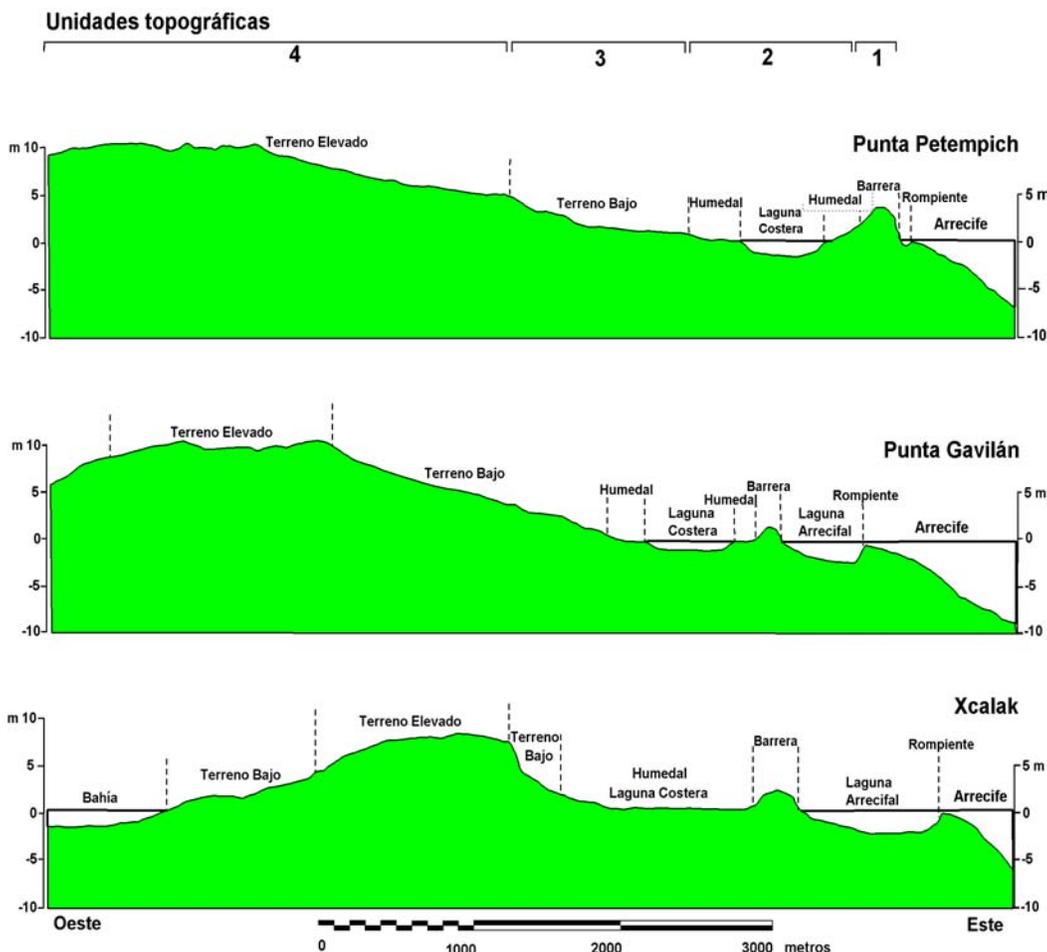


## ANEXO 1 – Unidades Topográficas en la Zona de Estudio

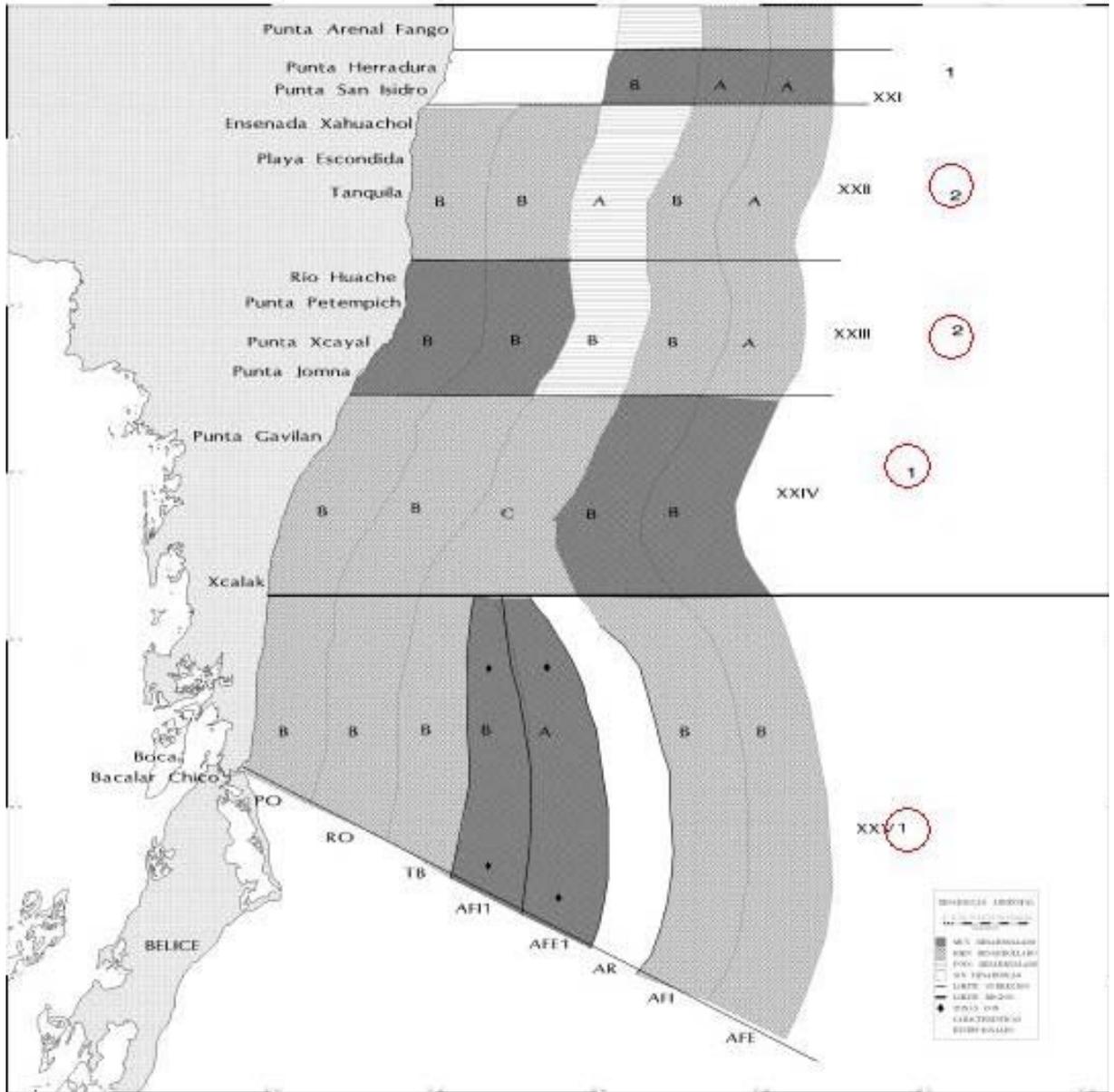


## ANEXO 2

**ZONACIÓN DE LAS REGIONES ARRECIFALES Xahuachol-Río Huach; Río Huach-Punta Gavilán; Punta Gavilán-Xcalak y Xcalak-Belice (La Poza):** La playa es arenosa en su mayoría, aunque en las numerosas puntas de la región se presentan pequeñas playas rocosas. La Laguna Arrecifal se encuentra adyacente a la siguiente zona, llamada Cresta Arrecifal, compuesta de tres subzonas: Arrecife Posterior (Po), Rompiente (Ro) y Transición hacia el Barlovento (según los vientos dominantes) (TB). La Cresta Arrecifal se encuentra separada de la siguiente zona por un canal de arena paralelo a la costa. Hacia el Este, sigue el Arrecife Frontal, subdividido a su vez en Frontal Interior (FI) y Frontal Exterior (FE), entre ambas subzonas se encuentra un segundo canal de arena que al igual que el anterior, corre paralelo a la costa.

En las regiones Xahuachol-Río Huach y Río Huach-Punta Gavilán la laguna está limitada por la distancia a la playa, ampliándose en algunos lugares, como sucede desde Santa Rosa hasta Punta Gavilán, en donde se duplica la distancia promedio y el fondo de la laguna se cubre con camas de *Thalassia testudinum* y *Siringodium filiforme* que quedan expuestas durante la bajamar. En la región Punta Gavilán-Xcalak la laguna arrecifal es amplia y somera, con abundancia de *Thalassia testudinum* y *Halodule* sp en forma de parches que afloran a la superficie durante la bajamar.

Caracterización del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak



**SUBZONAS ARRECIFALES:**

- PO Arrecife Posterior
- RO Rompiente Arrecifal
- TB Transición Barlovento
- AFI Arrecife Frontal Interior
- AFE Arrecife Frontal Exterior
- AR Arenal

*Desarrollo arrecifal*

	Bien desarrollado	3-7 m	1-3 m	0.5-1.5 m
	Poco desarrollado	<3 m	<1m	pseudo
	Sin desarrollo			

**COBERTURA CORALINA**

- A- Alta mas de 35%
- B- Media de 15 a 35%
- C- Baja menos de 15%

*Prioridad de conservación*

- 1- Alta
- 2- Media
- 3- Baja**

**Tabla 1. Descripción del Modelo General de Zonación para los Arrecifes Coralinos del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.**

Se presenta una descripción breve de las características generales por subzona arrecifal.

ZONA	SUBZONA	CARACTERÍSTICAS
<b>Laguna Arrecifal</b>	Bancos (BAN)	- Arena fina, algas y pastos marinos, o cantil rocoso, playa rocosa. Profundidad de 0 a 2 metros.
	Parches (PA)	- Pastos marinos, “cabezos” de coral duro y corales blandos, o subzona no presente, laja expuesta y porosa, poco sedimento. Profundidad de 2 a 5 metros.
	Bajos (BA)	- Agregaciones de crecimientos masivos de corales escleractinios, gorgonáceos y algas, o subzona no presente, laja expuesta y porosa. Profundidad de 2 a 3 metros.
<b>Cresta Arrecifal</b>	Arrecife Posterior (PO)	- Numerosos crecimientos masivos de corales duros y corales blandos aislados, algas, pedacería y arena media, o laja litificada y porosa. Profundidad de 2 metros.
	Rompiente Arrecifal (RO)	- Agregados grandes del coral “cuerno de alce” ( <i>Acropora palmata</i> ), hidrocorales pétreos, algas, “cabezos” de coral duro y pedacería gruesa, numerosas cuevas y resquicios, o laja rellena y litificada. Pequeños “quebrados” dispersos. Profundidad de 0 a 2 metros, o hasta 5 metros frente a Playa Escondida.
	Transición Barlovento (TB)	- Macizos y canales incipientes o laja calcárea. Con algunas fracturas que forman grietas y cuevas pequeñas. Abundancia de corales blandos. Profundidad de 9 a 12 metros.
	(*) Surco Submarino Poza de Xcalak	- Sólo al Sur de Xcalak, entre la rompiente arrecifal y la transición al barlovento. Con crecimiento coralino en la pared occidental. Profundidad de 8 a 27 metros. Surco submarino que se extiende 13 kilómetros paralelo al litoral. Sólo se encuentra al Sur de Xcalak, entre la rompiente arrecifal y la transición al barlovento. Con crecimiento coralino en la pared occidental. Profundidad de 8 a 27 metros.
<b>Arrecife Frontal</b>	Frontal Interior (FI)	- Macizos de mediana altura (2 metros), largos y delgados, formados por gorgonáceos y algas; corales ramificados en la cima o ausentes, arena fina. Entre 15 y 25 metros de profundidad.
	Frontal Exterior (FE)	- Macizos de gran altura (10 metros). Canales de arena con gorgonáceos o macizos en parche. Entre 24 y 36 metros de profundidad.
	Frontal Profundo (FP)	- Algas, colonias aisladas de corales planos e incrustantes, gorgonáceos de profundidad, antipatarios y esponjas masivas. Entre 36 y 60 metros de profundidad.
	Cantil (C)	- Corales como discos, antipatarios y esponjas masivas. Inicia a los 60 ó 70 metros de profundidad.

En las tres regiones la Cresta Arrecifal se define claramente. La rompiente se encuentra a distancias variables de la costa; en la región Xahuachol-Río Huach la rompiente se ubica entre 150 y 200 m de la costa, acercándose paulatinamente a ésta, en la Ensenada Xahuachol prácticamente se une a la costa a manera de una playa rocosa somera (Fig. 6); en la región Río Huach-Punta Gavilán no está más allá de los 400 m de la costa, llegando a acercarse hasta 200 m en algunos lugares, como entre Punta Petempich y Punta Xcayal; finalmente, en la región Punta Gavilán-Xcalak, se sitúa aproximadamente entre 500 y 700 m de la playa. En las cercanías de la rompiente se observan grandes agregados de *Acropora palmata*.

La línea de rompiente se extiende por toda la zona con eventuales "quebrados" o canales naturales de pequeño y mediano tamaño, estos últimos son importantes para la navegación, pero es necesario un trabajo fino de cartografía para que sean de utilidad al ser reportados en las Cartas Náuticas correspondientes. En la región Río Huach-Punta Gavilán la cobertura de tejido coralino vivo es alta, se presentan numerosas colonias de la especie *Dichocoenia stokesii*, particularmente frente al faro de Santa Rosa y grandes colonias de *Acropora palmata*. Esta rompiente puede ser muy antigua, pues presenta multitud de cuevas y canales coralinos en los cuales la densidad

de peces es significativa, pudiendo encontrarse incluso tiburones que acuden a la zona en busca de alimento. En la región Punta Gavilán-Xcalak dominan los géneros *Porites* y *Agaricia* y la especie *Millepora complanata*. Tanto la Rompiente Arrecifal como el Arrecife Posterior de Punta Petempich son zonas particularmente bien conservadas, la claridad del agua es notable debido a que la playa es rocosa y no existe resuspensión importante de sedimento.

En la región Xahuachol-Río Huach el Arrecife Posterior es muy amplio, con una profundidad de 1.5 a 2 m, con abundancia de bajos y cabezos de escleractinios y algunos gorgonáceos aislados, principalmente *Briareum asbestinum*. Frente a Playa Escondida, el Arrecife Posterior alcanza una profundidad de hasta 5 m, los cabezos forman gran cantidad de cuevas y hendiduras, con dominancia de *Agaricia tenuifolia* y *Montastrea annularis*. En la región Río Huach-Punta Gavilán el Arrecife Posterior tiene una profundidad media de 3 m, con abundantes bajos conformados principalmente por *Agaricia tenuifolia* y *Montastrea annularis* que llegan casi al nivel de la superficie del agua.

El Arrecife Posterior de la región Punta Gavilán-Xcalak presenta abundantes bajos y cabezos de *Acropora palmata* y *Agaricia tenuifolia* que hacen muy difícil la navegación, algunos de ellos alcanzan dimensiones de aproximadamente 100 m de largo por 50 m de ancho. La característica de una gran cobertura coralina hace que exista una enorme riqueza faunística en esta zona. Esto ha provocado que, al añadirse una amplia y somera laguna arrecifal, las condiciones fisiográficas hayan favorecido la instalación, en las tres regiones, de numerosas trampas de "corazón y cola" para la captura de diversas especies de escama. Con estas trampas, es común que se capturen otras especies.

La Transición Barlovento presenta en las tres regiones el mismo patrón estructural, una laja calcárea que forma macizos y canales apenas esbozados, pero donde dominan los gorgonáceos, aunque se encuentran pequeños cabezos de escleractinios. Los macizos del Frontal Interior y Exterior pueden estar compartidos en ambas subzonas, por lo que en ocasiones resulta difícil encontrar una separación entre ambas. Sin embargo, las fotografías aéreas dejan claro que se presenta un canal de arena paralelo.

### ZONACION Xcalak-Belice "La Poza" (REGION XXV)

Se realizaron algunas modificaciones al modelo de zonación propuesto por Burke (1982) y se definieron las siguientes zonas: laguna arrecifal, arrecife posterior, rompiente arrecifal, transición hacia La Poza, zona de macizos y canales de bajo relieve y de alto relieve, arenal, cordillera que se subdivide en: transición barlovento, arrecife frontal interior y arrecife frontal exterior.

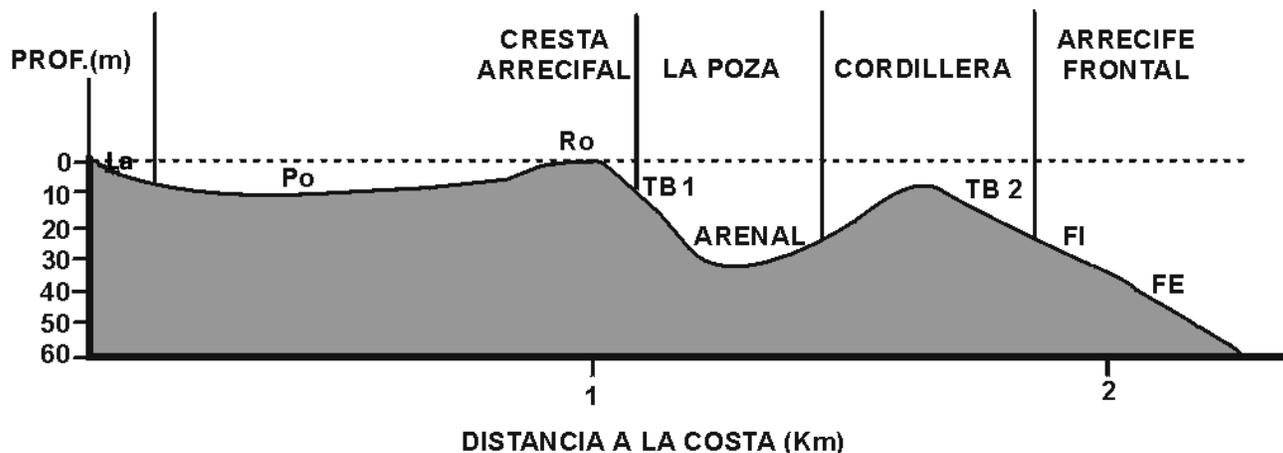


Fig. 3 Perfil arrecifal y zonación propuesta para la "Poza" de Xcalak, Quintana Roo.

La=laguna arrecifal, Po=arrecife posterior, Ro=rompiente arr

En la región Xahuachol-Río Huach, el sistema de macizos y canales se inicia al sur de Punta Xahuachol. Los primeros macizos son de pequeñas dimensiones, aumentando paulatinamente de tamaño conforme se avanza hacia el sur de la región. Con mayor cobertura en el Frontal Exterior, aunque con baja diversidad debido a la dominancia de *Montastrea annularis*. En el Frontal Interior la diversidad, al igual que la cobertura, aumentan pero empiezan a decrecer conforme se aproxima a las zonas someras.

En la región Río Huach-Punta Gavilán el Frontal Interior inicia a los 18 m de profundidad promedio, sin existir una separación física evidente hacia el Frontal Exterior, en esta última subzona los cabezos coralinos

principalmente de *Montastrea annularis* se presentan en grupos, que están separados uno de otro por un canal de arena muy amplio.

En la región Punta Gavilán-Xcalak el Frontal Interior inicia a 12 m de profundidad promedio, con macizos no muy elevados, de aproximadamente 2 a 3 m de altura y una cobertura de escleractinios menor a lo observado en otras regiones, dominando *Montastrea annularis*, sin embargo los gorgonáceos presentaron en esta zona la mayor diversidad y densidad de la región. El Arrecife Frontal Exterior inicia a los 20 m con un sistema de largos macizos y canales que termina a los 40 m de profundidad después de una pendiente que se inicia a los 33 m, con dominancia de escleractinios. Al norte de Dos Cocos no se encontró desarrollo arrecifal en la parte profunda, los macizos y canales terminan a los 18 m después de lo cual sigue un largo arenal sin cobertura biológica.

**Tabla 2. Número de especies, cobertura relativa y diversidad para macroalgas por medio del análisis de Jack-Knife.**

Región	Zona arrecifal	No. sp	Cobertura (%)	Diversidad
Xahuachol-Río Huach	Posterior	22	28.190	2.665
	Rompierte	22	36.900	2.889
	Trans. Barlovento	21	33.000	2.774
	Frontal Interior	20	39.187	2.492
	Frontal Exterior	11	33.976	2.076
Río Huach-Punta Gavilán	Posterior	36	41.166	3.269
	Rompierte	23	31.470	2.916
	Trans. Barlovento	29	25.540	3.002
	Frontal Interior	23	34.830	2.682
	Frontal Exterior	22	32.190	2.178
Punta Gavilán-Xcalak	Posterior	43	35.129	3.556
	Rompierte	33	52.750	3.016
	Trans. Barlovento	36	44.116	3.261
	Frontal Interior	22	46.462	2.443
	Frontal Exterior	16	39.604	1.858

**Tabla 3. Número de especies, cobertura relativa y diversidad de macroalgas por medio del análisis de Jack – Knife.**

Zona Arrecifal	No. Sp	Cobertura (%)	Diversidad
Posterior	15	8.64	2.433
Rompierte	22	23.81	2.461
Transición a La	25	34.43	2.725
Macizos debajo rel.	35	34.8	2.914
Macizos de alto rel.	25	40.27	2.376
Arrecife Frontal	21	48.57	2.172

**Corales escleractinios:**

La cobertura de tejido vivo varió entre 12.76% y 35.77% (Tabla 4). En términos generales la cobertura fue mayor en el Arrecife Frontal de todas las regiones y en la Transición Barlovento de las regiones Xahuachol-Río Huach y Río Huach-Punta Gavilán, en tanto que los valores mínimos se registraron en la Rompierte Arrecifal y el Arrecife Posterior, sin embargo, la región Río Huach-Punta Gavilán registró altos valores en ambas zonas, debido a la presencia de grandes agregados de colonias de *Acropora palmata*, especie dominante para la zona en esta región.

Por regiones la cobertura total promedio estuvo entre 20.16% y 28.79%, mientras que por zonas varió de 19.53% en el Arrecife Posterior a 32.14% en el Arrecife Frontal Exterior. La diversidad registró los valores más altos en el Arrecife Frontal y los más bajos en la Rompierte Arrecifal de las regiones Punta Gavilán-Xcalak y Xahuachol-Río Huach (Tabla 5), y en el Arrecife Posterior de la región Río Huach-Punta Gavilán debido a la dominancia de *A. palmata*.

**Tabla 4. Número de especies, cobertura relativa y diversidad para corales escleractinios por medio del análisis de Jack-Knife.**

Región	Zona arrecifal	No. sp	Cobertura(%)	Diversidad
Xahuachol-Río Huach	Posterior	15	19.61	1.387
	Rompiente	12	29.30	2.305
	Trans. Barlovento	26	34.70	3.258
	Frontal Interior	30	24.25	3.078
	Frontal Exterior	23	35.77	4.455
Río Huach-Punta Gavilán	Posterior	16	22.35	3.032
	Rompiente	16	21.69	0.357
	Trans. Barlovento	23	33.11	2.745
	Frontal Interior	26	31.59	2.954
	Frontal Exterior	25	35.21	2.877
Punta Gavilán-Xcalak	Posterior	15	16.64	1.950
	Rompiente	15	20.48	1.924
	Trans. Barlovento	29	12.76	3.062
	Frontal Interior	26	25.48	2.710
	Frontal Exterior	28	25.45	2.977

**Tabla 5. Número de especies, cobertura relativa y diversidad para escleractinios por medio del análisis de Jack – Knife.**

Zona Arrecifal	No. Sp	Cobertura (%)	Diversidad
Posterior	18	26.62	2.591
Rompiente	20	17.08	2.638
Transición a La	20	20.14	2.523
Macizos debajo rel.	29	29.06	2.669
Macizos de alto rel.	27	29.40	2.264
Arrecife Frontal	23	29.26	1.874

**Corales gorgonáceos:**

**Tabla 6. Número de especies, cobertura relativa y diversidad para corales gorgonáceos por medio del análisis de Jack-Knife .**

Región	Zona arrecifal	No. sp	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	Diversidad
Xahuachol-Río Huach	Posterior	18	1.450	2.031
	Rompiente	23	1.570	2.146
	Trans. Barlovento	20	1.971	2.490
	Frontal Interior	8	2.108	2.530
	Frontal Exterior	13	1.275	2.668
Río Huach-Punta Gavilán	Posterior	9	0.650	1.502
	Rompiente	10	0.737	1.271
	Trans. Barlovento	20	1.760	2.490
	Frontal Interior	19	1.385	2.475
	Frontal Exterior	16	1.000	2.129
Punta Gavilán-Xcalak	Posterior	20	0.959	2.088
	Rompiente	21	1.630	2.045
	Trans. Barlovento	22	1.485	2.781
	Frontal Interior	12	0.183	2.969
	Frontal Exterior	16	0.794	2.799

**Tabla 7. Número de especies, Densidad y Diversidad de corales gorgonáceos.**

Zona Arrecifal	No. Sp	Densidad ind/m	Diversidad
Posterior	16	1.69	2.194
Rompiente	16	1.64	2.421
Transición a La	19	2.00	2.541
Macizos debajo rel.	21	2.19	2.818
Macizos de alto rel.	25	1.02	3.037

Arrecife Frontal	20	1.09	2.857
------------------	----	------	-------

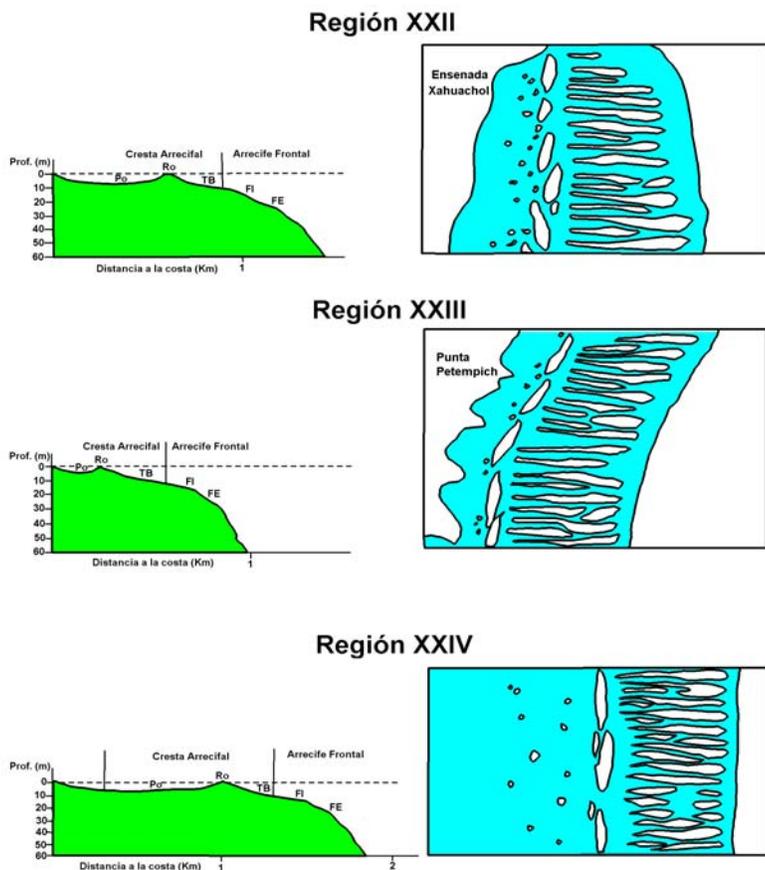


Fig. 4 Esquema arrecifal de las regiones Xahuachol-Río Huach (XXII), Río Huach-Punta Gavilán (XXIII) y Punta Gavilán-Xcalak (XXIV), perfil (izquierda) y vista superior (derecha). Gorgonáceos.

**Peces Arrecifales:**

Tabla 8. Número de especies, cobertura relativa y diversidad para peces arrecifales por medio del análisis de Jack-Knife.

Región	Zona arrecifal	No. sp	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	Diversidad
Xahuachol-Río Huach	Posterior	39	1.278	3.134
	Rompiente	22	0.703	2.108
	Trans. Barlovento	38	0.878	3.083
	Frontal Interior	39	2.171	2.356
	Frontal Exterior	29	1.878	2.484
Río Huach-Punta Gavilán	Posterior	30	1.050	2.803
	Rompiente	28	1.146	1.760
	Trans. Barlovento	38	1.739	2.457
	Frontal Interior	32	1.100	2.643
	Frontal Exterior	39	2.875	3.203
Punta Gavilán-Xcalak	Posterior	42	1.531	2.908
	Rompiente	44	0.852	2.157
	Trans. Barlovento	38	1.000	2.800
	Frontal Interior	20	0.771	3.123
	Frontal Exterior	35	0.852	2.821

**Tabla 9. Número de especies, Densidad y Diversidad para los peces arrecifales por medio del análisis de Jack – Knife.**

Zona Arrecifal	No. Sp	Densidad ind/m	Diversidad
Posterior	33	0.76	2.68
Rompiente	32	0.91	2.467
Transición a La	34	0.79	2.217
Macizos debajo rel.	52	0.75	2.880
Macizos de alto rel.	39	0.55	2.336
Arrecife Frontal	39	0.97	2.862

**Anexo 3:**

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1988, reformada en 1996.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, 1988.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas, 2000.
- Ley de Pesca y su Reglamento, 1999.
- Código Penal para el Distrito Federal en Materia de Fuero común, y para toda la República en Materia de Fuero Federal, 1931.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección.
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-RECNAT-2000, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
- Ley de Aguas NACIONALES, 1992, Y SU Reglamento, 1994.
- Ley Federal del Mar, 1986.
- Ley de Navegación, 2001.
- Ley Federal de Turismo y su Reglamento, 2000.
- Norma Oficial mexicana NOM-05-TUR-1995, sobre requisitos mínimos de seguridad a que deben sujetarse las operadoras de buceo para garantizar la prestación del servicio, 1995, y modificación de 1997.
- Plan de Ordenamiento Territorial para la Costa Maya, 6 de Octubre de 2000.