un canal que llega a tener de 100 – 200 m de profundidad, son mayores y se disponen de manera continua a lo largo de distancias más prolongadas (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993), su crecimiento activo se limita al borde arrecifal; la parte posterior de la cresta suele tener una baja cantidad de especies y el canal puede estar cubierto por el sustrato arenoso casi desnudo, o bien contienen una gran pradera de *Thalassia* o hierba de la tortuga. Este tipo de arrecife está representado por la Gran Barrera en el noreste de Australia, que se extiende por más de 2000 km (Chávez e Hidalgo, 1988).

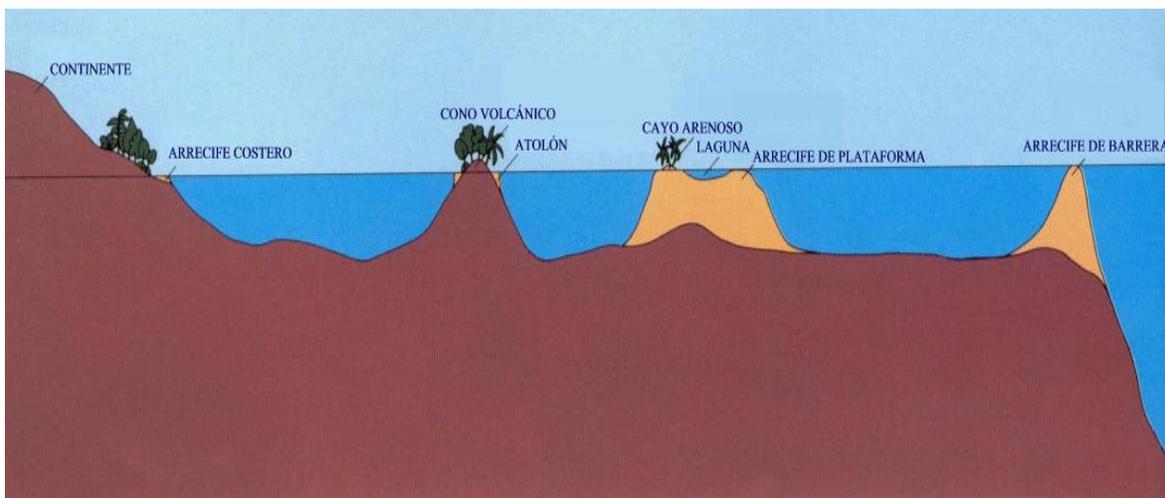


Fig. 1 Se muestran los 4 tipos fundamentales de arrecife: costero, atolón, de plataforma y de barrera (Tomado de Veron, 1986)

Los arrecifes de coral se desarrollan en aguas oligotróficas, cuyas temperaturas oscilan entre 20 y 28°C (Gutiérrez, *et al.*, 1993), por lo que su distribución se encuentra limitada principalmente a dos provincias biogeográficas: la Indopacífica y la del Caribe; entre los 35°N y los 32°S (Vargas-Hernández, Hernández-Gutiérrez *et al.*, 1993). Sin embargo, la distribución no es uniforme, ya que en esta latitud hay extensas costas marítimas sin estructuras arrecifales y por otro lado existen arrecifes fuera de esta zona (Tello-Musi, 2000).

En general, la distribución global de los arrecifes de coral está determinada por los efectos directos de la temperatura sobre los propios corales y sus efectos indirectos en los patrones de distribución global de nutrientes. Otros factores, como la luz, sedimentación y turbulencias, determinan los patrones de distribución local y la morfología arrecifal (Achituv y Duvinsky, 1990).

En México, los arrecifes coralinos se encuentran principalmente en sus costas orientales, en la provincia zoogeográfica del Caribe. Los más importantes por su tamaño y número de especies son los del Golfo de México frente a las costas de Veracruz y los de la Península de Yucatán en Quintana Roo (Gutiérrez *et al.*, 1993).

El Golfo de México es un área de alta sedimentación terrígena (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993) a pesar de ello se pueden encontrar algunas estructuras arrecifales en áreas dispersas.

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) está formado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental (PEMEX, 1987) que se eleva desde profundidades cercanas a los 40m; se localiza frente al puerto de Veracruz y de la población de Antón Lizardo. Tiene alta relevancia ecológica ya que funciona como reservorio, puente y puntos de diseminación de especies entre las áreas arrecifales caribeñas y las de Florida (Vargas-Hernández *et al.*, 1993).

Los arrecifes que conforman el SAV tienen un alargamiento en sentido NW a SW, debido a la dirección del oleaje (Vargas-Hernández *et al.*, 1993); se pueden reconocer cuatro zonas estructurales: sotavento, laguna o planicie arrecifal, cresta arrecifal y arrecife frontal o barlovento, cada una de las cuales presenta varias subzonas. Este patrón es el resultado combinado de los efectos del viento, las corrientes y la sedimentación (Fac. Cienc. 1986 – 1990; Lara, 1989; Padilla, 1989; Pizaña, 1990; Rosado 1990; Jácome 1992; López 1992; García, 1992; en Gutiérrez *et al.*, 1993).

El estudio general de un ecosistema, y en particular el de un arrecife coralino, implica considerar los componentes bióticos, por lo que resulta imprescindible el uso de la ecología cuantitativa, basada en parámetros tales como la abundancia, diversidad y cobertura, las cuales se emplean para determinar la similitud y diversidad dentro y entre las estaciones de muestreo, permitiendo establecer la estructura biológica de la comunidad coralina (Bravo y Camacho, 1989).

Al Ambiente físico, que reúne los factores o características que permiten el establecimiento y desarrollo de una biocenosis, que puede ser delimitado por la apariencia del paisaje, se le da el nombre de Biotopo (Dajoz, 1976; Margalef, 1980; Acot, 1987; Tello-Musi 2000).

A pesar de que cada arrecife muestra zonas bien definidas dependiendo de su geomorfología, hay biotopos comunes entre todos ellos, como las zonas de corales hermatípicos, zona de coral muerto, pastizales de *Thalassia*, las zonas de arena, de algas y anémonas; dependiendo del porcentaje de cobertura e interrelaciones que estos presenten, darán una apariencia al paisaje que puede ser modificado por impactos naturales y antropogénicos (Tello-Musi, 2000).

Los arrecifes coralinos son ambientes de cambio constante por causas naturales, pero hay evidencias de impacto humano, que combinadas con fenómenos naturales, reducen la recuperación de éstos (Gutiérrez *et al.*, 1993).

El SAV fue declarado como área natural protegida con el carácter de Parque Marino Nacional por el Gobierno Federal en 1992, sin embargo, aún es uno de los ambientes arrecifales con más presión por parte del hombre por lo que es necesario hacer una caracterización de los paisajes visuales de estos ecosistemas, para evaluar el impacto antropogénico al que se encuentran sometidos, así como sus efectos, y de esta manera poder desarrollar planes de manejo adecuado y preservación.

ANTECEDENTES

El primer estudio realizado en arrecifes del SAV fue el de Heilprin en 1891.

Posteriores a este, se encuentran los trabajos de Emery (1963), que hizo una caracterización de los arrecifes coralinos frente a Veracruz; Novelo, R., (1976) trabajó sobre las relaciones que existen entre ciertos factores ambientales y algunos aspectos de la dinámica de la población de *Thalassia testudinum* en una zona arrecifal de Veracruz; Yedid-Hilú (1982), caracterizó el arrecife de Isla Verde, Veracruz, con base en la abundancia y cobertura de especies coralinas; Carricart-Ganivet (1985), realizó una descripción de las especies de corales escleractínios de Isla de En medio, Veracruz; PEMEX (1987), hizo una evaluación de los corales escleractínios del Sistema Arrecifal del Puerto de Veracruz; Chávez e Hidalgo (1988), estudiaron los arrecifes coralinos del Caribe Noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico, discutiéndose casos concretos del impacto humano sobre el ecosistema arrecifal; Bravo y Camacho (1989), hicieron un estudio sobre la estructura de la comunidad mediante el análisis ecológico de los corales escleractínios del arrecife La Blanquilla; Rosado, M., (1990), describió al arrecife Chopas con base en las características del sustrato, estudió la estructura comunitaria de las anémonas y zoanthideos del mismo arrecife y de los arrecifes de la sección Veracruz con base en su composición específica, distribución espacial y diversidad.

Nelson (1991), realizó una comparación cuantitativa de la estructura de la comunidad de dos arrecifes en el suroeste del Golfo de México; Beltrán-Torres (1991), presentó la distribución de zooxantelas y pigmentos fotosintéticos en el coral hermatípico *Montastrea cavernosa* en relación con la profundidad y zona de colecta en el arrecife La Blanquilla, Veracruz; Jordán-Dahlgren (1992), llevó a cabo un análisis de los patrones de recolonización de la especie *Acropora palmata* en el complejo de arrecifes de Veracruz; Vargas-Hernández, *et al.* (1993), presentaron una descripción de las características de los principales arrecifes del

SAV, así como un análisis del impacto antropogénico al que están expuestos; Gutiérrez, *et al.* (1993), realizaron una comparación del SAV y el Sistema arrecifal de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an describiendo sus características principales y patrones de zonación. Horta-Puga y Carricart-Ganivet (1993), presentaron un listado de corales pétreos recientes de México, así como una descripción de los arrecifes coralinos de México en el mismo año; Bernardez (1993), analizó la estructura comunitaria de los corales escleractinios del arrecife Chopas, Antón Lizardo, Veracruz; Jordán-Dahlgren (1993), estudió el ecosistema arrecifal coralino del Atlántico Mexicano; Sánchez (1994), trabajó en la determinación de metales pesados en el coral pétreo *Madracis decactis* en el arrecife El Verde, Ver.; Barba-Santos (1998), estudió la estructura poblacional de *Diploria sp* en la planicie del arrecife Isla Verde, Ver.

Bonilla (2000), elaboró un estudio sobre la geomorfología del arrecife Isla Verde, Ver., y describió los escenarios bióticos haciendo uso de mapas batimétricos y modelos tridimensionales computarizados. González (2000), realizó un estudio sobre parámetros poblacionales: reclutamiento y mortalidad parcial de *Acropora palmata*, en el arrecife Isla Verde; Tello-Musi (2000), realizó una caracterización de la distribución espacial de biotopos en la zona de la planicie arrecifal de Isla Verde, Ver; Palacios (2001), elaboró una investigación acerca de la composición de especies de corales hermatípicos de zonas arrecifales someras de Veracruz, y su uso como material de construcción en el castillo de San Juan de Ulúa, encontrando que todo el material de origen coralino empleado se extrajo de las zonas someras del arrecife La Gallega.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Caracterizar la distribución espacial de los biotopos presentes en el área de la planicie arrecifal de La Gallega, Veracruz, perteneciente al Sistema Arrecifal Veracruzano.

Objetivos particulares

- Delimitar y definir cada uno de los biotopos de la planicie arrecifal del arrecife La Gallega.
- Ubicar la distribución de cada biotopo de la planicie arrecifal de La Gallega.
- Determinar las proporciones en las que se encuentran los biotopos en el área de la planicie arrecifal de La Gallega.
- Elaborar un mapa de la distribución de los biotopos presentes en la planicie arrecifal de La Gallega, utilizando un Sistema de Información Geográfica.
- Conocer las especies de Corales hermatípicos presentes en la planicie del Arrecife la Gallega, Veracruz.
- Determinar si existe reclutamiento coralino en la planicie arrecifal.

AREA DE ESTUDIO

Origen: El Sistema Arrecifal Veracruzano está formado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental (PEMEX, 1987), que se eleva desde profundidades cercanas a los 40 m. Está construido en un banco de restos bioclásticos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al pleistoceno reciente, y es producto del descenso en el nivel del mar, debido a la última glaciación (Emery 1963; PEMEX, 1987).

Sedimentos: Emery (1963) sugiere que los arrecifes constituyen la fuente moderna de sedimentos gruesos para la plataforma continental, siendo los más importantes, los corales madreporarios y como fuentes secundarias las conchas de moluscos y esqueletos de algas calcáreas rojas y *Halimeda* (clorofita) (Lot-Helgueras 1971; en Vargas-Hernández 1993).

Morfología: Los arrecifes de Veracruz, según observaciones realizadas por Heilprin (1890), tienen un alargamiento debido a la dirección del oleaje en el sentido NW a SE (Vargas-Hernández, 1993).

Hidrografía: Las masas de agua que rodean a los arrecifes, pueden clasificarse en tres tipos: aguas oceánicas, aguas costeras y aguas de mezcla. Las oceánicas pasan hacia el Norte formando corrientes predominantes con velocidades de 0.4 a 0.5 nudos, su temperatura varía entre los 28.5 y 28.7°C el agua de tipo costero presenta temperaturas superiores entre 29 y 29.4°C y las aguas de mezcla entre 28.7 y 29°C (Villalobos, 1971; Gutiérrez de Velasco y Prieto, 1985; SEDUE, 1985; en PEMEX, 1987). La salinidad es aportada por las aguas oceánicas con valores de 36⁰/₀₀ en superficie, hasta 36.7⁰/₀₀ a 20 m de profundidad y por valores inferiores a 36⁰/₀₀ propios de las aguas costeras que reciben aportes fluviales, (Vargas-Hernández, 1993)

Clima: El clima se ha considerado, de acuerdo con los datos climáticos de más de 50 años del Centro de Previsión del Golfo de Veracruz, como caliente húmedo con lluvias en verano, correspondiente al clima A(W2") (W) (i) de García 1964. (Vargas-Hernández 1993).

El esquema climático del área de Veracruz se puede sintetizar en dos épocas del año:

- 1) La época de "Nortes" que abarca desde Septiembre hasta abril y está caracterizada por una escasa precipitación, temperaturas ambientales bajas y frecuentes invasiones de masas de aire frío del Norte, por cuya fuerza pueden ser, desde vientos frescos hasta violentos y huracanados.
- 2) La época de "lluvias", de mayo a agosto, que es un periodo cálido, caracterizado por temperaturas elevadas, alta precipitación entre junio y agosto, y vientos débiles del Este que soplan mas o menos permanentemente (PEMEX, 1987).

La temperatura promedio anual en la zona arrecifal es de 26.1° C (Ferré-d'Amaré, 1985 citado en Gutiérrez *et al.* 1993.), las temperaturas mas bajas se registran en enero y febrero, y oscilan alrededor de 18° C (Fac. Cienc., 1986 – 1989 en Gutiérrez *et al.*,1993).

Estructura: Los arrecifes que componen el SAV se encuentran delimitados por los ríos La Antigua al Norte y Papaloapan al sur. La desembocadura del río Jamapa-Atoyac divide al sistema en dos áreas, una frente al puerto de Veracruz, los arrecifes son: Gallega, Galleguilla, Anegada de Adentro, La Blanquilla, Isla Verde, Isla de Sacrificios, Pájaros, Hornos, Ingeniero y Punta Gorda, todos dentro de la isóbata de los 37 m; y otra frente al poblado de Antón Lizardo a unos 20 Km al SW del puerto de Veracruz, lo que provoca que las aguas circundantes sean turbias y poco transparentes, los arrecifes que lo conforman son: Giote, Polo, Blanca, Punta Coyol, Chopas, En medio, Cabezo, El Rizo, Santiaguillo, Anegada de Afuera, Anegadilla y Topetillo, todos dentro de la isóbata de los 48 km. (Carricart-Ganivet,

Horta-Puga 1993). Esto es una superficie de 52,238 has aproximadamente (Bonilla, 2000). (Fig.2)

Arrecife La Gallega: forma parte de una serie de arrecifes, cayos e islas que conforman el Sistema Arrecifal Veracruzano; se localiza en la región prioritaria marina número 49 Laguna Verde – Antón Lizardo del Estado de Veracruz (Arriaga, 1998); se ubica geográficamente a los 19° 13' 13" N y 96° 07' 37" W, su eje más largo es en dirección NW - SE con 2.37 Km y su parte mas ancha mide 1.25 Km; el área total que ocupa este arrecife es de 1,362,000 m² (SEMAR s/a). Se desarrolla sobre la Plataforma continental hasta una profundidad de 35 a 40 m. (Jácome, 1992), es de tipo Plataforma (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993); actualmente se encuentra unido al puerto de Veracruz por una escollera construida a principios del siglo pasado y actualmente se considera como Costero (Vargas-Hernández *et al*, 2002). En su extremo sur se encuentra construido el castillo de San Juan de Ulúa y una serie de edificaciones para el funcionamiento adecuado del puerto (Fig 3).

Historia: En el año de 1519, arribaron los españoles a las playas y cayos arrecifales de lo que hoy es la ciudad de Veracruz (Rodríguez y Manrique, 1991 en Palacios, 2001) concretamente arribaron al islote que sería bautizado como San Juan de Ulúa, sobre arenales situados frente a este islote se fundó la Villa Rica de la Vera Cruz, cambiando de ubicación poco tiempo después a lo que hoy se conoce como La Antigua, Veracruz, debido a la carencia de elementos básicos de construcción y abastecimiento de agua (García-Díaz, 1992 en Palacios, 2001). De esta manera el puerto de Veracruz quedó situado en el Sistema Arrecifal Veracruzano. La edificación de la fortaleza de San Juan de Ulúa comenzó en 1544 sobre el islote del arrecife La Gallega, utilizándose como material principal madrepora, vulgarmente llamada “piedra muca” o “mucara”. Fue construida para protección de veleros españoles debido a los fuertes nortes, así como para defensa del puerto de Veracruz de los ataques de bucaneros y piratas y tiempo después fue utilizada como prisión de Estado.

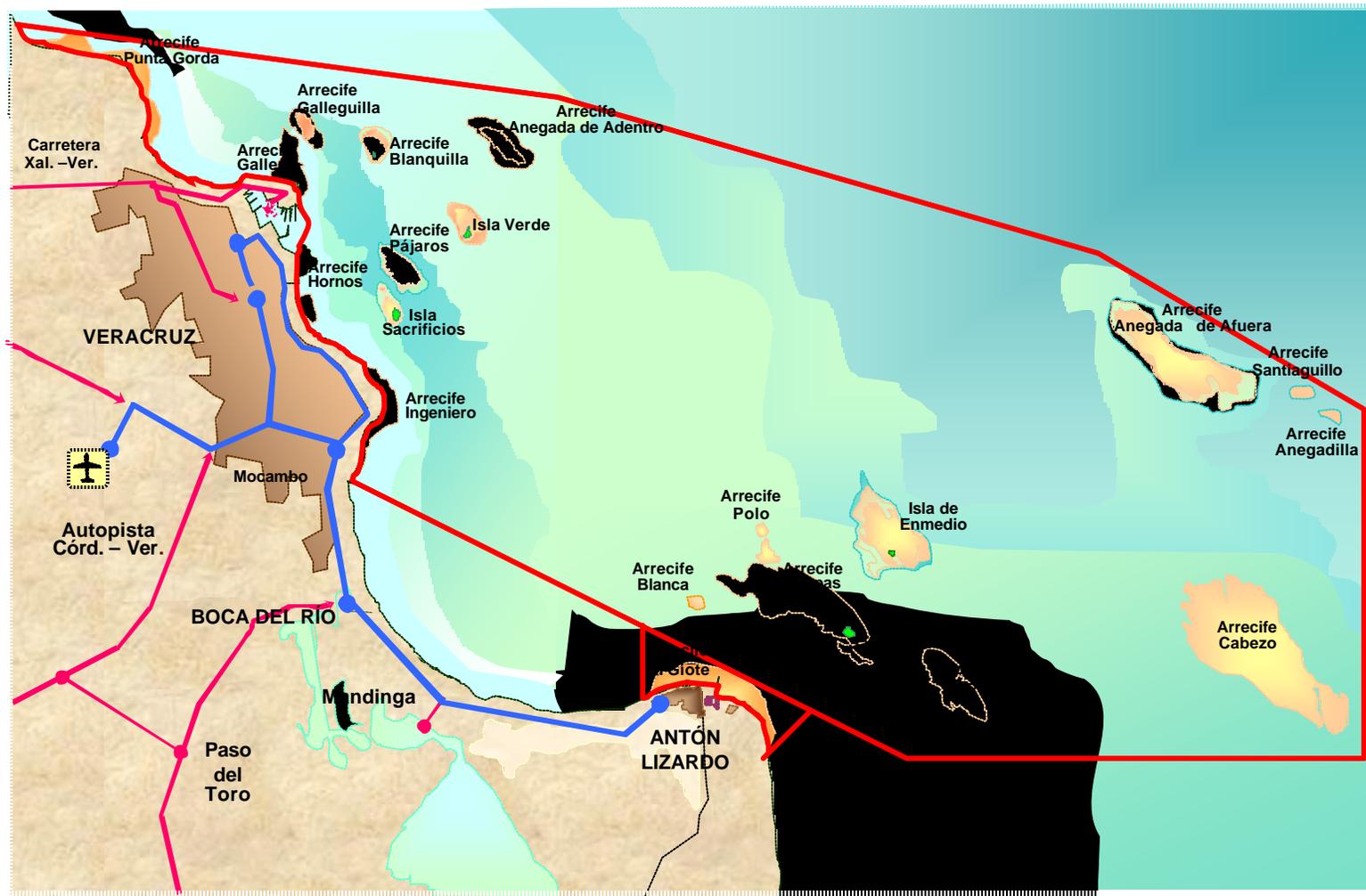


Fig. 2 Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, localización de los 23 arrecifes que lo conforman (Tomado de SEMAR s/a).



Fig 3. Vista aérea del arrecife La Gallega, se Observa la cercanía con la Zona aduanal del Puerto de Veracruz (Tomado de SEMAR s/a).

MÉTODO

DISEÑO DEL MUESTREO

Se realizó un muestreo prospectivo en el mes de Abril de 2002 al área de estudio en donde se hicieron recorridos por toda la planicie arrecifal con el fin de reconocer el área, determinar biotopos y las especies de los organismos presentes así como para elaborar una guía de campo con base en bibliografía de la zona.

Se delimitaron como biotopos: corales hermatípicos, coral muerto, arena, y *Thalassia* por ser los más representativos del área, incluyéndose también algas y anémonas coloniales (y una solitaria) como dos comunidades bióticas importantes, que al interactuar con otros organismos pueden modificar la distribución de los biotopos así como representar un cambio en el paisaje en las zonas donde se concentran (Tello-Musi, 2000) (Anexo 1).

Mapa

Para establecer las estaciones de muestreo, se realizó un mapa a partir de la carta náutica correspondiente a la zona de la costa oeste "Veracruz y Proximidades" S.M. 823 escala 1:25 000 en Lat 19°11'N, de la cual se digitalizó con un escáner el área perteneciente al arrecife "La Gallega" para tener un mayor acercamiento. Posteriormente este mapa se cuadrículó con la finalidad de que las estaciones cubrieran la totalidad del área. Cada cuadro en el mapa correspondió a un cuadrante o cuadrado de 25m².

Estaciones

Para determinar la distribución espacial de los biotopos, se tomó la medida del ancho total del arrecife y se dividió en 10 transectos, colocados perpendicularmente desde la línea de costa hasta la cresta arrecifal, esto se hizo tomando en cuenta el estudio realizado por PEMEX en 1987 sobre la evaluación de los corales escleractínios del Sistema Arrecifal del Puerto de Veracruz, así como diversos trabajos realizados en arrecifes cercanos en donde los transectos utilizados fueron colocados con dirección semejante debido a que en los arrecifes de Veracruz se nota un cambio de paisaje en ese sentido.

A lo largo de los transectos se distribuyeron cuadrantes homogéneamente tomando en cuenta la longitud total de todos los transectos (**Anexo 1**), que fue de 9117.5 m éste valor fue equivalente a 100 cuadrantes. La distribución de los cuadrantes quedó de la manera que se muestra en la **figura 4**.

Teniendo ya marcada la ubicación de los transectos y cuadrantes en el mapa, se obtuvieron las coordenadas geográficas de cada cuadrante y se realizó una bitácora de campo con estos datos (**Anexo 2**).

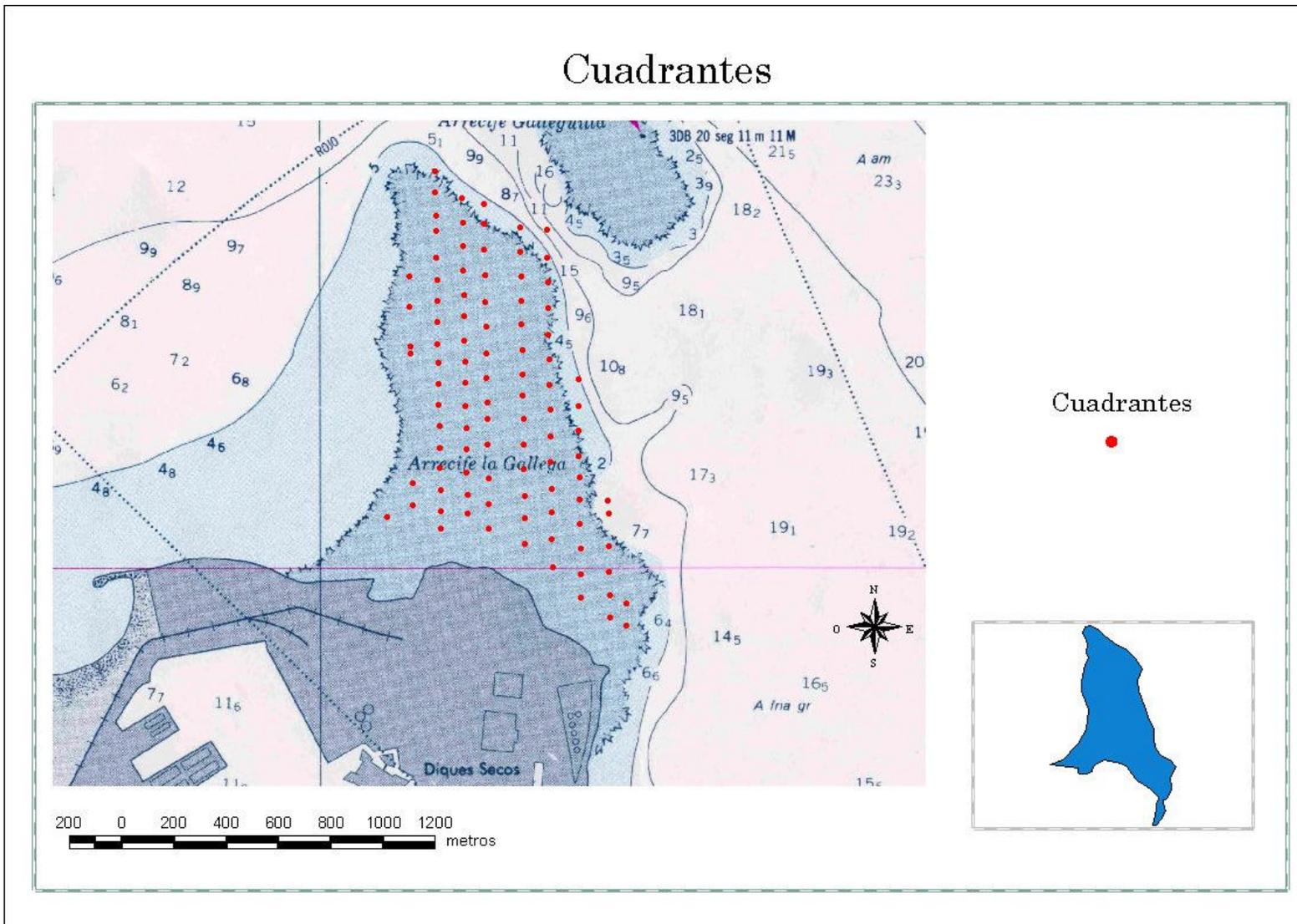


Fig. 4. Mapa del área de estudio; se muestra la distribución de los cuadrantes (puntos en rojo).

TRABAJO DE CAMPO

Muestreo

Se realizaron salidas al campo en los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre de 2002 y en Mayo de 2003.

Se utilizó el método de cuadrantes de 5 X 5 m² (delimitados por un cabo de nylon con plomos), este es adecuado para estudios de tipo cuantitativo en comunidades coralinas (Scheer, 1978; Bak y Engel, 1979 en Reyes–Castro y Sáenz, 1989). Además, este método es considerado como un método clásico para el reconocimiento directo en zonas de coral, que incluye, la utilización de transectos y cuadrantes (de 1 a 900 m²), a pie o con buceo SCUBA, para estimar la riqueza específica y cobertura (Solís, *et al* 2000).

En cada estación, se localizó la ubicación geográfica de los cuadrantes a realizar, con la ayuda de un GPS marca Garmin Mod.12, con una precisión de ± 4 m. Localizado el punto se delimitó el cuadrante con un cabo de nylon lastrado con plomos, procurando formar un cuadrado, el cuadrante quedó ubicado sobre el transecto colocando siempre la esquina inferior derecha en el punto georreferenciado.

Dentro del área delimitada y haciendo uso de equipo básico de buceo (visor y snorkel), se calcularon los porcentajes de cobertura de cada uno de los biotopos. Los corales hermatípicos se midieron utilizando un tubo de PVC graduado, se tomó la altura máxima y diámetro máximo. Se contabilizaron los organismos menores a 2 cm (reclutas visibles) y se determinó de forma visual, la especie o en su defecto el género al que pertenecen, así como el tipo de sustrato donde se encontraron. Todos estos datos fueron anotados en bitácoras de acrílico con un formato establecido previamente.

TRABAJO DE GABINETE

Se determinó la cobertura, frecuencia, dominancia y valor de importancia para cada uno de los biotopos y grupos trabajados.

La cobertura es el área que ocupa un biotopo con respecto al área muestreada.

Se obtuvo el porcentaje de cobertura para cada uno de los biotopos con respecto al área total muestreada (0.25 ha) y se extrapoló al área total de la Planicie Arrecifal (136.2 ha) para hacer una aproximación de la cobertura de los biotopos.

En el caso de los corales hermatípicos, debido a que presentan mayormente forma semiesférica, se tomó la siguiente fórmula.

Cobertura: $ni = p r^2$ donde ni es igual al área cubierta por la especie i y r^2 es igual al radio del organismo.

La cobertura relativa es el área que ocupa una biotopo con respecto a la cobertura de todas los biotopos.

En el caso de la cobertura relativa, se tomó la fórmula:

Cobertura relativa: $Rni = p r^2 / \hat{a}n$ donde $\hat{a}n$ es igual al total de cobertura de todos los biotopos.

Para obtener la cobertura de los corales se tomó la fórmula para calcular el área de una hemiesfera, que es la figura geométrica que más se asemeja a la forma del crecimiento coralino en el área de estudio.

El volumen de carbonato de calcio con el que contribuyen los corales para la formación del arrecife, se obtuvo empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Volúmen} = 4/3 * \pi * r^3$$

La frecuencia nos indica el número de veces que aparece un biotopo en el total de los muestreos, la frecuencia relativa es el porcentaje que tiene la frecuencia de un biotopo con respecto a la frecuencia de todos los biotopos.

Frecuencia: $F_i = J_i/K$ donde J_i es igual al número de apariciones del biotopo i y K es igual al total de los muestreos.

Frecuencia relativa: $RF_i = (f_i/\acute{a}F) \times 100$ donde $\acute{a}F$ es igual al total de frecuencias de todos los biotopos.

La dominancia nos indica el área que un biotopo ocupa con respecto al área total muestreada y la dominancia relativa, el porcentaje de dominancia de un biotopo con respecto a la dominancia de todas los biotopos.

Dominancia: $C_i = n_i/A$ donde n_i es igual al área cubierta por el biotopo i y A es igual al área total muestreada.

Dominancia relativa: $RC_i = (n_i/\acute{a}C_i) \times 100$; donde $\acute{a}C_i$ es igual a la suma de la dominancia de los biotopos.

Con base a lo anterior se obtuvo el valor de importancia de cada uno de los biotopos.

Valor de importancia: $R_i = RF_i + RC_i$ (Krebs, 1985)

Para obtener el valor de importancia de las especies de corales hermatípicos, se tomaron en cuenta los siguientes valores:

Densidad relativa + Frecuencia relativa + Dominancia relativa + Volumen relativo

Se propuso esta fórmula que toma en cuenta cuatro valores para evitar subestimar el valor de algún organismo, porque la morfología de los corales es muy diversa y así como podemos encontrar un coral encostrante que presente una cobertura

muy grande, su volumen de CaCO_3 es muy poco y por el contrario un coral masivo podría presentar un volumen de CaCO_3 alto y una cobertura muy pequeña.

Índice de reclutamiento: El reclutamiento coralino se cuantificó de la siguiente manera: Ind/m^2 (ind= colonias menores de 2cm en tamaño) (AGRRA, 2000)

Mapas de distribución.

Se utilizó el Sistema de Información Geográfica Arc View (GIS) versión 3.1 para realizar mapas de distribución de los biotopos que predominaron en la zona, para esto se definió al cuadrante de acuerdo al biotopo dominante.

Se georreferenció el mapa de la zona con el programa antes mencionado y se le añadieron las coordenadas de los cuadrantes así como los datos de los biotopos dominantes en cada cuadrante.

Los sistemas de información geográfica están diseñados para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas (Star y Estes, 1990 en Montoya, 2003) y son muy útiles cuando se trata del monitoreo de la biodiversidad de una zona (Salem, 2003); son una herramienta práctica para analizar cambios temporales y espaciales en los ecosistemas (Teruhisa *et al.*, 2003), debido a que nos proporcionan otra perspectiva de los datos obtenidos en el campo al hacer una integración de estos en capas espaciales rápidamente dispuestas en mapas o imágenes para su análisis e interpretación y visualización (Salem, 2003)

RESULTADOS

Se realizaron un total de 100 cuadrantes de 25 m² distribuidos en 10 transectos de longitud variable, los cuales cubrieron un área total de 2,500 m², que representan un 0.1835% del total de la planicie que es de 1,362,000 m². Del área total muestreada, se encontró que el biotopo arena cubre 1062.834 m², el coral muerto 657.1598 m², *Thalassia* 597.75 m², algas 96.5 m², anémonas 78.5 m² y coral hermatípico sólo 7.27m².

Tomando en cuenta el área total de la Planicie del arrecife La Gallega y extrapolando los porcentajes de cobertura de cada uno de los biotopos, se obtuvo que el área que cubren estos es la siguiente: arena 579031.963 m² (42.51 %), coral muerto 358020.659 m² (26.28 %), *Thalassia* 325654.2 m² (23.90%), algas 52573.2 m² (3.85%), anémonas 42766.8 m² (3.13%), coral hermatípico 3962.22 m² (0.29%) (**Tabla 1, Fig. 5 y 6**).

Se calculó el Valor de Importancia de los biotopos (**Tabla 2**), resultando ser la arena el biotopo más importante, le siguen coral muerto, *Thalassia*, algas, coral hermatípico y anémonas respectivamente (**Fig. 7**).

Especies de corales hermatípicos

Por medio de guías de campo se identificaron las siguientes especies de corales hermatípicos: *Porites sp*, *Millepora alcicornis*, *Diploria sp*. y *Siderastrea radians*.

Las colonias coralinas presentaron formas esféricas como en el caso de *Diploria sp*. y *Siderastrea radians* e incrustantes o casi esféricas como *Porites sp* y *Millepora alcicornis*, y su tamaño fue generalmente pequeño en la mayoría.

Las especies de tamaño mas pequeño fueron *Porites sp*, *Millepora alcicornis* y *Siderastrea radians* con tallas de entre 5 y 10 cm tanto de diámetro máximo como de altura máxima, solo los organismos pertenecientes a la especie *Diploria sp*

sobrepasaron frecuentemente los 15 cm de diámetro máximo y 10 a 15 cm de altura máxima.

El total de CaCO_3 con la que contribuyen los corales hermatípicos al arrecife es de 556652.25 cm^3 . *Siderastrea radians* es la especie que contribuye con mayor cantidad de carbonato de calcio en la planicie arrecifal con 52.83% (294066.85 cm^3), le siguen *Diploria sp.* con 42.74 % (237910.75 cm^3), *Millepora alcicornis* con 3.09% (17213.35 cm^3) y *Porites sp.* con 1.34% (7461.3 cm^3).

La especie *Siderastrea radians* presentó la mayor cobertura de coral hermatípico en la Planicie arrecifal con 76.67 % (3037.99 m^2), en segundo lugar se encontró *Diploria sp.* cubriendo el 20.28 % (803.355 m^2), *Millepora alcicornis* cubre el 1.91 % (75.95 m^2) y por último *Porites sp.* con solo el 1.13 % (44.92 m^2) (**Fig. 8 y 9, Tabla 3**).

Ya que la mayor cobertura no nos indica precisamente cual especie es la más importante, debido a la forma de los corales, se calculó la frecuencia y dominancia relativa para obtener el Valor de Importancia de las diferentes especies, siendo *Siderastrea radians* la que presenta, por mucho, el Valor de Importancia más alto respecto a las demás especies con 273.553; las tres especies restantes obtuvieron los siguientes valores: *Diploria sp.* 99.727, *Millepora alcicornis* 11.855, *Porites sp.* 14.862 (**Tabla 4, Fig. 10**)

Se contabilizaron 147 reclutas de coral, de los cuales el 93.19% (137 organismos) pertenecen a la especie *Siderastrea radians*, el 4.08% (6 organismos) a *Millepora alcicornis* y el 2.72% (4 organismos) a *Diploria sp.*, no se encontraron reclutas de la especie *Porites sp.* Se obtuvo un bajo Índice de reclutamiento (0.29 ind/m^2) (**Tabla 5**).

Se identificaron dos especies de anémonas coloniales (*Zoantharia*), *Palythoa caribaeorum* (encostrante), *Zoanthus sociatus* (anémona colonial verde) y una no colonial (*Actiniaria*), *Stoichactis helianthus* (anémona sol).

Mapas de distribución

Se realizaron mapas de distribución para ubicar las zonas de la Planicie en las que predominan los diferentes biotopos (**Anexo 3**).

El biotopo arena se encontró en toda la planicie arrecifal, pero presentó la mayor cobertura en 37 cuadrantes. Su distribución está principalmente en la parte central de la planicie arrecifal (**Mapa 1**)

En 19 cuadrantes de la parte de sotavento de la planicie arrecifal fue en donde se encontró coral muerto como biotopo predominante, se presenta en forma de pedacería y de pavimento (**Mapa 2**).

La *Thalassia* se distribuye principalmente en 25 cuadrantes de los 100 muestreados, encontrándose principalmente en el centro de la planicie arrecifal, forma una pradera en forma de franja después de la zona de arena cercana a la costa; después de esta franja se encuentra en manchones mezclados con arena (**Mapa 3 y 4**).

En dos cuadrantes de la zona de barlovento fue donde se encontró una mayor proporción de algas, principalmente carnosas verdes y pardas (**Mapa 5**)

Las anémonas se encuentran en la zona de barlovento del arrecife, asociadas principalmente con sustratos duros o rocosos de la cresta arrecifal. Sólo en dos cuadrantes fueron predominantes, que son los que se encuentran cerca de la cresta. Este tipo de organismos forman parte del paisaje de la cresta arrecifal en los arrecifes de coral (**Mapa 6**)

Se encontró coral hermatípico en 29 cuadrantes, su presencia fue en un porcentaje muy bajo y coincide con los cuadrantes donde predominó el coral muerto (**Mapas 7 y 8**), esto puede indicar que existe una alta mortalidad de especies de coral en la Planicie de este arrecife, en los 14 cuadrantes restantes la presencia de este biotopo se alterna con arena y *Thalassia*. La mayoría de los organismos encontrados presentaron un tamaño muy pequeño. Se encontraron cuatro especies de coral hermatípico que fueron: *Siderastrea radians*, *Diploria sp.*, *Porites sp.* y *Millepora alcicornis*.

Los reclutas coralinos se presentan hacia la zona de sotavento, coincidiendo con la presencia de coral hermatípico vivo; se encontraron sobre coral muerto, que les proporciona el sustrato adecuado (**Mapa 9**).

En la parte norte del arrecife, la cresta se encuentra más desarrollada, está formada principalmente por sustratos calcáreos que forman una barrera, que de acuerdo a las condiciones de marea, quedan sumergidos o expuestos. Esta zona también llamada barlovento, está expuesta a la mayor energía del oleaje por lo que es un ambiente de alta oxigenación y pocos sedimentos, esto permite que diferentes organismos se establezcan y caractericen a esta zona (**Mapa 10**).

Tabla 1. Cobertura de los Biotopos en la Planicie arrecifal de “La Gallega”.

Biotopos	Cobertura m ²	Cobertura (%)
Arena	579031.963	42.51307771
Coral muerto	358020.659	26.28621746
<i>Thalassia</i>	325654.2	23.90984124
Algas	52573.2	3.85997437
Anémonas	42766.8	3.139979151
Coral hermatípico	3962.22144	0.290910068
Total	1362009.04	100

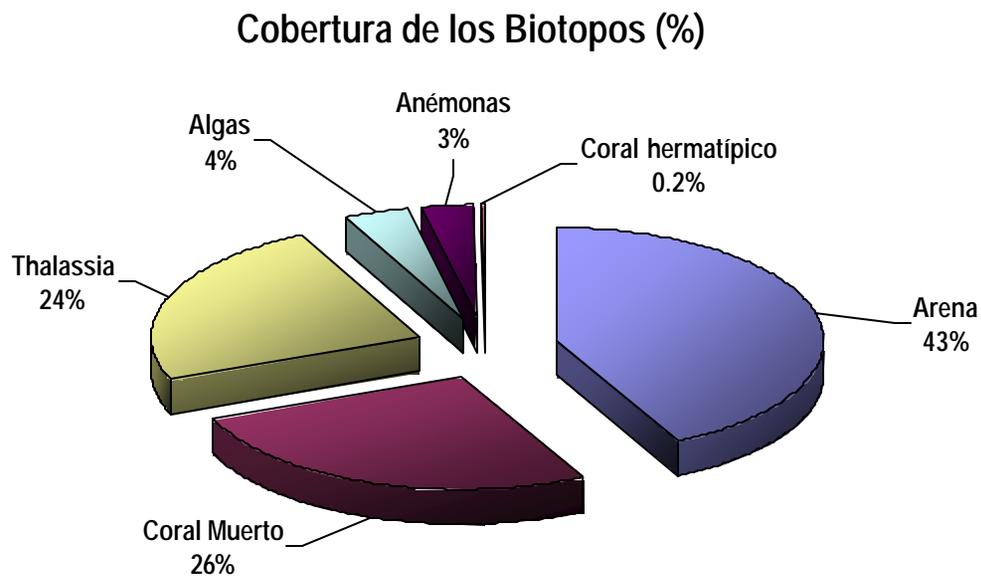


Fig. 5. Porcentaje de cobertura de los biotopos.

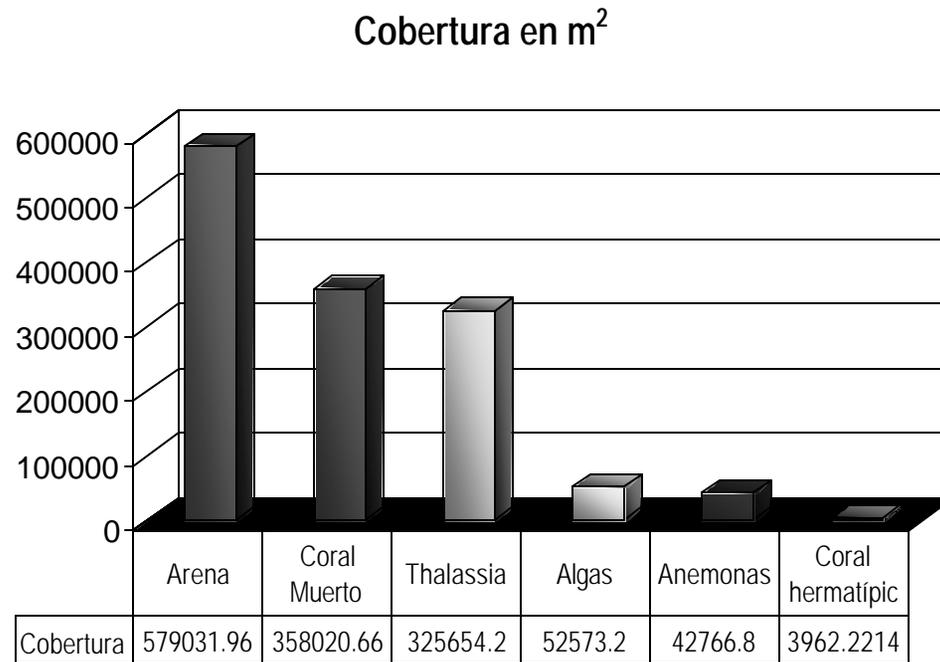


Fig. 6. Cobertura en m² de los biotopos.

Tabla 2. Valor de Importancia de los Biotopos de la Planicie arrecifal de “La Gallega”

Biotopo	Frecuencia Relativa	Dominancia relativa	Valor de importancia
Arena	36.4583333	42.51336	78.97169333
Coral muerto	19.2708333	26.286392	45.55722533
<i>Thalassia</i>	17.7083333	23.91	41.61833333
Algas	7.2916667	3.86	11.15166667
Anémonas	4.6875	3.14	7.8275
Coral hermatípico	14.5833333	0.290912	14.87424533
Total	100	100	

Valor de Importancia

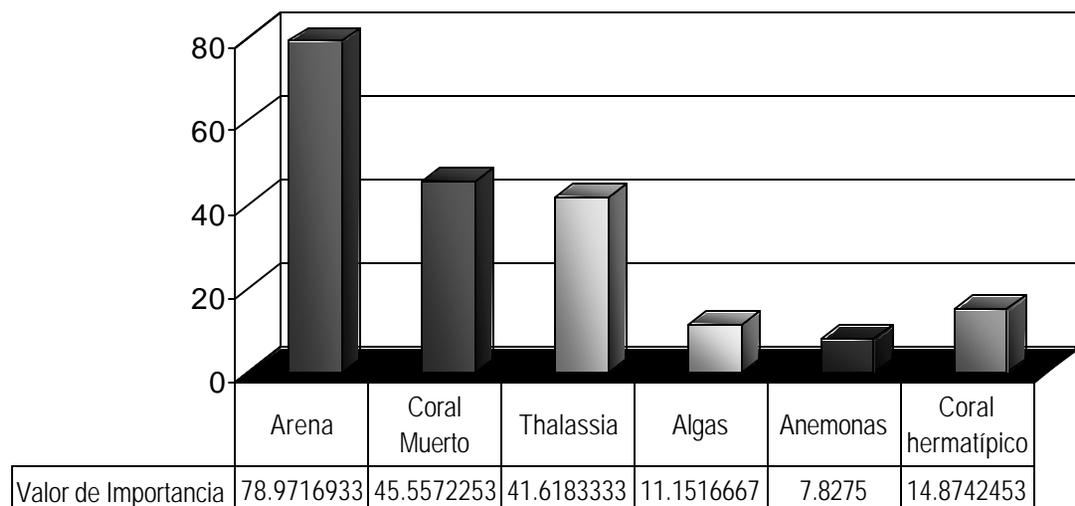


Fig. 7. Valor de Importancia de los diferentes biotopos de la Planicie Arrecifal de “La Gallega”

Tabla 3. Cobertura en m² de las diferentes especies de los corales hermatípicos de la Planicie arrecifal.

Especie	Cobertura m²	Cobertura (%)
<i>Siderastrea radians</i>	3037.990032	76.67386609
<i>Diploria sp.</i>	803.3558148	20.27537797
<i>Millepora alcicornis.</i>	75.9497508	1.916846652
<i>Porites sp</i>	44.9280216	1.133909287
Total	3962.223619	100

Cobertura de Corales Hermatípicos (%)

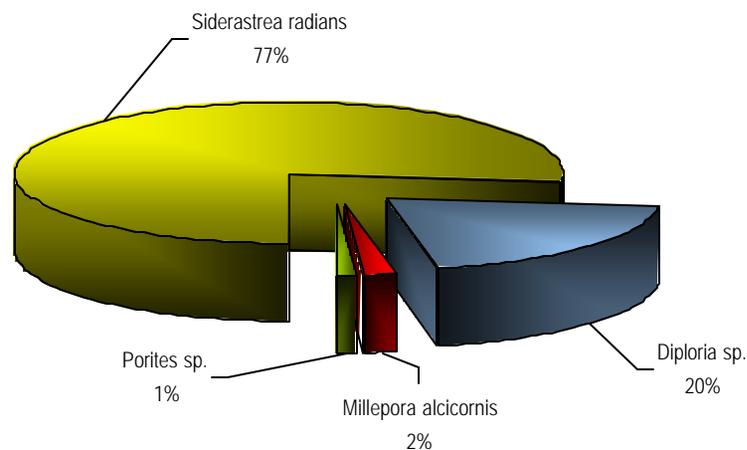


Fig. 8. Porcentaje de cobertura de las especies de corales de la Planicie arrecifal

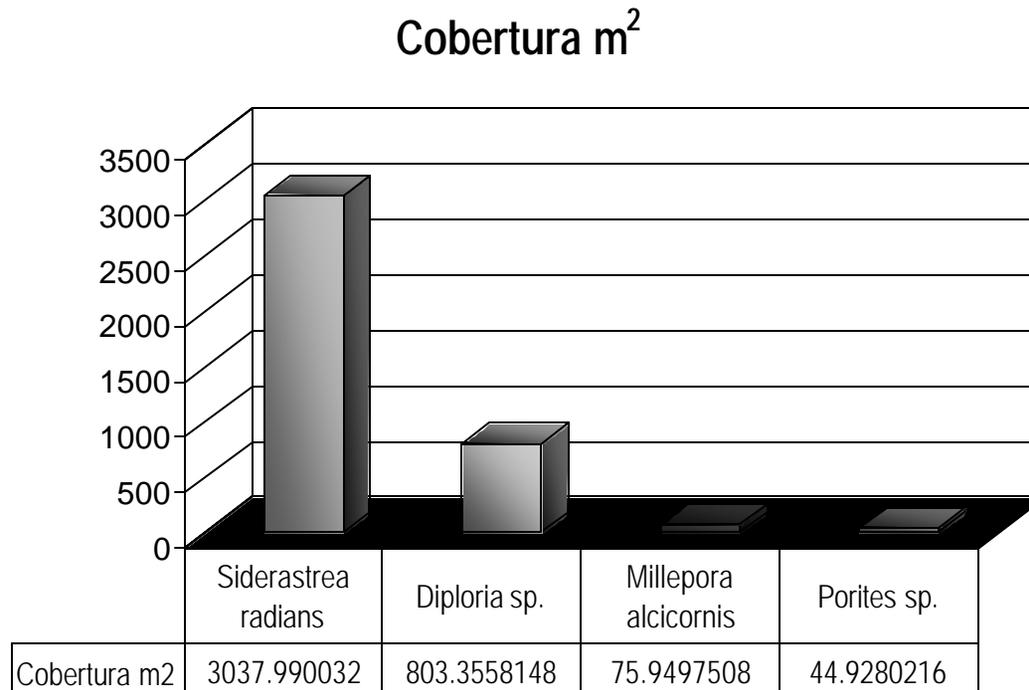


Fig. 9. Cobertura en m² de las especies de Corales Hermatípicos

Tabla 4. Valor de Importancia de los corales hermatípicos de la Planicie Arrecifal de La Gallega.

Especie	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Volumen relativo	Valor de Importancia
<i>Siderastrea radians</i>	91.22182681	52.8301887	76.6738661	52.82774838	273.55363
<i>Diploria sp.</i>	6.524317912	30.1886792	20.275378	42.73956496	99.72794009
<i>Millepora alcicornis</i>	1.18623962	5.66037736	1.91684665	3.092298648	11.85576228
<i>Porites sp</i>	1.067615658	11.3207547	1.13390929	1.340388007	14.86266767
Total	100	100	100	100	

Valor de Importancia

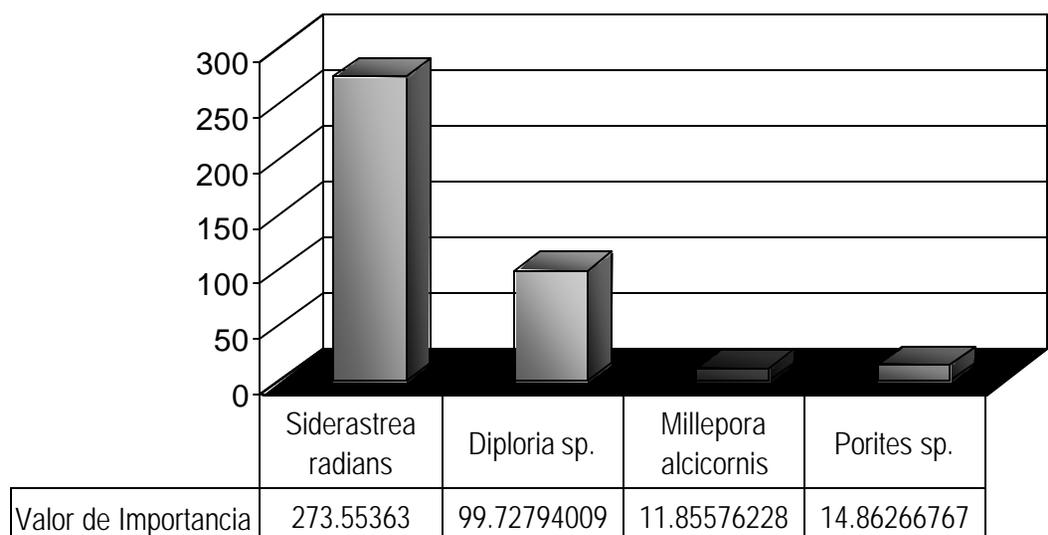


Fig. 10. Valor de Importancia de las especies de coral hermatípico.

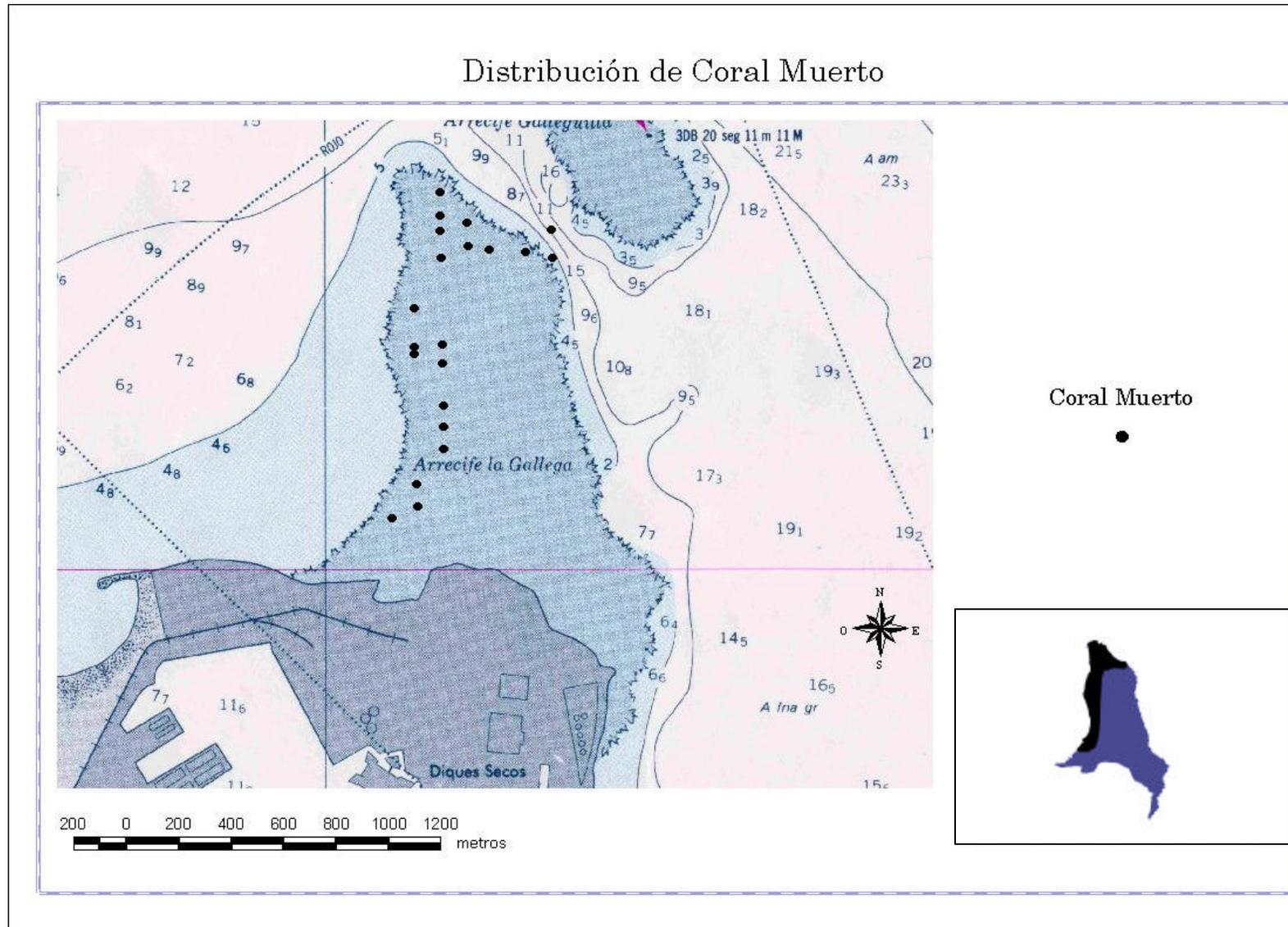
Tabla. 5 Índice de reclutamiento de arrecifes cercanos a La Gallega. (Datos tomados de AGRRA, 2000)

Arrecife	Índice De Reclutamiento
Galleguilla	3.1 ind/m ²
Isla Verde	1.3 ind/m ²
Isla Sacrificios	0.7 ind/m ²
Gallega	0.29 ind/m ²

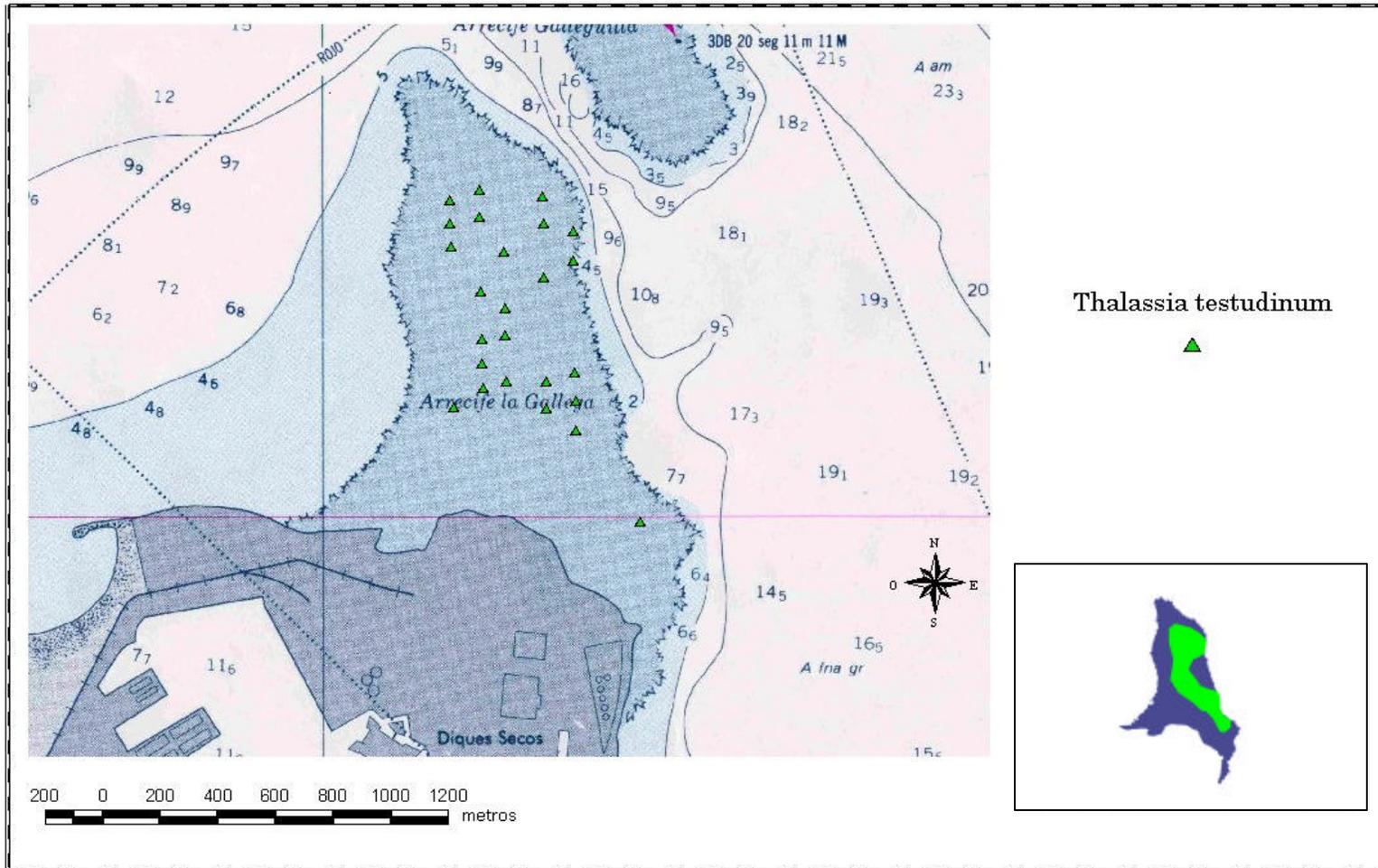
Tabla 6. Comparación del Porcentaje de cobertura de los biotopos del arrecife Isla Verde y La Gallega.

BIOTOPOS	Isla Verde (%cobertura)	Gallega(%cobertura)
Arena	41.09	42.51
Coral muerto	16.41	26.29
Thalassia	21.42	23.91
Algas	15.26	3.86
Anémonas	0.86 (otros)*	3.14
Hermatípico	4.10	0.3

*Se tomaron en cuenta como "otros grupos" a las anémonas; además de esponjas, poliquetos y alcyonarios.

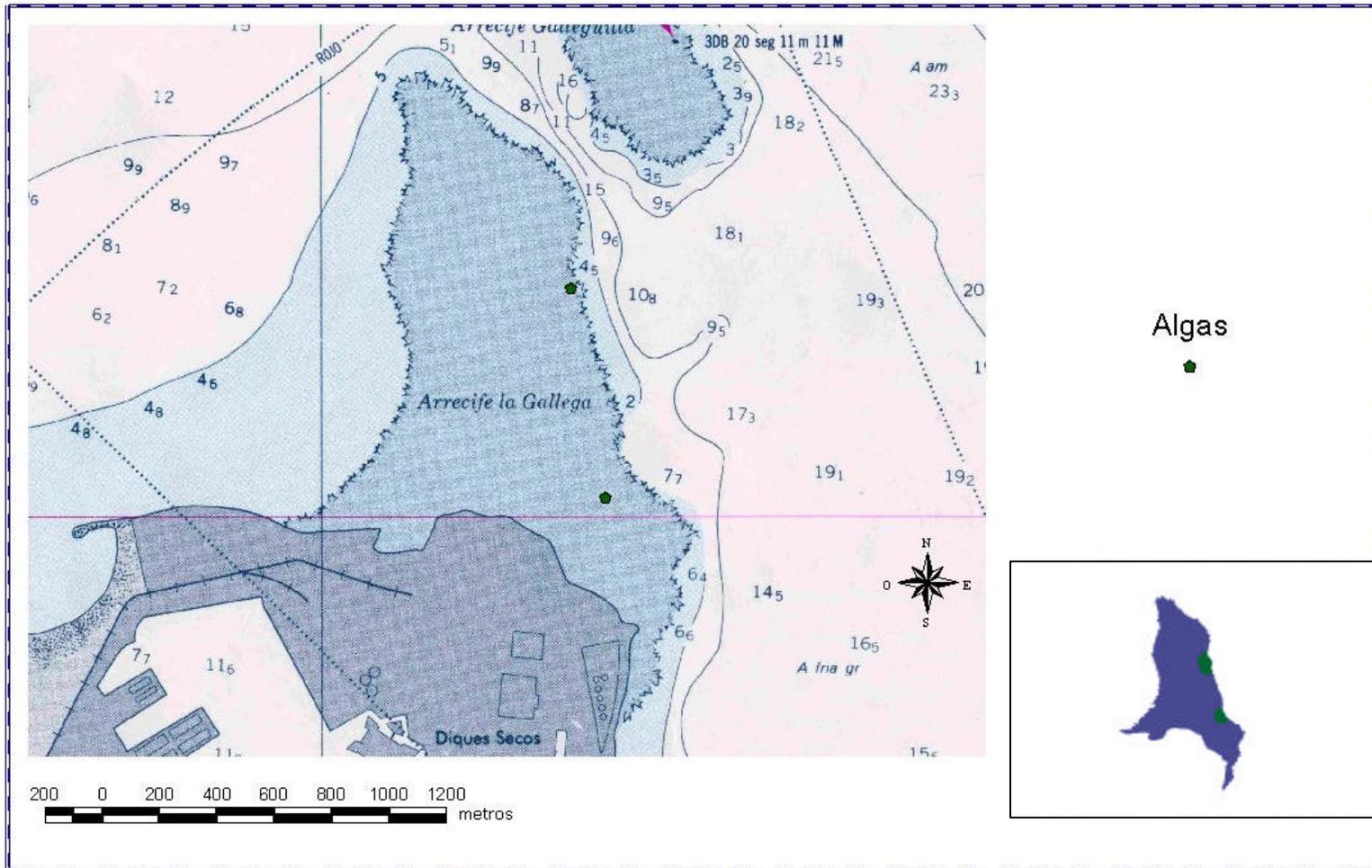


Distribución de *Thalassia testudinum*



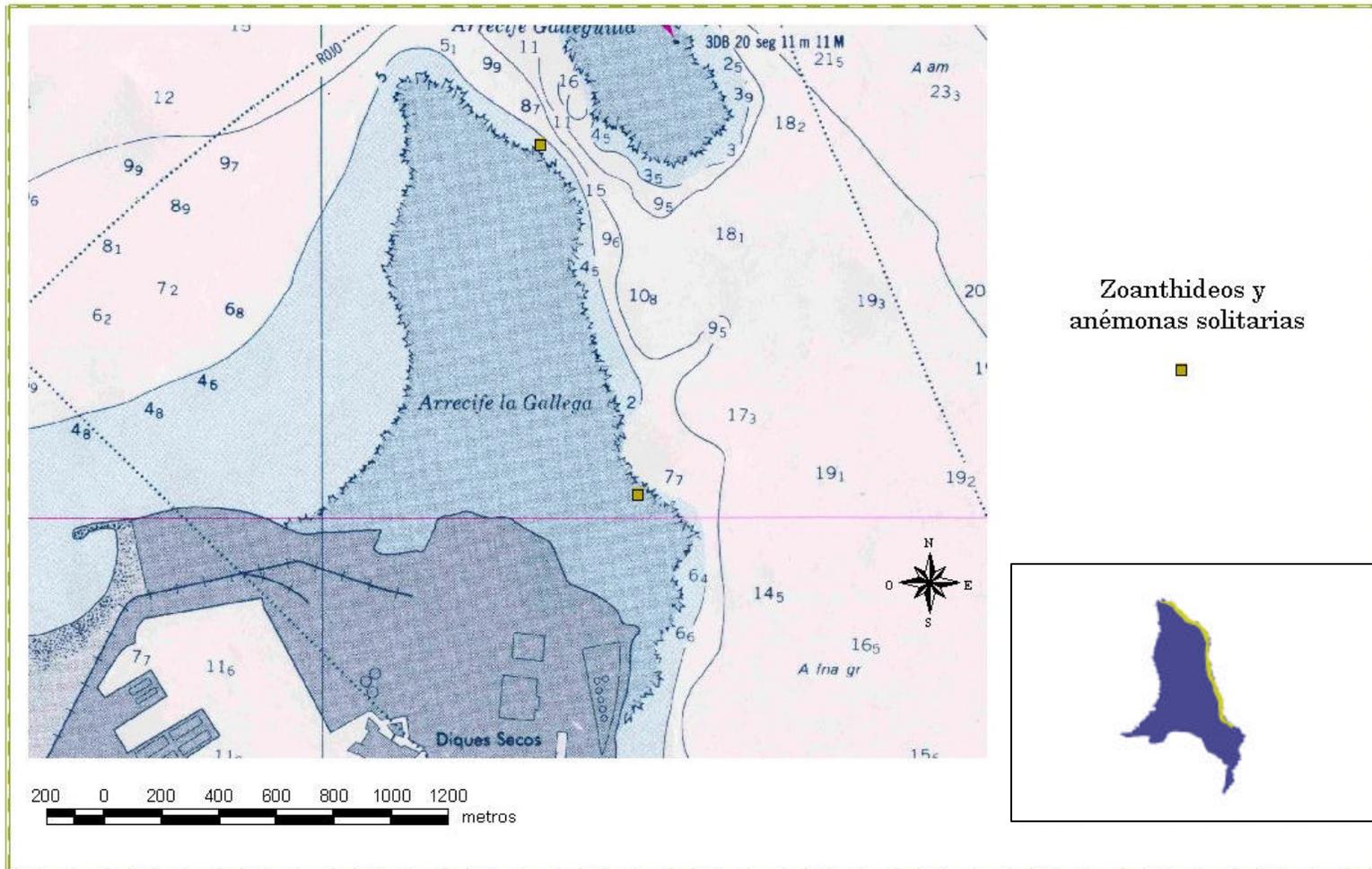
Mapa 3. Zonas de "ceibadales" de *Thalassia testudinum*.

Distribución de Algas



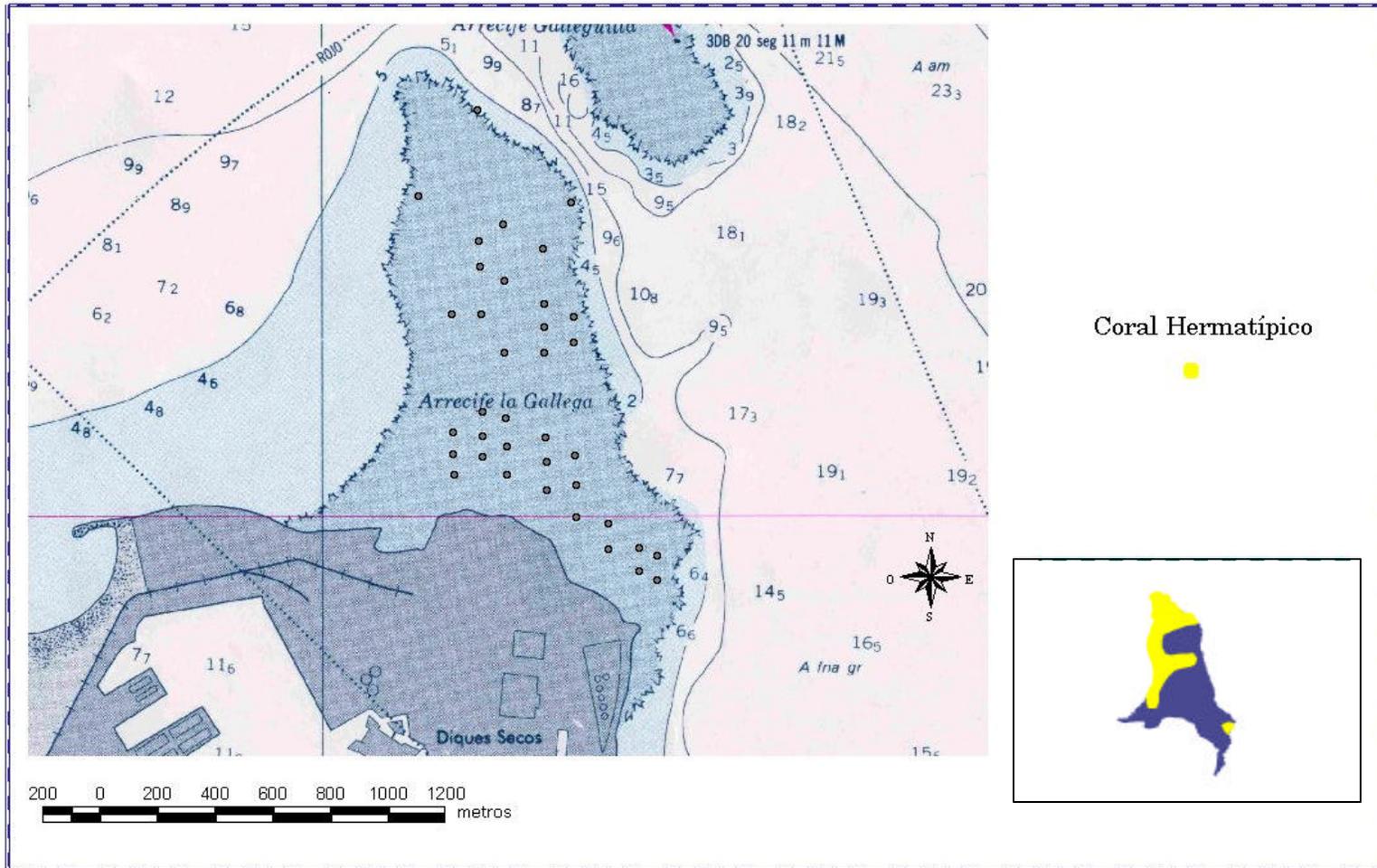
Mapa 5. Zonas donde predominaron las algas, sin embargo se encuentran frecuentemente en otros puntos.

Distribución de Zoanthideos y Anémonas Solitarias



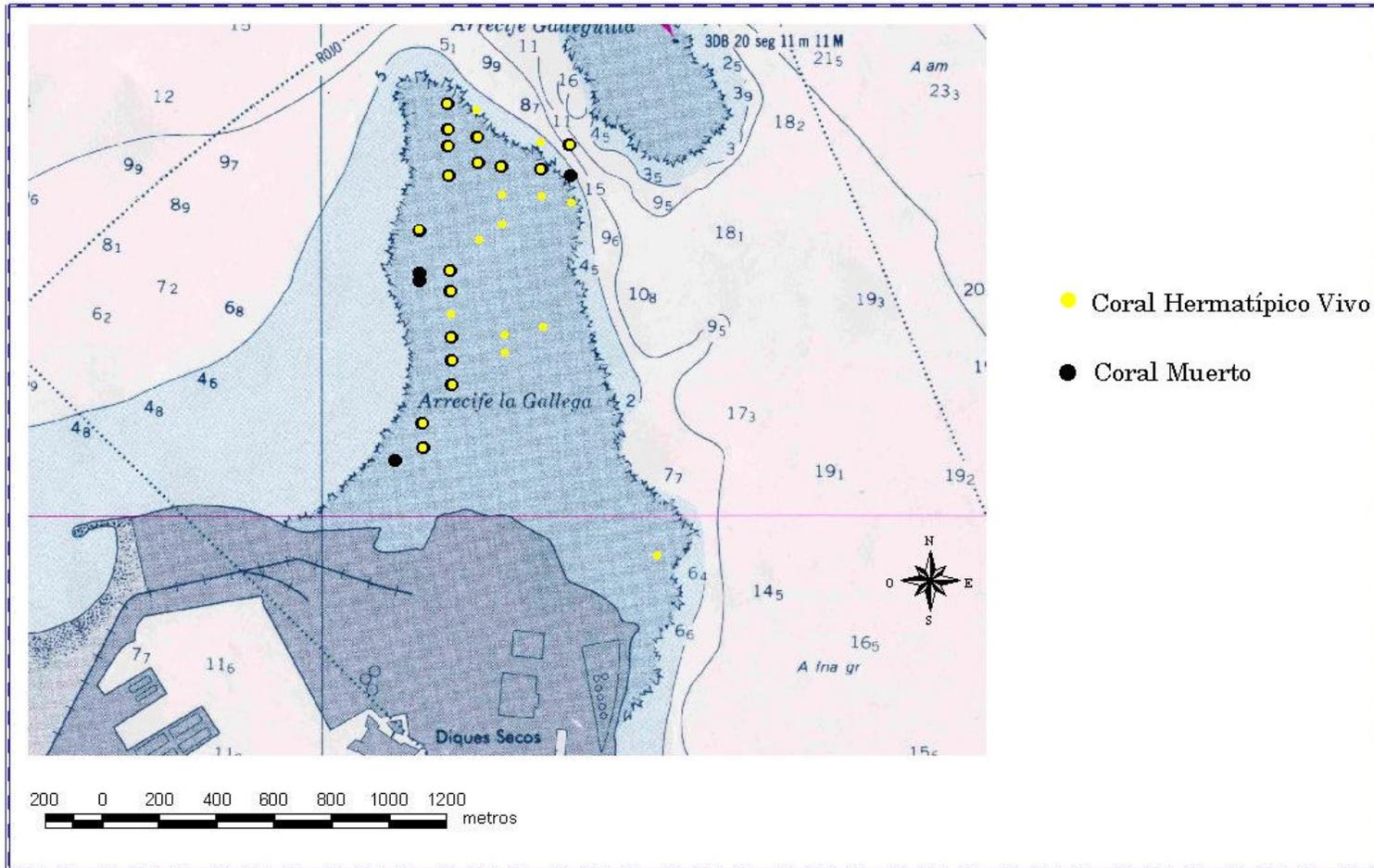
Mapa 6. Puntos donde predominaron los Zoanthideos y Anémonas solitarias, son característicos de la Cresta Arrecifal.

Distribución de Coral Hermatípico



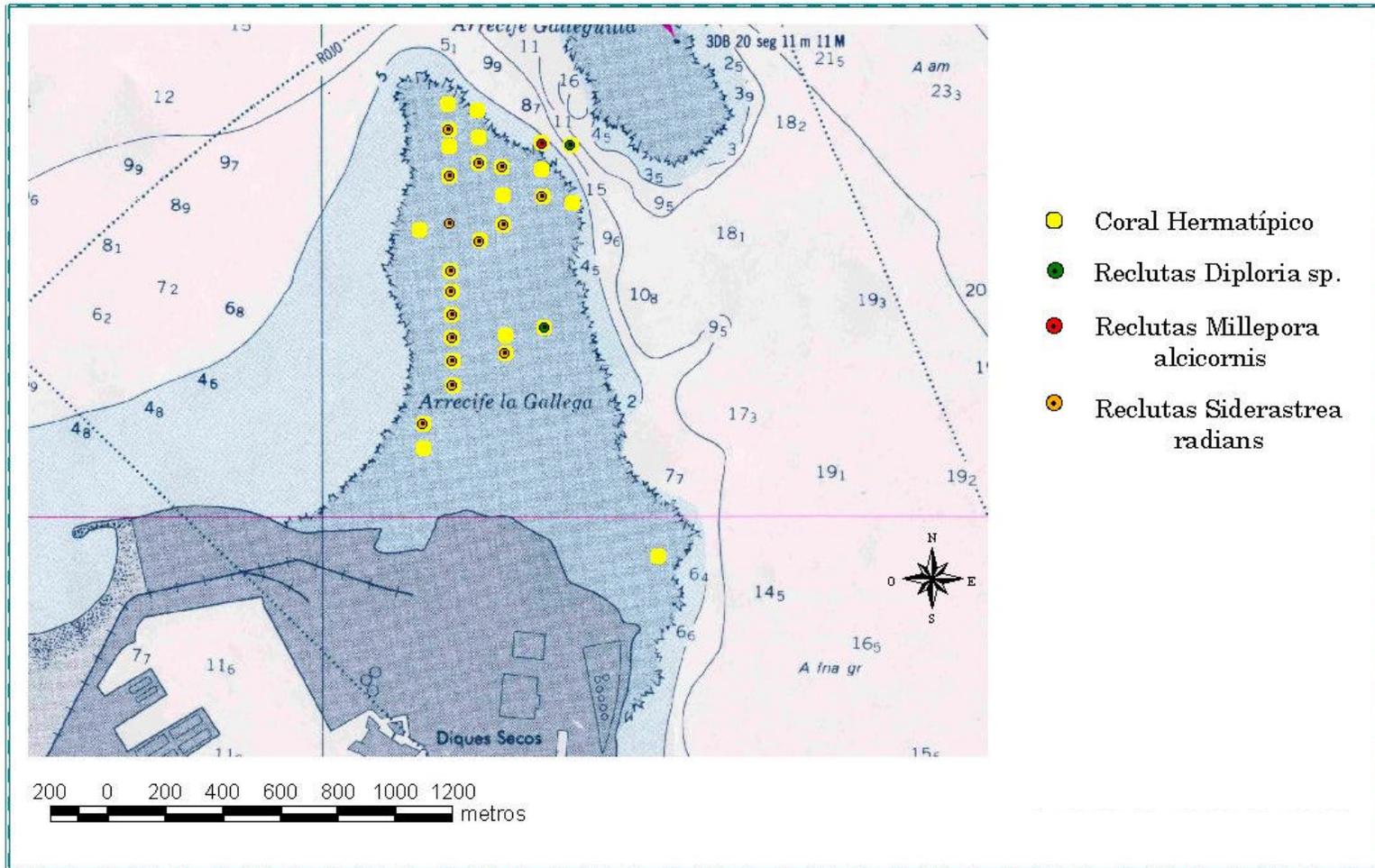
Mapa 7. Se observa que el crecimiento coralino se da hacia la parte de Sotavento de la Planicie Arrecifal.

Relación entre coral muerto y vivo



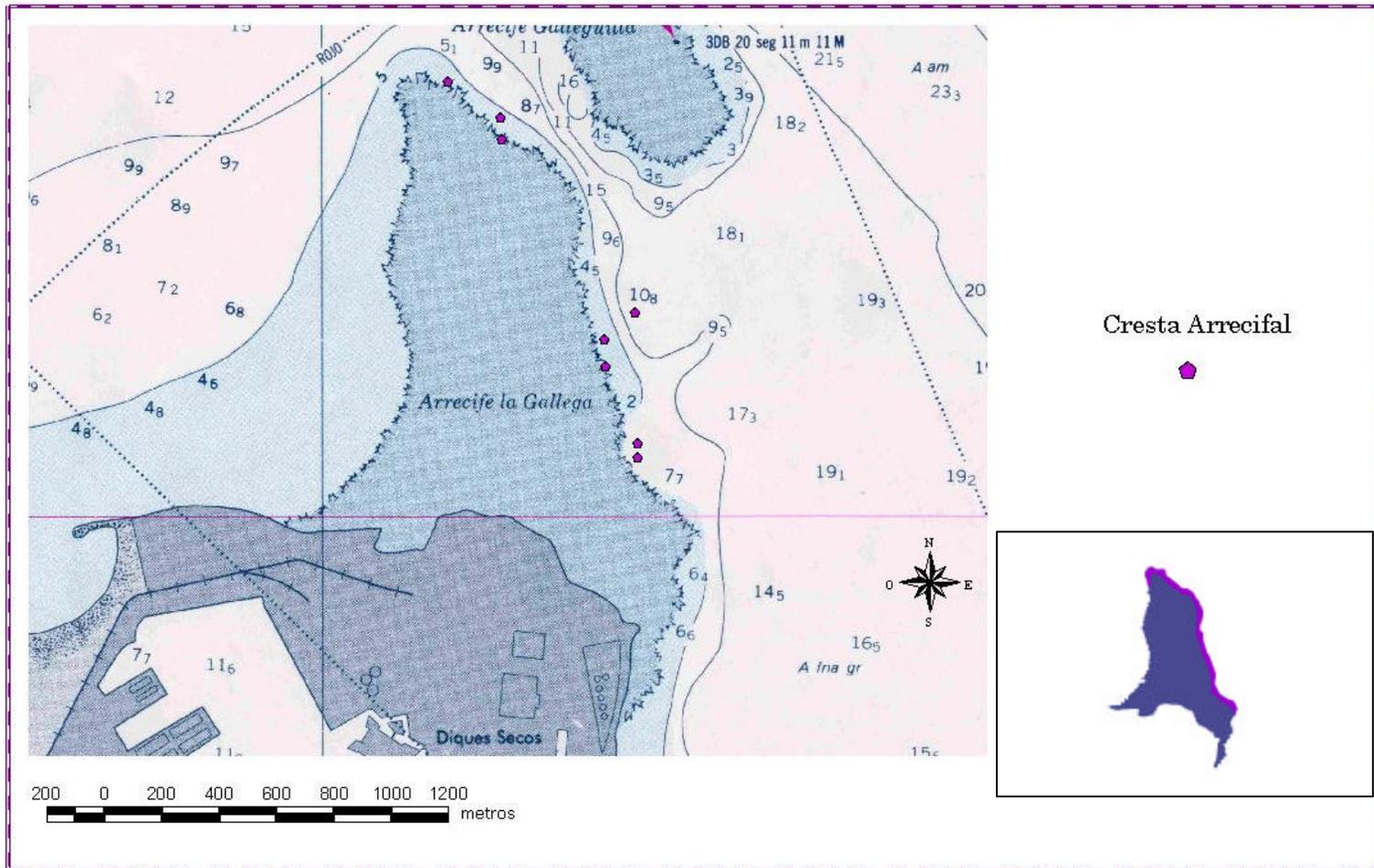
Mapa 8. Se observa que la mayor proporción de coral vivo crece sobre el sustrato duro que proporciona el coral muerto (puntos amarillos sobre los puntos negros)

Zonas de Reclutamiento de Coral Hermatípico



Mapa 9. Los reclutas de coral se encontraron generalmente en las cercanías de las colonias de corales adultos.

Cresta Arrecifal



Mapa 10 ubicación de los cuadrantes que cayeron sobre la cresta arrecifal.

DISCUSIÓN

De acuerdo a su origen, este arrecife es de tipo plataforma (Carricart-Ganivet y Horta Puga, 1993; Kühmann, 1975 en Gutiérrez, 1993); sin embargo, debido al crecimiento de la zona portuaria sobre la Planicie arrecifal, su estructura ha sido modificada y la zonación se parece a la de un arrecife costero, debido a que la arena se encuentra desde la línea de costa hacia la parte central del arrecife, por esta razón algunos autores lo han considerado de este tipo (Vargas-Hernández et al., 2002).

Actualmente se siguen construyendo rompe olas, con el pretexto de proteger las instalaciones de la aduana del puerto; sin embargo, se ha visto a través del tiempo que han servido para ir ganándole terreno al mar ya que el espacio entre este y la costa se rellena y posteriormente se pavimenta (**Fig. 10**).

En particular este arrecife ha sido perturbado desde el arribo de los españoles quienes empezaron a extraer coral en grandes cantidades para utilizarlo como material de construcción (Palacios, 2001); en la actualidad se considera que este arrecife no resulta un indicador adecuado para observar la composición de especies en las comunidades coralinas, debido a la grave perturbación ambiental de que ha sido objeto (Palacios, 2001); sin embargo, es el hábitat de muchas otras especies como zoanthideos, asteroideos, crustáceos, equinoideos, nudibranchios, holoturoideos, poliquetos, así como de muchas especies de moluscos.

Arena

El biotopo que tuvo el valor de importancia más alto, así como el mayor porcentaje de cobertura fue la arena, con 42.51% (Fig. 1), es decir, cubre 579031.9632 m² de los 1,362,000 m² que ocupa la planicie arrecifal de La Gallega; este resultado es similar al registrado por Tello-Musi (2000), en la Planicie del arrecife Isla Verde (**Tabla 6**). Es un ambiente de depósito y acarreo de sedimentos (Espejel, 1991); su distribución se da principalmente, de la línea de costa, al centro de la planicie arrecifal, debido a que los sedimentos son acarreados por las corrientes que se

forman por la entrada de agua de la zona oceánica (Vargas-Hernández, 1993), y son acumulados en camas de arena (Tello-Musi. 2000)

En la zona más cercana a la costa, la distribución de la arena se ve interrumpida por una densa pradera (o franja) de *Thalassia* y después hay zonas donde se alternan estos dos biotopos.

Coral Muerto

El coral muerto cubre el 26.28% (358020.659 m²) del área total de la planicie, este biotopo se encuentra después de la arena en cuanto al Valor de Importancia, lo que indica que existe una alta mortalidad en la zona, que puede ser consecuencia de la influencia que ejerce la cercanía a la costa, que hace que el arrecife sea más susceptible al impacto por actividades humanas; aunque también fue observada una proporción importante de fragmentos de coral desprendidos por el embate de las olas y arrastrados desde la cresta arrecifal; cabe mencionar que estos fragmentos forman sustratos inestables, a diferencia de los grandes bloques de coral muerto que sirven para la fijación de larvas de organismos entre ellas las de los corales.

La cobertura de coral muerto en la Planicie de La Gallega, es mayor que la registrada por Tello-Musi (2000) para Isla Verde, esto se debe a que el arrecife. La Gallega ha sido unido a la costa y por ello es más susceptible a las actividades humanas a diferencia del arrecife Isla Verde, que al estar alejado de la costa se encuentra, hasta cierto punto, con mayor protección.

Desde el arribo de los Españoles al puerto de Veracruz, los corales han sido utilizados como material de construcción, en especial se ha evidenciado de acuerdo con la evolución arquitectónica del Castillo de San Juan de Ulúa, que todo el material de origen coralino empleado en su construcción fue extraído de las zonas someras del arrecife "La Gallega" (Palacios, 2001), aunado a esto, la contaminación por las actividades comerciales y de tránsito que se realizan en el

Puerto de Veracruz, los desechos urbanos vertidos directamente al mar, la turbidez, producto del aporte de sedimentos de ríos cercanos, la extracción de organismos con fines comerciales como artesanías (Vargas-Hernández, 1993), daño ocasionado por el contacto a pie o con lanchas de los pescadores de la zona (obs. pers.), así como los fuertes daños provocados por los “nortes” que azotan frecuentemente al SAV son causas principales de enfermedad y muerte coralina.

Thalassia

La *Thalassia* se encuentra en tercer lugar respecto al Valor de Importancia y cobertura con 23.91 % (325654.2 m²), los “ceibadales”, comúnmente llamadas así en México a las comunidades de fanerógamas marinas (Lot-Helgueras, 1968), constituyen la etapa clímax de la sucesión sobre sustrato no consolidado (Chávez, 1973), por lo que se ha visto que esta planta crece generalmente en sustratos de naturaleza arenosa o fangosa (Margalef, 1962 en Chávez, 1973); se encuentra en las zonas de arena de la parte central de la Planicie arrecifal, debido a que no existe ninguna dificultad para que sus rizomas se extiendan en todas direcciones, además de que el mismo manchón de *Thalassia* va asentando el sedimento, aumentándolo en espesor, lo que hace posible colonizar áreas vecinas (Novelo, 1976). De acuerdo con Margalef (1962), una vez que esta planta queda establecida, el sustrato subyacente se enriquece en materia orgánica y frecuentemente se ennegrece por la presencia de sulfuro de Fe; la renovación del agua se lleva a cabo muy lentamente y aparentemente el lugar solo es habitable para los animales en la porción más superficial (Margalef, 1962 en Chávez, 1973).

Estas fanerógamas marinas son comunes en las lagunas de los arrecifes de coral y también en las aguas someras de la plataforma continental. *Thalassia testudinum* es el pasto marino más común y abundante del Caribe, encontrándose desde el norte del Golfo de México hasta la punta norte de Sudamérica (Dawes, 1991). El arrecife de Isla Verde junto con el de Sacrificios, dentro del SAV (sin tomar en cuenta a los arrecifes pegados a la costa), son los que tienen la mayor cobertura de estos pastos marinos en la Planicie, formando grandes camas

densas (PEMEX, 1987); juegan un papel muy importante en los mares costeros tropicales, ya que al estabilizar el sedimento favorecen la transparencia del agua, lo cual permite el desarrollo de los arrecifes coralinos. Su importancia radica también en otros aspectos como en la producción, tanto primaria como de detritos, aporte de substrato para organismos epifíticos, en la protección de etapas larvales y juveniles de muchas especies, etc. (Novelo, 1976).

Algas

Las algas, que se encuentran en cuarto lugar de Valor de Importancia, cubren el 3.86% (52573.2 m²) del área, se encontraron distribuidas en toda la Planicie arrecifal, pero en dos cuadrantes de la parte de barlovento predominó este biotopo; la algas calcáreas se encontraron principalmente estableciéndose principalmente sobre esqueletos de coral.

El hecho de que la cobertura algal, en la planicie, sea mayor que la de los corales hermatípicos, puede indicar que existe una gran perturbación en el arrecife ya que después de un impacto físico, las primeras colonizadoras son las algas (Humm, 1984; en Tello 2000); además de que en arrecifes donde los corales hermatípicos no son los organismos dominantes, las algas coralinas y filamentosas toman su lugar es decir compiten por el espacio (Berner, 1990).

Las algas bentónicas juegan un papel ecológico extremadamente importante, por ser la principal fuente de productividad que sirve de soporte alimenticio y oxígeno al sistema (Blanco, *et al.* 2000). Las algas calcáreas son esenciales en la formación de los arrecifes coralinos, debido a la depositación de aragonita o calcita sobre sus paredes celulares.

Coral Hermatípico

El coral hermatípico fue el biotopo que presentó la menor cobertura de la Planicie arrecifal con sólo el 0.29% (3962.22 m²), sin embargo, se encuentra en el quinto lugar de Valor de Importancia, por encima de las anémonas, esto se debe a que

los corales fueron encontrados más frecuentemente durante el muestreo, es decir, su distribución es más amplia, a diferencia de las anémonas, que se están condicionadas a zonas cercanas a la cresta arrecifal.

La baja cobertura coralina, principalmente en la zona de Planicie arrecifal, es una característica de los arrecifes Veracruzanos (Nelson, 1991), sin embargo el valor de cobertura registrado para el arrecife La Gallega, es significativamente más bajo si lo comparamos con el registrado por Tello-Musi (2000) en la planicie arrecifal de Isla Verde (**Tabla 6**) esto se debe en gran parte a que a diferencia del arrecife Isla Verde, La Gallega se encuentra en un estado de alta perturbación por los motivos mencionados anteriormente.

Los corales se distribuyeron principalmente hacia la zona de sotavento, coincidiendo casi siempre con la presencia de coral muerto, ya que el sustrato duro es el único lugar donde las larvas de estos organismos tienen posibilidad de subsistencia (Schuhmacher, 1978).

De las cuatro especies de coral identificadas, *Siderastrea radians* obtuvo por mucho, el mayor Valor de Importancia (**Tabla 5**) y representó el 77% de la cobertura total de coral hermatípico en la Planicie del arrecife (3037.990032 m²), esta especie se considera como característica de las lagunas arrecifales (Espejel, 1991). Además de que algunos organismos presentan un tipo de crecimiento llamado de “piedra rodante” que es una adaptación para poder explotar las zonas arenosas ya que no se encuentran fijos a ningún sustrato duro (Schuhmacher, 1978).

Diploria sp., se encuentra por debajo de *Siderastrea radians* en Valor de Importancia y en cobertura, con el 20%, *Porites sp.* se encuentra en tercer lugar en Valor de Importancia, pero en cuarto lugar de cobertura con sólo el 1% del total, esto se debe principalmente a que de acuerdo con su forma, esta especie aporta mayor volumen CaCO₃ al arrecife, siendo *Millepora alcicornis* la que por

esta causa presentó el menor Valor de Importancia de todas las especies pero en cobertura se encuentra por encima de la especie *Porites sp.* con el 2% del total.

Los corales presentaron, generalmente, formas esféricas como *Diploria sp.* y *Siderastrea radians* o incrustantes o casi esféricas como *Porites sp.* y *Millepora alcicornis*, lo que puede ser considerado como un indicio de recolonización, ya que las colonias de forma esférica e incrustante, conforman un primer estadio de colonización de las pendientes arrecifales, y en la medida que los sustratos calcáreos se extienden en superficie y en la profundidad, continúa el desarrollo de otras formas coloniales. Asimismo, se puede tomar como un factor importante para que se presenten corales sólo de forma esférica, la alta sedimentación que existe en este arrecife, ya que de acuerdo con Espejel (1991), las formas aproximadamente esféricas de esta región pueden ser una respuesta a la alta remoción de los sedimentos, la alta disponibilidad de luz y una fuerte competencia por el sustrato con los pastos marinos y con las algas.

En este arrecife *Siderastrea radians* ocupa el 77% de cobertura de los corales hermatípicos, es decir, una porción muy grande del sustrato rocoso. Las especies con mayores posibilidades de colonización de sustratos rocosos disponibles, ya sea por altas tasas reproductivas y de crecimiento, pólipos resistentes a los sedimentos (Porter, 1974; Knowlton, et al. 1981; en Espejel, 1991), o por mayor capacidad competitiva (Lang, 1973; en Espejel, 1991) son aquellas que presentan mayores coberturas por colonia en los sustratos de cada región arrecifal (Espejel, 1991). Además, esta especie es muy resistente al impacto (obs. pers), debido a su forma esférica y crecimiento, corre menor riesgo de ser parcialmente recubiertas por sedimento, o atacadas por animales excavadores (Chávez, 1973).

En arrecifes cercanos, la especie dominante es *Diploria sp* (Palacios, 2001), ésta alcanza grandes tamaños en las planicies arrecifales pero no es resistente a la sedimentación ni al impacto mecánico continuo, por lo que al disminuir el dominio

de esta especie, *Siderastrea radians* toma su lugar en importancia por ser más resistente, pero no alcanza grandes tamaños (Tello-Musi, com. pers.).

Las colonias más pequeñas pertenecen a las especies *Siderastrea radians*, *Porites* sp. y *Millepora alcicornis*, cuyas medidas fluctuaron entre 5 y 10 cm de diámetro y altura máxima en la mayoría; los corales de mayor tamaño pertenecen a la especie *Diploria* sp., que alcanzaron medidas de más de 15 cm de diámetro máximo y 10 a 15 cm de altura máxima; resultados similares se han presentado en arrecifes cercanos donde las colonias grandes encontradas en la Laguna arrecifal generalmente son del Género *Diploria* y las pequeñas son de los Géneros *Siderastrea* y *Porites* que aparecen como pequeños fragmentos muy esparcidos (Espejel, 1991).

Zoanthideos y Anémonas solitarias

Las anémonas cubren un área de 42,766.8 m², es decir, el 3.14% del área total del arrecife y son el último lugar en Valor de Importancia; este biotopo fue predominante sólo en dos cuadrantes del muestreo; sin embargo, se encuentran constantemente sobre el sustrato duro de la cresta arrecifal, mayormente en la parte de barlovento, en esta parte que es la que presenta menor profundidad de la cresta arrecifal, donde rompen las olas, y las fluctuaciones de marea afectan directamente; se encuentran grandes parches de zoantideos como *Palythoa* y *Zoanthus*, además una anémona solitaria *Stoichactis heliantus* (Rosado, 1990).

Se tomaron en cuenta principalmente a los organismos coloniales de los géneros *Palythoa*, *Zoanthus* además de *Stoichactis heliantus*, que aunque no forma grandes tapetes, se encontró en gran número, pero en menor proporción que las dos anteriores. *Palythoa* se encontró principalmente sobre coral muerto, cubriéndolo completamente, al igual que *Zoanthus*, que es epizoico, por lo que crece generalmente sobre otros animales como esponjas, hidrozoarios, corales, gorgonáceos, briozoarios y conchas abandonadas (Rosado, 1990). El género *Palythoa* crece sobre objetos inertes como expansiones membranosas aplanadas,

cóncavas, convexas o en forma de hongo, así siguen la forma del sustrato (Rosado, 1990). Estos organismos comparten ciertos requerimientos con los corales, con los que entran en competencia directa (Sebens, 1976; en Rosado, 1990); *Palythoa* se considera el principal competidor y agresor (Suchanek and Green, 1981; en Rosado, 1990).

Las anémonas se distribuyen en los océanos de todo el mundo, pueden estar desde zonas inframareales hasta muy profundas (107,000m.) y viven en rangos de temperatura muy amplios desde -1° a 30°C, pero en general se encuentran más especies en aguas someras de las regiones tropicales y subtropicales del mundo, asociadas a arrecifes coralinos, explotando casi cualquier hábitat bentónico (Colin, 1978; Sterrer, 1986; en Rosado, 1990)

Reclutamiento

El reclutamiento es un factor determinante para conocer el estado en el que se encuentra el arrecife, así como la recuperación de las especies (González, 2000). Los corales de menos de 2cm de diámetro, considerados como reclutas, no fueron tomados en cuenta para calcular la cobertura de coral hermatípico, ya que se considera que los individuos de esta talla han podido establecerse y permanecer en el sustrato, pero aún no son maduros sexualmente y no pueden ser considerados como adultos (Ginsburg et al. 1998 en González, 2000).

De los 147 reclutas encontrados, más del 90% pertenece a la especie *Siderastrea radians*, lo que parece ser normal, debido a que esta especie es la que se encuentra en mayor proporción en la Planicie arrecifal, se encontraron 6 reclutas de la especie *Millepora alcicornis* y 4 de *Diploria sp.* Todos estos organismos se encuentran principalmente hacia la zona de sotavento, en los cuadrantes donde el biotopo dominante es el coral muerto, que como se mencionó anteriormente es el sustrato idóneo para la subsistencia de las larvas de coral.

El índice de reclutamiento obtenido para este arrecife (0.29 ind/m^2) se considera muy bajo, en comparación con tres arrecifes cercanos, en los cuales se encuentran valores de 3.1 ind/m^2 en el arrecife Galleguilla, 0.7 ind/m^2 en Isla Sacrificios y 1.3 en Isla Verde (AGRRA, 2000); cabe mencionar que los muestreos en estos arrecifes fueron en la zona del talud arrecifal a profundidades de 3-6 y 9-12 mts. En el arrecife la Gallega sólo se trabajó sobre la Planicie arrecifal, donde la profundidad difícilmente sobrepasa 1.50 m, pero de igual manera, los resultados nos indican que en este arrecife las condiciones para el desarrollo de los corales son poco propicias, por la cercanía a la costa, la exposición directa a las actividades humanas (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993) y la alta sedimentación ya que en ocasiones los reclutas se encontraron cubiertos por arena.

CONCLUSIONES

- Se considera que la zonación de este arrecife ha sufrido cambios y ahora se parece mas a la de un arrecife costero, ya que va desde la línea de playa hacia la cresta arrecifal.
- De los biotopos caracterizados: coral hermatípico, arena, *Thalassia*, anémonas y algas, arena fue el que obtuvo el mayor porcentaje de cobertura (43%) así como el mayor Valor de Importancia, lo que indica la alta sedimentación que existe.
- El coral muerto hermatípico fue el biotopo que obtuvo el menor Valor de Importancia.
- Los biotopos arena y *Thalassia* dominan la parte central de la Planicie, limitando la distribución de los otros biotopos a la periferia de la misma.
- Se encontró una mayor cobertura de coral muerto que vivo, su distribución se da principalmente hacia la parte de sotavento.
- *Siderastrea radians* es la especie de coral hermatípico dominante en la Planicie Arrecifal de La Gallega.
- La especie *Siderastrea radians* presentó el mayor índice de reclutamiento.
- Se considera que la especie *Siderastrea radians* es muy resistente y adaptable a las condiciones de impacto y sedimentación que existen en este arrecife.
- Aunque sigue habiendo reclutamiento en la planicie arrecifal, los corales no alcanzan su máximo desarrollo ya que en general los corales presentaron tallas muy pequeñas.
- Los reclutas coralinos se encuentran en la zona de sotavento asociados al coral muerto.
- Existe un bajo índice de reclutamiento.
- Se propone un monitoreo para ver los cambios con respecto al tiempo, principalmente en los corales hermatípicos, que en este arrecife son muy escasos.

LITERATURA CITADA

- Acot, P., 1987.** Introducción a la Ecología. 4ª ed. Nueva Imagen. México. 26-27 p.
- Achituv Y. y Z. Dubinsky, 1990.** Evolution and Zoogeography of Coral Reefs pp 1-9. En Ecosystems of the world 25, Coral Reefs. Z. Dubinsky (ed.). Elsevier. 550 pp.
- Aguilar-Perera, A. y W. Aguilar-Dávila., 1993.** Banco Chinchorro: Arrecife Coralino en el Caribe. Pp 807-816. In Biodiversidad Marina y Costera de México. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González, (eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
- Arriaga, L. et al., 1998.** Regiones Prioritarias Marinas de México. CONABIO., México. 198 pp.
- Barba-Santos, M. G., 1998.** Estructura Poblacional de Diploria spp. (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia) en la planicie del Arrecife Isla Verde, Veracruz. Méx. Tesis. Licenciatura. UNAM ENEP. Iztacala 88 pp
- Beltrán-Torres, A. U., 1991.** Distribución de zooxantelas y pigmentos fotosintéticos en el coral hermatípico *Montastrea cavernosa* (Linneo, 1767) en relación con la profundidad y zona de colecta en el arrecife La Blanquilla, Ver. Tesis Licenciatura. UNAM ENEP Iztacala 85 pp.
- Berner, T. 1990.** Coral Reef Algae. Pp. 253-261. In Ecosystems of the world 25, Coral Reefs, Z. Dubinsky (ed.). Elsevier. 550 pp.
- Bonilla-Cepeda, L. G., 2000.** Geomorfología del Arrecife de Isla Verde, Ver. México y Descripción de los escenarios bióticos. Tesis. Licenciatura Universidad Veracruzana, Facultad de Biología. Xalapa, Ver. 49 pp.
- Bravo, R. J. y R. J. Camacho, 1989.** Contribución sobre la estructura de la Comunidad de Corales Escleractínios en el Arrecife de la Blanquilla, Veracruz, México. Tesis Licenciatura. UNAM ENEP Iztacala, 122 pp.
- Carricart-Ganivet, J.P., 1985.** Descripción de la especies de Corales Escleractínios de Isla de Enmedio, Ver. Tesis. Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. México. 116 pp.
- Carricart-Ganivet, J.P. y G. Horta-Puga, 1993.** Arrecifes de Coral en México. Pp 81-92 In Biodiversidad Marina y Costera de México. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Chávez, A. E., 1973. Observaciones generales sobre las comunidades del arrecife de Lobos, Veracruz. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*, Méx., 20: 13-21.

Chávez, A.E., y E. Hidalgo, 1988. Los arrecifes coralinos del Caribe Noroccidental y Golfo de México en el Contexto Socioeconómico. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM, México*, 15 (1): 167 – 176 p.

Connell, J.H., 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199:1302-1310.

Dajoz, R., 1976. Introduction to Ecology. 2ª ed. Crane, Russak and Company, Inc. Gran Bretaña. 233 pp.

Dawes, C.J. 1991. Botánica marina. Limusa. México 673 pp.

Emery, K. O, 1963. Estudios regionales. Arrecifes coralinos en Veracruz, México. *Geofís. Int.* 3 (1):11-17 p.

Espejel, M. J. J., 1991. Aspectos Geológicos y Ecológicos de la Distribución de los escleractínios en los Arrecifes Coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz, Golfo de México. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 100 pp.

Gob. Fed. 1992. Diario Oficial de la Federación. 457 17: 4-3 p.

González, A. X. C., 2000. Reclutamiento y mortalidad parcial de *Acropora palmata* (Cnidaria, Scleractinia) del Arrecife Isla Verde, Veracruz, México. 62 pp.

Goreau, T. F. y N. Goreau, 1973 Ecología de los Arrecifes Coralinos de Jamaica. II Geomorfología, Zonación y Fases Sedimentarias. *Bulletin of Marine Science* 23 (2):458-464.

Guilcher, A., 1988. Coral Reef Geomorphology, John Wiley and sons. Inglaterra. 100 pp.

Gutierrez, D.,C. García-Sáenz, M. Lara y C. Padilla, 1993. Comparación de Arrecifes Coralinos: Veracruz y Quintana Roo. Pp 787-806 In Biodiversidad Marina y Costera de México. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González, (eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Harriott, V.J., 1992. Recruitment patterns of Scleractinian corals in an isolated sub-tropical reef system. *Coral Reefs*. 11:215-219.

Heilprin, A., 1890. The Corals and the Coral Reefs of the Western Waters of the Gulf of Mexico. *Proc. Of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 42:303-316.

Hyman, L. H., 1940. The invertebrates: Protozoa through Ctenofora. Mc Graw Hill Co., N.Y. 365-641 pp.

Instituto Nacional de Ecología, 1998. <http://www.ine.gob.mx>

Jácome, P. L. 1992. Análisis de las comunidades malacológicas asociadas al arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis Licenciatura UNAM. Facultad de Ciencias. México. 62 pp.

Jordan, E., 1993. El Ecosistema Arrecifal Coralino del Atlántico Mexicano. Vol. Esp. (XLIV) Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. México .157-175 pp

Jordan, E., 1992. Recolonization Patterns of *Acropora Palmata* in a Marginal Environment. Bulletin of Marine Science. 51(1): 104-117.

Krebs, C. J., 1985. Ecología: Estudio de la Distribución y la Abundancia. 2ª ed. Harla. México. 753 pp.

Lot-Helgueras, A., 1968. Estudio sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 66 pp.

Loya, Y., 1972. Community Structure and Species Diversity of Hermatypic Corals at Eilat, Red Sea; Marine Biology. 13: 100-123.

Montoya, A. R., 2003, Los Sistemas de Información Geográfica en la Planificación Física y Ecológica. FES Iztacala (UNAM). 1-6 p.

Nelson, T. J., 1991. A Quantitative Comparison of the Community Structure of Two Forereefs in the Southwestern Gulf of México. Tesis de Maestría. Corpus Christi State University, Texas. 55 pp.

Novelo, R. L. A., 1976. Observaciones Ecológicas de las Poblaciones de *Thalassia Testudinum* König, (Hydrocharitaceae marina) en una zona arrecifal de Veracruz. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 37 pp.

Palacios, E., 2001. Composición de especies de Macrocorales Hermatípicos de zonas arrecifales someras de Veracruz, Ver: su uso como material de construcción en el Castillo de San Juan de Ulúa. Tesis Licenciatura UNAM, ENEP Iztacala., México. 52 pp.

PEMEX, 1987. Evaluación de los Corales Escleractínios del Sistema Arrecifal del Puerto de Veracruz. PEMEX-Secretaría de Marina. 119 pp.

Reyes, C.J., y J. R. Sáenz, 1989. Sistemática y algunos aspectos ecológicos de los corales escleractínios de Isla Contoy, Q. Roo, Tesis de licenciatura UNAM, ENEP Iztacala, México. 183 pp.

Rosado, M. J., 1990. Patrones de diversidad, Distribución y Utilización del Espacio de las Anémonas y Zoanthidos (Coelenterata: Anthozozoa) de Veracruz. Tesis de licenciatura UNAM. México. 56 pp.

Salem, B. B., 2003 Application of GIS to biodiversity monitoring. *Journal of Arid Environments*. 54: 91-114.

Solís, W., P. Hernández, A., F.A., Solís, M. 2000. Muestreo del Bentos. *In* Granados Barba, A., V. Solís Weiss y R.G. Bernal Ramírez (eds.). *Métodos de Muestreo en la Investigación Oceanográfica*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 448 p.

Schuhmacher, H., 1978. Arrecifes coralinos. Omega. Barcelona, España. 288 pp.

Komatsu Teruhisa, Nakaoka Masahiro, Kawai Hiroshi, Yamamoto Tomoko, Marine Life Research Group of Takeno, Ohwada Kouichi, 2003 Impacts of the Nakhodka heavy-oil spill on an intertidal ecosystem: an approach to impact evaluation using Geographical Information System. *Marine Pollution Bulletin* 47 (2003) 99–104

Tello-Musi, J.L., 2000. Distribución de biotopos en la zona de la planicie arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. México. 61 pp.

Vargas-Hernández, J. M., A., Hernandez-Gutierrez y L. F. Carrera-Parra, 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. P.p. 559-575. *In* Biodiversidad marina y costera de México. S.I. Salazar-Vallejo y González, N.E. (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Vargas-Hernandez, J. M., M. de L., Jiménez-Badillo y V., Arenas-Fuentes, 2002. El Sistema Arrecifal Veracruzano y las pesquerías asociadas P.p. 13-16 *In* La Pesca en Veracruz y sus Perspectivas de Desarrollo. Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana (eds).

Veron, J. E. N., 1986. Corals of Australia and the Indopacific. Australian Institute of Marine Science. Singapore. 644pp.

Yedid H., A. 1982. Algunos aspectos ecológicos sobre la abundancia y distribución de los corales en Isla Verde, Ver. Tesis Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. México. 42 pp.

ANEXO 1

BIOTOPOS

Corales hermatípicos: Organismos pertenecientes al filo Cnidaria, se caracterizan por presentar zooxantelas simbiotes en las células gastrodémicas, así como un exoesqueleto calcáreo. Son organismos formadores de arrecifes (Tello-Musi, 2000).

Coral muerto: Vestigios del esqueleto de corales hermatípicos muertos que pueden encontrarse en forma fragmentada o cubriendo áreas importantes del arrecife y que sirven como sustrato para la fijación de especies (Tello-Musi, 2000). Se consideró como parte de este biotopo al pavimento que es la porción de coral con muerte añeja que presenta erosión muy avanzada y que forma una superficie plana en el fondo.

Arena: Partículas muy pequeñas que resultan de la erosión química, física y biológica de rocas de origen coralino, esqueletos de CaCO_3 y algas calcáreas, son áreas desnudas, de alta sedimentación.

Thalassia: Pasto marino (monocotiledónea) que se encuentra comúnmente formando praderas en sustratos arenosos de las lagunas arrecifales así como en aguas someras de la plataforma continental (Dawes, C.J. 1991).

COMUNIDADES BIÓTICAS TRABAJADAS

Algas: Plantas fotosintéticas no vasculares, que pueden ser filamentosas, calcáreas o carnosas y es vegetación característica de los sistemas marinos (Dawes, C.J. 1991). Contribuyen a la formación del arrecife y en la distribución y abundancia de los biotopos antes mencionados (Tello-Musi, 2000).

Zoanthidos y Anémonas solitarias: Cnidarios pertenecientes a la clase Anthozoa, se caracterizan por poseer exclusivamente la fase polipoide en su ciclo, el pólipo tiene forma cilíndrica y son radialmente simétricos (Hymann, 1940)

Reclutas: Los reclutas coralinos fueron definidos por Connell (1985) como “los juveniles recientemente establecidos que han sobrevivido un periodo después de su establecimiento” (González, 2000). Se considera como reclutas “visibles” a los organismos mayores de 2 cm de diámetro y reclutas “invisibles” a aquellos más jóvenes y pequeños que no pueden ser examinados a simple vista (Wallace, 1983 en Harriott, 1992).

ANEXO 2

Coordenadas en UTM de los Puntos de Muestreo.

Cuadrante	Este (metros)	Norte (metros)
1	801632	2127435
2	801731	2127482
3	801729	2127565
4	801721	2128061
5	801721	2128087
6	801718	2128236
7	801716	2128353
8	801837	2127389
9	801836	2127459
10	801835	2127536
11	801834	2127623
12	801832	2127699
13	801831	2127783
14	801830	2127863
15	801828	2127944
16	801827	2128026
17	801826	2128096
18	801824	2128179
19	801823	2128262
20	801822	2128339
21	801820	2128426
22	801819	2128527
23	801818	2128586
24	801816	2128675
25	801815	2128755
26	801939	2127449
27	801938	2127520
28	801936	2127606
29	801935	2127692
30	801933	2127775
31	801932	2127858
32	801931	2127946
33	801929	2128027
34	801928	2128110
35	801926	2128200
36	801925	2128283
37	801923	2128378
38	801922	2128470
39	801920	2128560
40	801919	2128652
41	802022	2127389
42	802020	2127484

43	802018	2127582
44	802016	2127712
45	802015	2127810
46	802014	2127872
47	802012	2127967
48	802011	2128059
49	802009	2128161
50	802007	2128256
51	802008	2128360
52	802004	2128456
53	802002	2128555
54	802001	2128629
55	802160	2127332
56	802158	2127431
57	802157	2127517
58	802155	2127619
59	802154	2127714
60	802152	2127812
61	802151	2127899
62	802149	2127979
63	802148	2128074
64	802146	2128172
65	802145	2128262
66	802143	2128354
67	802141	2128449
68	802140	2128539
69	802264	2127242
70	802262	2127353
71	802260	2127454
72	802259	2127543
73	802257	2127645
74	802255	2127743
75	802254	2127845
76	802252	2127937
77	802251	2128039
78	802249	2128131
79	802247	2128233
80	802246	2128331
81	802244	2128426
82	802242	2128534
83	802374	2127130
84	802372	2127216
85	802371	2127314
86	802369	2127407
87	802368	2127502
88	802366	2127585
89	802365	2127668

90	802363	2127767
91	802362	2127859
92	802362	2127961
93	802483	2127052
94	802482	2127135
95	802480	2127227
96	802479	2127325
97	802477	2127449
98	802476	2127498
99	802544	2127021
100	802545	2127107

ANEXO 3

Ubicación de los cuadrantes en las estaciones de muestreo.

# Transecto	Long. Total (m)	# Cuadrantes	Distancia entre cuadrantes.
Total	9117.5	100	
T.1	97.5	1	97.5m
T.2	717.5	8	89.60m
T.3	1357.5	15	90.5m
T.4	1290	14	92.14m
T.5	1270	14	90.71m
T.6	1240	14	88.57m
T.7	1307.5	14	93.39m
T.8	887	10	88.7m
T.9	520	6	86.66m
T.10	430	5	86m

ANEXO 4

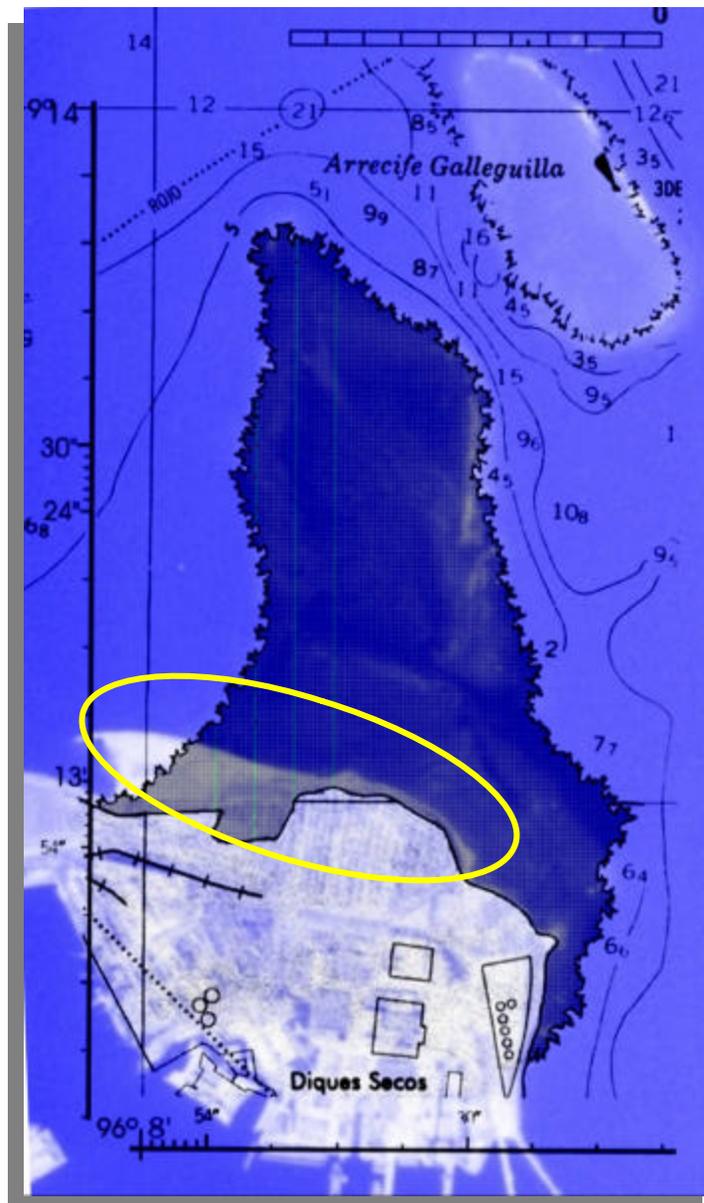


Fig. 10 En el área señalada, se nota la parte de la Planicie arrecifal que se ha perdido, y en su lugar, se ha construido parte de las instalaciones de la aduana del Puerto de Veracruz.
(Elaborado por: Biol. Felipe Cruz López)