



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE, S.C.

---

---

Programa de Estudios de Posgrado

“EVALUACIÓN DE LA COMUNIDAD ÍCTICA EN  
ARRECIFES ROCOSOS MEDIANTE CENSOS VISUALES:  
BUCEO AUTÓNOMO vs. Mini-ROV”

TESIS

Que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias**

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

P r e s e n t a

**JEB ART RABADÁN SOTELO**

La Paz, Baja California Sur, septiembre 2018

## ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 13 horas del día 13 del mes de Junio del 2018, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

**"Evaluación de la comunidad íctica en arrecifes rocosos mediante censos visuales: buceo autónomo vs mini-Rov"**

Presentada por el alumno:

**Jeb Art Rabadán Sotelo**

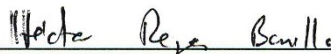
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN Biología Marina

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

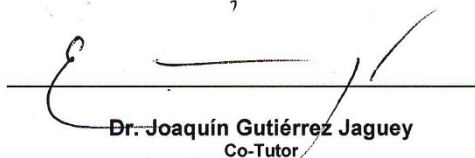
LA COMISIÓN REVISORA



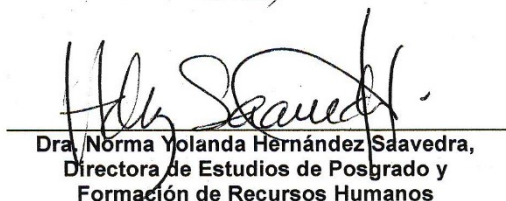
Dr. Eduardo Francisco Balart Páez  
Co-Director de Tesis



Dr. Héctor Reyes Bonilla  
Co-Director de Tesis



Dr. Joaquín Gutiérrez Jaguey  
Co-Tutor



Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra,  
Directora de Estudios de Posgrado y  
Formación de Recursos Humanos

## **Conformación de Comités**

### **Comité tutorial**

Dr. Eduardo Francisco Balart Páez  
Co-director de tesis (CIBNOR)

Dr. Héctor Reyes Bonilla  
Co-director de tesis (UABCS)

Dr. Joaquín Gutierrez Jagüey  
Co-Tutor (CIBNOR)

### **Comité revisor de tesis**

Dr. Eduardo Francisco Balart Páez

Dr. Héctor Reyes Bonilla

Dr. Joaquín Gutierrez Jagüey

### **Jurado de examen**

Dr. Eduardo Francisco Balart Páez

Dr. Héctor Reyes Bonilla

Dr. Joaquín Gutierrez Jagüey

### **Suplente**

Dr. Fausto Valenzuela Quiñonez (CIBNOR)

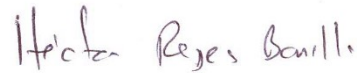
## Resumen

El estudio de los peces asociados a arrecifes rocosos en el Golfo de California ha ido en aumento en las últimas décadas, especialmente el de peces conspicuos, con un registro de 333 especies. Sin embargo, se desconoce cómo cambia la estructura de los ensamblajes ícticos con la profundidad, especialmente de la zona mesofótica. Las razones de este desconocimiento se asocian principalmente a las limitaciones del uso de equipo de buceo autónomo SCUBA, cuya profundidad máxima de trabajo y seguridad son los 30 metros. El uso de vehículos operados a distancia (ROV, Remote Operated Vehicle) podría ser una herramienta adecuada para facilitar la toma de datos y subsanar esta carencia de información. Estos aparatos permiten trabajar a mayores profundidades y por tanto caracterizar los hábitats y la comunidad arrecifal, con la ventaja de que tiempo de permanencia y ciclos de trabajos subacuáticos pueden ser indudablemente mayores al de un buceo con equipo autónomo SCUBA tradicional o utilizando mezclas de gases. Sin embargo, la interpretación de la información obtenida debe ser calibrada, a través de un análisis comparativo, con la arrojada por buzos en censos tradicionales de modo de definir las similitudes o diferencias entre ambos, y tener algún criterio objetivo para interpretar los resultados a profundidades donde normalmente no operan los buzos. Para ello se diseñó un análisis comparativo en diversos arrecifes de la Bahía de La Paz, entre censos visuales de transecto con buzos contra los obtenidos con un pequeño vehículo operado a distancia clase 1, tipo VideoRay Pro4. Para la caracterización ecológica de los ensamblajes se utilizaron descriptores comunitarios clásicos (como riqueza, abundancia, diversidad, equitatividad), diversidad taxonómica, así como estadística multivariada. Los resultados indicaron que, en general, se detectó mayor diferencia entre sitios que entre métodos, y que éstas ocurrieron en todos los índices, siendo el sesgo mayor en la abundancia (45.4%) seguido de la riqueza y diversidad (34.8% en ambos índices) y menor en la equitatividad (22.7% con diferencias significativas). Los sitios en Isla Espíritu Santo difirieron más con los aledaños a Isla San José. Entre métodos las diferencias significativas en la abundancia ocurrieron al interior del 40% de los sitios, la riqueza y diversidad mostró diferencias en 33% de los sitios, y no se detectaron diferencias significativas en la equitatividad entre métodos en ningún sitio. No se detectaron diferencias entre estratos de profundidad entre métodos en cada sitio. Considerando el análisis de curvas de acumulación de especies por método, tenemos que los censos con buzos tuvieron mayor representatividad (90 %) comparado con el 74% usando ROV. Ambos métodos se muestran idóneos y complementarios para el monitoreo de comunidades de peces someras, pero si hay diferencias que deberán considerarse en la interpretación de los futuros censos a profundidades mesofóticas.

Palabras Clave: *ROV, Bahía de La Paz, análisis de ensamblajes ícticos, métodos de monitoreo.*



Vo.Bo. Dr. Eduardo Francisco Balart Páez

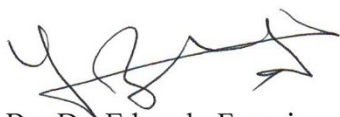


Vo.Bo. Dr. Héctor Reyes Bonilla

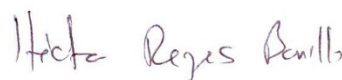
## Summary

The study of the fishes associated to rocky reefs in the Gulf of California had been increasing over the last decades, especially in the conspicuous fishes, with a record of 333 species. However, there is a lack of knowledge about how the structure of fish assemblages' changes with depth, especially in the mesophotic zone. The reasons for this lack are mainly associated with the limitations of the use of SCUBA, whose maximum working depth and safety are 30 meters. The use of remote operated vehicles (ROV) could be an adequate tool to facilitate the collection of data and fill the gaps of information. They allow to work at greater depths and characterize the habitats and the reef community, with the advantage of greater time of permanence and work cycles than that of a common SCUBA diving or using gas mixtures. However, the interpretation of the information obtained must be calibrated with that generate by divers in traditional censuses in order to define the similarities or differences between them and affording to get an objective criterion to interpret the results to depths where divers normally can't reach. For this purpose, a comparative analysis was designed in several reefs of the Bay of La Paz between underwater visual censuses performed by trained SCUBA divers against a class 1 remote operated vehicle, type VideoRay Pro4. For the ecological characterization of the assemblages, classic community descriptors (such as richness, abundance, diversity, equity), taxonomic diversity, and other multivariate analyses were used. The result of the surveys indicate that the differences were greater among sites than between methods. The differences among sites were mainly in abundance (45.5%), followed by richness and diversity index (34.8%), and minor in equity (22.7% sites with significant differences). The sites around Isla Espiritu Santo were more distinct with that close to Isla San José. Between methods, the main difference in each site was related to abundance (in 40% of the 15 sites), richness and diversity index showed significant differences within 33% of the sites, and no differences in equity was detected between methods in any site. Among depth strata no differences were found in any site. The analysis of species-accumulation curves showed the surveys by SCUBA divers reach the 95% of the predicted species whereas the mini ROV only reach the 74%. Both methods are suitable and complementary for monitoring shallow fish marine communities but the differences between methods should be taken in account in the interpretation of data of the future surveys in mesophotic depths.

Key words: *ROV, Bahía de La Paz, reef-fish assemblages analyses, monitoring methods.*



Vo.Bo. Dr. Eduardo Francisco Balart Páez



Vo.Bo. Dr. Héctor Reyes Bonilla

## **Dedicatoria**

**A mis padres...**

## **Agradecimientos**

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) por la oportunidad de continuar mis estudios de posgrado en su programa de excelencia. A CONACYT por el apoyo otorgado mediante la beca (1021610132). Al Posgrado del CIBNOR por el apoyo de la beca extra de dos meses.

A los Dres. Eduardo Francisco Balart Páez, Héctor Reyes Bonilla y Joaquín Gutiérrez Jagüey, por su valiosa ayuda en el diseño y realización de este trabajo; sin ellos nada de esto habría sido posible.

Al proyecto “Evaluación de zonas arrecifales mesofóticas (50 a 100 m) del occidente de México, y de su papel como centros de biodiversidad y refugios pesqueros” (CONACYT INFR-2016-01-0269693) a cargo del Dr. Luis Eduardo Calderón Aguilera, así como a su equipo de trabajo (CICESE), especialmente el M. en C. Juan Manuel Galaviz López por la capacitación y consejos para operar el equipo utilizado en este estudio.

Al Programa de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del CIBNOR: Dra. Norma Y. Hernández Saavedra, Lic. Leticia González Rubio Rivera, Lic. Osvelia Ibarra Morales, C. Tania V. Núñez Valdez, Lic. Horacio Sandoval Gómez, y Lic. José M. Melero Astorga.

Al Programa de Ecología Pesquera, por el apoyo con infraestructura, salidas de campo y estancias de investigación.

Agradecimiento a los técnicos: Lic. Francisco Encarnación, por su ayuda en las pruebas de calibración en el patio de cultivos a su cargo; Enrique Calvillo, Jorge Angulo y Andrés González por su valiosa ayuda en el trabajo de campo, así como al Dr. David Paz García, en el manejo del ROV y toma de datos. Al M.C. Juan Francisco Villa Medina, por compartir sus amplios conocimientos en robótica y ROVs; Dra. Noemí Bocanegra Castillo por su apoyo en el Laboratorio de Necton y Ecología de Arrecifes. Agradezco también a la M.C. Georgina Ramírez Ortiz por su ayuda en el análisis de datos. Dr. Fausto Valenzuela Quiñonez por fungir como suplente en el comité.

Penélope Berumen por su contribución en la sección de área de estudio, poner orden en mi vida y traer el equilibrio en la fuerza.

A la Generación de Maestría CIBNOR 2015-2017. A mis Hermanos del Mar. Colesterol & Fitness siempre pendientes de mí.

A todos los que contribuyeron de forma directa o indirecta para la culminación de este proyecto.



## Contenido

<b>Resumen</b> .....	i
<b>Summary</b> .....	ii
<b>Dedicatoria</b> .....	iii
<b>Agradecimientos</b> .....	iv
<b>Contenido</b> .....	vi
<b>Lista de figuras</b> .....	vii
<b>Lista de tablas</b> .....	xi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	4
2.1 Antecedentes de caracterización de ensamblajes de peces de arrecife en el Golfo de California...4	
2.2 Antecedentes en el mundo .....	5
2.3 Estado del arte de los vehículos remotamente operados (ROV).....	7
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	8
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	9
5.1 Objetivo general.....	9
5.2 Objetivos particulares.....	9
<b>6. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	10
6.1 Área de Estudio.....	10
6.2 Trabajo de Campo.....	14
6.3 Análisis Ecológicos.....	18
<b>7. RESULTADOS</b> .....	21
7.5 Distinción Taxonómica.....	44
7.3 Análisis Multivariado: agrupamiento y nMDS.....	47
7.4 Curvas de acumulación de especies.....	68
<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	70
8.1 Calibración de métodos.....	73
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	75
<b>11. LITERATURA CITADA</b> .....	76
<b>12. ANEXOS</b> .....	82

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de Bahía de La Paz, Baja California Sur. Estaciones de muestreo del presente estudio. <b>LA</b> (Las Ánimas), <b>EP</b> (El Pardito), <b>PN</b> (Punta Norte), <b>LP</b> (La Partida), <b>PB</b> (PaileBote), <b>LB</b> (La Ballena), <b>EG</b> (El Gallo), <b>LG</b> (La Gallina), <b>PL</b> (Punta Lobos), <b>LD</b> (La Dispensa), <b>EC</b> (El Coyote), <b>PD</b> (Punta Diablo), <b>G</b> (La Gaviota).....	13
<b>Figura 2.</b> ROV (Remote Operated Vehicle) modelo VideoRay Pro 4, utilizado en el presente estudio. ....	14
<b>Figura 3.</b> Transecto con el mini ROV usado en el presente estudio. ....	16
<b>Figura 4.</b> Batimetría de la zona de Punta Diablo, Bahía de La Paz, Baja California Sur. ....	18
<b>Figura 5.</b> Numero promedio de especies por sitio del presente estudio (P = promedio). Promedio Punta Diablo = PPD, barras con error estándar.....	22
<b>Figura 6.</b> Las diez especies mas representativas en los sitios del presente estudio. Nombre de la especies: <i>Stegastes rectifraenum</i> (Srec), <i>Thalassoma lucassanum</i> (Tluc), <i>Canthigaster punctatissima</i> (Cpun), <i>Abudefduf troschelii</i> (Atro), <i>Microspathodon dorsalis</i> (M dor), <i>Parantias colonus</i> (Pcol), <i>Prionurus punctatus</i> (Ppun), <i>Holacanthus passer</i> (H pas), <i>Serranus psittacinus</i> (S pst), <i>Cephalopholis panamensis</i> (C pan).....	24
<b>Figura 7.</b> Punta Diablo. Comparación de la abundancia (N), riqueza (S), Equitatividad (J') y diversidad de Shannon (H') por estrato de profundidad por método utilizado (buzo vs ROV). ....	25
<b>Figura 8.</b> El Merito. Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV). ....	26
<b>Figura 9.</b> Islote San Rafaelito. Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV). ....	27
<b>Figura 10.</b> Isla Gaviota. Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (buzos vs ROV).....	28
<b>Figura 11.</b> Pailebote. Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV). ....	29
<b>Figura 12.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de Punta Lobos. B.C.S. México. ....	30

<b>Figura 13.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de La Ballena. B.C.S. México. .....	31
<b>Figura 14.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de La Gallina. B.C.S. México. .....	32
<b>Figura 15.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de El Gallo. B.C.S. México. .....	33
<b>Figura 16.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de El Coyote. B.C.S. México. .....	34
<b>Figura 17.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de Las Ánimas. B.C.S. México. .....	35
<b>Figura 18.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de El Pardito. B.C.S. México. .....	36
<b>Figura 19.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de La Partida. B.C.S. México. .....	37
<b>Figura 20.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de Punta Norte. B.C.S. México. .....	38
<b>Figura 21.</b> Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de La Dispensa. B.C.S. México. .....	39
<b>Figura 22.</b> Delta $\Delta+$ Todas las estaciones del presente estudio, ambos métodos, significancia 95%. ...	44
<b>Figura 23.</b> Lambda $\Lambda+$ Todas las estaciones del presente estudio.....	45
<b>Figura 24.</b> Distinción taxonómica promedio de los sitios del presente estudio método Humano, Delta + (barra gris), Lambda + (barra negra) vs Riqueza, (línea gris). ....	46

<b>Figura 25</b> Distinción taxonómica promedio de los sitios del presente estudio método ROV, Delta + (barra gris), Lambda + (barra negra) vs Riqueza, (línea gris). .....	46
<b>Figura 26.</b> Clúster y nMDS en la zona de Punta Diablo, Bahía de La Paz, dos métodos (buzo [Humano] y ROV). .....	49
<b>Figura 27.</b> Clúster y nMDS de la zona de El Merito, Bahía de La Paz, dos métodos (buzo [Humano] y ROV). .....	50
<b>Figura 28.</b> Cluster y nMDS, San Rafaelito, Bahía de La Paz, dos métodos (buzo [Humano] y ROV). .....	51
<b>Figura 29.</b> Clúster y nMDS, dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de Isla Gaviota. B.C.S. México. ....	52
<b>Figura 30.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de PaileBote. B.C.S. México. ....	53
<b>Figura 31.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de Punta Lobos. B.C.S. México. ....	54
<b>Figura 32.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de La Ballena. B.C.S. México. ....	55
<b>Figura 33.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de La Gallina. B.C.S. México. ....	58
<b>Figura 34.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de El Gallo. B.C.S. México. ....	59
<b>Figura 35.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de El Coyote. B.C.S. México. ....	60
<b>Figura 36.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de Las Ánimas. B.C.S. México. ....	61
<b>Figura 37.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de El Pardito. B.C.S. México. ....	62
<b>Figura 38.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de La Partida. B.C.S. México. ....	63

<b>Figura 39.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de Punta Norte. B.C.S. México. ....	64
<b>Figura 40.</b> Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de La Dispensa. B.C.S. México. ....	65
<b>Figura 41.</b> Curva de acumulación de especies, todas las estaciones de este estudio. 3 estimadores: Chao 2 (Ch2), Jacknife 1 (JN1), Bootstrap (Bst). ....	68
<b>Figura 42.</b> Curva de acumulación de especies, método Humano (Buzos, censos-visuales) del presente estudio. ....	68
<b>Figura 43.</b> Curva de acumulación de especies con el método de ROV (video-censos), del presente estudio. ....	69
<b>Figura 44.</b> Escala láser sobre grupo de Huachinangos ( <i>Lutjanus peru</i> ) Isla Espíritu Santo .....	88
<b>Figura 45.</b> Escuela de pargos amarillos ( <i>Lutjanus argentiventris</i> ), Bahía de La Paz. Baja California Sur. ....	88

## Lista de tablas

<b>Tabla I.</b> Riqueza promedio (S) y abundancia promedio (N) de peces por transecto por sitio de muestreo estimada considerando ambos métodos en conjunto. Error estándar entre paréntesis. En negritas valores máximos y mínimos. ....	21
<b>Tabla II.</b> Riqueza promedio (S) y abundancia promedio (N) de peces por transecto por sitio de muestreo estimada considerando cada método (censo visual mediante buzo y video Rov) por separado. Error estándar entre paréntesis. En negritas valores máximos y mínimos. ....	23
<b>Tabla III.</b> Riqueza (S) vs Estaciones. Valores significativos en negritas .....	40
<b>Tabla IV.</b> Abundancia (N) vs Estaciones. Valores significativos en negritas.....	41
<b>Tabla V.</b> Equitatividad vs Estaciones. Valores significativos en negritas. ....	42
<b>Tabla VI.</b> Diversidad vs Estaciones. Valores significativos en negritas.....	43
<b>Tabla VII.</b> Tabla resumen de la existencia, o no, de diferencias significativas entre los estimadores obtenidos a partir de la información con ambos métodos, censos visuales con buzos y mini Rov. N: abundancia, S: riqueza específica, J': equitatividad y H': diversidad en cada uno de los sitios. ....	74

## 1. INTRODUCCIÓN

Se han registrado cerca de 911 especies de peces en el Golfo de California (Hastings *et al.*, 2010), por lo que puede ser comparado con el Mar Rojo, Golfo de México y Bahamas en cuanto a diversidad íctica (Thomson *et al.*, 2000). De esta cantidad, 333 especies se consideran habitantes de ecosistemas arrecifales. La mayoría de los arrecifes de este mar son del tipo rocoso (Thomson *et al.*, 2000) y algunos se encuentran asociados a islas, de las cuales el Golfo de California alberga más de 900 (SEGOB-SEMAR, 1987).

La exploración de ecosistemas arrecifales en México y particularmente en el Golfo de California, ha sido amplia en ciertos aspectos. Sin embargo, todavía existen vacíos de información acerca de la fauna debido a las limitaciones asociadas al uso de buceo autónomo SCUBA, así como a las restricciones técnicas y económicas de otros métodos de muestreo actuales (*e.g.*, buceo técnico), tal como lo mencionan Ajemian *et al.* (2015) para hábitats del Golfo de México.

Por el contrario, la exploración de áreas más profundas con equipo especializado se realiza por lo general debajo de los 200 m, con un marcado énfasis hacia las zonas abisales, lo cual deja rezagadas algunas áreas someras y mesofóticas a posibles estudios de su composición. Dichas exploraciones por lo general se realizan mediante el uso de vehículos, ya sea autónomos u operados a distancia (ROVs, AUVs).

El estudio de las comunidades de peces que se encuentran a mayor profundidad de la que el equipo SCUBA podría permitir, por ejemplo, comunidades que habitan en la zona mesofótica, requieren otras técnicas. Dos herramientas para el estudio de estas profundidades son las artes de pesca tradicionales, como líneas con anzuelos o trampas, y equipo electrónico especializado, como cámaras y/o vehículos sumergibles (Mejía-Mercado, 2013). Dichos equipos pueden ser no tripulados, ya sea autónomos o controlados a distancia.

En la actualidad, el uso de vehículos operados a distancia ha demostrado ser una herramienta factible con aplicaciones en campos como seguridad portuaria, arqueología submarina, biología marina, entre otros (Aristizábal *et al.*, 2016). Existe una clasificación de acuerdo a estándares internacionales específicos sobre estos aparatos, que van desde su uso solo para solo

observación, observación con carga, vehículo de trabajo (Work class), trabajo especializado en fondo marino y prototipos. (Norsok, 2003). Kropp (2004) menciona dentro de los métodos de colecta de datos, que estos vehículos pueden estar o no conectados a una embarcación. Los equipos conectados a barcos presentan ciertas ventajas sobre los que realizan operaciones de forma autónoma a la nave y, en algunas ocasiones, son menos costosos. Sin embargo, por lo general es mejor complementar ambas técnicas, a la hora de realizar trabajo de campo (por ejemplo, monitoreo de especies). También es preferible su uso en zonas donde la extracción de especímenes se encuentra prohibida (*e.g.*, ANPs) (Stoner *et al.*, 2008).

Las ventajas de los vehículos sumergibles no tripulados son variadas: la más obvia es que pueden alcanzar mayores profundidades; no son invasivos, por lo que impactan menos el fondo y causan menos estrés en los organismos (Mejía-Mercado, 2013), al tiempo que permiten conocer de manera más detallada las características del hábitat. Desventajas que se pueden mencionar son el alto costo inicial, poca representatividad en especies crípticas debido a fototactismo y comportamientos específicos de algunas especies, poco campo de visión de la cámara, falta de personal capacitado y, en general, que no está bien documentada la precisión, calidad, y variabilidad a la hora de la colecta de datos (Stoner *et al.*, 2008).

Hasta el momento se cuenta con pocos trabajos relacionados con el presente estudio. Si bien existen ejemplos recientes, estos se encuentran más enfocados a zonas con mayor profundidad y un intervalo más amplio de especies analizadas. Esto último es debido al empleo de herramientas e infraestructura más avanzada, que implica mayores costos de adquisición (o renta), y diseñada para cuestiones más específicas a mayores profundidades (*e.g.*, geología, exploración petrolera, minería), dejando rezagados estratos someros intermedios. Por lo anterior, este trabajo propone un mayor énfasis en el uso de aparatos más pequeños, diseñados para estratos someros y medios (*e.g.*, mesofóticos o mayores de 30 m y como complemento metodológico en estudios a futuro), al existir nuevas tecnologías de menor coste, buenas prestaciones y relativo fácil acceso.

Dado que en México existe un reciente interés en el desarrollo y uso de estos aparatos, se pretende establecer las bases para la utilización de uno de estos vehículos, de pequeño tamaño y costo accesible a la mayoría de los proyectos de monitoreo de biodiversidad marina. El



principal objetivo de este estudio será la realización de un análisis comparativo entre un mini-ROV y un monitoreo utilizando buzos, de modo de poder dilucidar la similitud o diferencia de resultados, lo que es vital para poder interpretar la información que arrojen a las profundidades normalmente bajo la cual los buceos SCUBA no son posibles. Esto evitará riesgos innecesarios al personal humano y hará más segura la interacción con el medio, al tiempo que hará posible generar la información específica de las áreas mesofóticas del Golfo de California y otras áreas de las costas de México. Así será factible, en un futuro cercano, evaluar la composición de posibles refugios pesqueros profundos, así como los reservorios genéticos que puedan existir en la zona para el repoblamiento de corales y otras especies marinas, con conocimiento de causa de probables sesgos o limitaciones, y certidumbre a la hora del análisis de la información.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Antecedentes de caracterización de ensamblajes de peces de arrecife en el Golfo de California

Existen muchos trabajos sobre la ecología de peces conspicuos asociados a arrecifes rocosos en el sur del Golfo de California. Entre ellos destacamos, a modo de ejemplo, el de Pérez-España *et al.* (1996) desarrollado en 3 sitios de la Isla Espíritu Santo, en Bahía de La Paz, y en Cueva de León, sitio fuera de Bahía de La Paz, donde mediante censos visuales registraron un total de 76 especies. A partir de descriptores ecológicos clásicos, como riqueza específica, frecuencia de ocurrencia, equitatividad y diversidad caracterizan la estructura de la comunidad íctica en los sitios. Adicionalmente, encuentran una relación positiva entre la riqueza específica y la temperatura. Otro, como el de Aburto-Oropeza y Balart (2001), describen los ensamblajes de peces conspicuos en diferentes zonas de Los Islotes, en el extremo norte de la Isla Espíritu Santo, enfatizando la relación entre la composición-distribución de las especies con las características del hábitat. Ellos distinguen dos temporadas principales en el año, cada una con diferencias en los descriptores de la comunidad íctica. Otros trabajos en los arrecifes de Bahía de La Paz son los de Arreola y Elorduy (2002) y Rodríguez-Romero *et al.* (2005). Este último incluye un análisis de los peces asociados al Bajo Espíritu Santo, que dada sus características peculiares difiere parcialmente de la descripción respecto a los sitios en Isla Espíritu Santo. Hacia el norte de la Bahía de La Paz tenemos los trabajos de Villegas-Sánchez *et al.* (2009) y Barjau *et al.* (2012) en Isla San José. En Bahía de Los Ángeles, un área a mitad del Golfo de California, con condiciones oceanográficas más templadas y alta productividad primaria por la presencia de afloramientos, tenemos dos trabajos asociados a la caracterización de la comunidad de peces arrecifales (Mascareñas-Osorio *et al.*, 2011; Viesca-Lobatón 2008). Al sur de Bahía de La Paz encontramos la caracterización de los ensamblajes ícticos en Cabo Pulmo, considerado el único arrecife coralino dentro del Golfo de California. Aquí Alvarez-Filip *et al.* (2006) y Alvarez-Filip y Reyes Bonilla (2006) incluyen en su análisis otros descriptores (como la distintividad taxonómica) y señalan que, si bien no encuentran diferencias entre las estaciones del año, si las hay con la profundidad.

Respecto a peces de profundidad, al menos bajo los 50 metros, son escasos los trabajos ya que el uso de ROVs no es común ni frecuente. Uno de ellos es el trabajo de Aburto-Oropeza *et al.* (2010), quienes describen sus observaciones de fauna arrecifal -incluyendo peces- obtenidas utilizando un sumergible en la zona de “El Bajo” en los primeros 300 m de profundidad. El otro trabajo destacado es el de Mejía-Mercado *et al.* (2014) que recoge el listado de peces registrados en las profundidades del Golfo de California utilizando un ROV. En ambos casos no hay, sin embargo, una descripción de los atributos de los ensamblajes de peces y, en el segundo caso, los peces no corresponden a la definición de peces de arrecife.

## **2.2 Antecedentes en el mundo**

Análisis de ensamblajes de peces asociados a arrecifes a partir de censos visuales tradicionales (con buzos) existen en innumerables localidades del mundo, por lo que la literatura al respecto es extensa. Sin embargo, no es el objetivo de esta sección su enumeración excepto en relación al uso de algún tipo de ROV.

Green y Alevizon, (1989) compararon 4 métodos de censo visuales en un parque marino: Audiotape, censo con un formato de video, censo normal (con un buzo), y ROV. Concluyen que el mejor método de censo es el Audiotape y el ROV es el de menor eficacia, pero destacan sus ventajas en profundidades fuera del alcance del equipo SCUBA, así como su capacidad de operar virtualmente sin interrupciones.

Bejarano-Rodríguez (2013) analiza en la Parguera, Puerto Rico, la comunidad de peces asociados a Ecosistemas de Coral Mesofótico (MCEs) utilizando equipo técnico de buceo y un vehículo operado a distancia, realizando transectos de 30 m<sup>2</sup> de los 30 a los 70 m de profundidad. Encuentra que la comunidad de peces de los 40 a 70 m varían en composición taxonómica, abundancia y grupos tróficos respecto del transecto a los 30 metros. También en Puerto Rico, Appeldoorn *et al.* (2016) comparan dos ecosistemas coralinos mesofóticos en el área de la Parguera y Ponce, este último impactado por actividades antropogénicas, como descargas de aguas residuales. Concluyen que las MCEs deberían ser consideradas con la misma importancia que los arrecifes someros, dado que podrían representar un refugio para resembrar áreas someras con alto grado de deterioro causado por actividades humanas. Por otra parte, existe la evidencia que estas zonas contribuyen a la resiliencia de dichas comunidades, dado que se encuentran

menos afectadas por condiciones oceanográficas, por ejemplo, estrés térmico (Loya *et al.*, 2016).

En Brasil, Pereira-Filho *et al.* (2011) realizan un estudio en un grupo de islas localizadas a 1,120 kilómetros de las costas de ese país, utilizando una combinación de buceo técnico y censos con ROV. La importancia del trabajo radica en la presencia de un elevado número de especies endémicas. Concluyen que la profundidad es el factor que más influye sobre la estructura de las comunidades de peces.

Existen otros ejemplos en que los censos con vehículos sumergibles han sido de utilidad para el estudio de ecosistemas fuera el alcance de las técnicas tradicionales. En el mediterráneo Bo *et al.* (2014), evaluaron el impacto de artes de pesca fantasma en 4 localidades diferentes de arrecifes coralinos, a profundidades desde 70 a 280 metros, proponiendo la necesidad de medidas de manejo específicas para minimizar el impacto asociado a estas.

Aijeman *et al.* (2015) desarrollaron censos en plataformas petroleras abandonadas en el Golfo de México, proponiendo métodos para evaluar ensamblajes de peces asociados a estas estructuras. Establecen, además, que en ciertas condiciones de corriente es difícil, si no imposible, realizar un “conteo en punto estacionario” y que el censo en “cilindro” presenta ciertos retos, como lo es encontrar un punto de referencia en circunstancias determinadas. Otros trabajos llevados a cabo en estructuras petroleras son el de Stanley y Wilson (2000), el cual realiza una comparación de métodos hidroacústicos y ROVs, para la cuantificación de la importancia de estos sitios como arrecifes artificiales, así como su impacto en el ecosistema marino.

Existen trabajos realizados en el Atlántico Norte sobre comportamiento de especies de profundidad y el uso de ROVs para su estudio. Trenkel *et al.* (2004) menciona que los censos visuales con ROV pueden ser más precisos que los arrastres de fondo (bottom-trawl), debido al efecto de “pastoreo” que ocasiona dicho arte de pesca. Consignan la existencia de factores intrínsecos, como la configuración del equipo usado, asociados a comportamientos específicos de cada especie, así como cuestiones oceanográficas y ecológicas que modifican la forma en que los ensamblajes de peces son censados o no. Un experimento interesante que menciona este artículo es el dejar el ROV 20 minutos en forma estacionaria en un punto y registrar el

comportamiento de las especies. También reseña el uso de varias combinaciones de configuración de la luz a bordo, velocidad de censo, midiendo el efecto de atracción o repulsión.

### **2.3 Estado del arte de los vehículos remotamente operados (ROV).**

En la actualidad se están logrando avances importantes en los estudios de ambientes profundos, mucho más allá de lo que permite el equipo SCUBA. Se siguen utilizando, como zona de estudio plataformas petroleras. La tendencia del diseño se enfoca principalmente en desarrollar vehículos que prescindan del uso de cable umbilical (AUV).

Una tendencia interesante es el desarrollo del Ocean One, un ROV con forma humanoide, para ayudar a los buzos en tareas específicas. El diseño de este vehículo permite simular los movimientos y hacerlo muy parecidos a los que tendría un humano buceando. Una vez calibrado el equipo, se tiene intención de ir alcanzando mayores profundidades y seguir estudiando ambientes todavía no bien entendidos. Como dato curioso tiene 8 *thrusters* y está diseñado para bajar hasta 2 mil metros. Es propiedad de la Universidad de Standford.

Por otra parte, existe también metodología como la que usan en el trabajo de Mallet *et al.* (2014) llamada STAVIRO (STAtion Video Rotative) que consiste en una cámara autónoma que rota 60° cada 30 segundos. Los videos se graban 10 minutos e incluye al menos 3 giros completos. Concluyen que no hay diferencias en determinar especies de tallas grandes, pero para la detección de especies pequeñas, los censos visuales presentan ventajas. El método STAVIRO puede ser aplicado para algunas especies objetivo.

Finalmente Xiang (2015) menciona que una de las vulnerabilidades del uso de ROV, es que el cable de comunicación (umbilical) puede ser propenso a enredos en el ambiente marino o con objetos desconocidos. Menciona que en el futuro se implementará la fusión de los AUV y ROVs, dando como resultado los HARV y los HROV (ROV Híbridos). Los ROV se han convertido en los caballos de batalla, en especial en las exploraciones petroleras, cuyas compañías poseen el 50 % de todos los ROVs work-class del mundo (1102 equipos).

### 3. JUSTIFICACIÓN

No hay trabajos formales sobre la estructura comunitaria presente a más de 30 metros de profundidad en arrecifes rocosos en el Golfo de California, debido en principio a la limitación del uso de equipo de buceo autónomo SCUBA, herramienta sobre la que están basados la mayoría de los trabajos en la actualidad. Con la inclusión de vehículos no tripulados, se plantea una mejora en los monitoreos submarinos que se vienen realizando hasta la fecha, sin embargo, son pocos los trabajos que incluyen la calibración de dichos equipos, para su uso como complemento en investigaciones de esta índole. Sin calibración mediante un análisis comparativo con el desempeño de buzos en censos visuales no es posible interpretar correctamente los resultados obtenidos, cualitativa y cuantitativamente.

El uso de pequeños ROVs, como el utilizado en esta investigación, permitirá establecer líneas base de los recursos disponibles, así como proponer metodologías específicas para la realización de dichos trabajos a futuro. Por otra parte, generar un protocolo estándar en el uso de ROVs señalando ventajas y desventajas, así como propuestas para la resolución de problemas en campo, será de gran utilidad. Asimismo, estudios basados en el uso de las herramientas del presente, permitirán determinar cómo las comunidades profundas colaboran en la resiliencia de estratos más someros (Bongaerts *et al.*, 2010).

Finalmente es imperante disminuir costos de logística y potenciar el esfuerzo de colecta de información, para realizar evaluaciones y monitoreo de recursos poco explorados, y elaborar recomendaciones para ayudar en la toma de decisiones a las autoridades correspondientes. Vehículos no tripulados Operados Remotamente permiten mayor tiempo de observación de comportamientos de algunas especies en su hábitat, lo que permitirá un mejor entendimiento de relaciones intraespecíficas en diferentes niveles.

Por último, es importante divulgar el conocimiento de las áreas profundas de los arrecifes, así como impulsar el perfeccionamiento y uso de tecnología similar a la utilizada en este estudio. Solo el conocimiento de nuestros recursos y su condición permitirá su conservación y uso sustentable.

#### **4. HIPÓTESIS**

El monitoreo con vehículos operados remotamente puede ser factible conociendo los límites en cuanto a representatividad de la muestra al momento de coleccionar datos.

No existen diferencias significativas en cuanto los resultados del monitoreo de especies de peces usando pequeños vehículos operados remotamente y los obtenidos mediante censos visuales tradicionales con buzos.

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1 Objetivo general.**

Determinar diferencias y semejanzas de los resultados obtenidos utilizando video-censos obtenidos mediante un mini ROV y censos visuales con buzos a diferentes profundidades.

##### **5.2 Objetivos particulares.**

1. Caracterizar ecológicamente los ensamblajes ícticos en arrecifes someros a diferentes estratos de profundidad, Somero, Medio y Profundo (desde los 0, 4, 7 hasta 12 metros de profundidad) con ambas metodologías.
2. Calibrar los resultados obtenidos con la técnica de monitoreo con mini ROV, para su aplicación en la colecta y análisis de datos de peces asociados a arrecifes.

## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

### 6.1 Área de Estudio.

El presente trabajo se realizó en Bahía de La Paz en las inmediaciones de la Isla Espíritu Santo (IES), Isla San José (ISJ) y costa peninsular.

Bahía de la Paz se encuentra ubicada en el lado occidental del Golfo de California, entre los 24° 07' y 24° 21' de latitud norte y los 110° 17' y 110° 40' de longitud oeste. Es de forma rectangular con 90 km de largo y 60 km de ancho máximo, con una superficie aproximada de 1780 km<sup>2</sup> (Cruz *et al.*, 1996), limita al norte con la zona denominada el Mechudo y el extremo sur de Isla San José (ISJ), al este con el complejo insular Isla Espíritu Santo (IES), al oeste con el pie de la sierra la Giganta y para la parte sur, con una barra arenosa denominada El Mogote (Romero-Ponce, 2004). Es considerada la bahía más grande de todo el Golfo de California (Arreola Robles, 1998; Obeso Nieblas, 2008; Villegas Aguilera, 2009) (Fig. 1). El clima de esta región está clasificado de acuerdo a lo establecido por García (1988), BW (h') hw (e): seco desértico extremo y lluvias en verano. Presenta, además, una evaporación anual (215 mm) que excede la precipitación (180 mm) (Obeso-Nieblas, 2008). La temperatura oscila de los 8 °C en invierno a los 37 °C en verano y el promedio anual es de 23.8 grados centígrados. La salinidad oscila entre los 35.5 a 35.2 ppm a lo largo del año. La parte norte es la más profunda con 450 m aproximadamente, la parte media oscila entre los 180 a 270 m y la parte sur de la bahía alcanza profundidades menores a los 50 m (Martínez-López *et al.*, 2001; Salinas-González, Zaytsev y Makarov, 2003).

La Isla Espíritu Santo se encuentra a 33 km de la ciudad de La Paz. Tiene una superficie de 10538 ha. (Díaz-Barriga y Martínez-Delgado, 2002). En la parte del complejo insular de archipiélago Isla Espíritu Santo, existen dos islas mayores: La Partida (18 km<sup>2</sup>) y Espíritu Santo (83 km<sup>2</sup>), las cuales se encuentran alineadas en un eje norte-sur. Dentro del complejo insular Isla Espíritu Santo, existen en la parte occidental algunos islotes, de los que destacan: La Ballena (**LB**), El Gallo (**EG**) y La Gallina (**LG**). También fueron seleccionados alrededor de la isla sitios para su estudio, tales como: Punta Norte (**PN**), La Partida (**LP**) y La Dispensa (**LD**). En la parte



Oriental fueron muestreadas las zonas de: PaileBote (**PB**) y Punta Lobos (**PL**). A continuación se describen brevemente algunas características de las zonas de estudio.

**PaileBote:** Zona de acantilado, donde la característica más sobresaliente es una estructura de roca en forma de poste de 30 m de altura, así como un estrecho entre este y la isla (IES), en el cual se realiza con mucha precaución un recorrido turístico a través de dicha formación.

**Punta Lobos:** Conocida también como la lobera vieja, es una zona de acantilado, roca y arena a 20 m de profundidad y algunos bloques alejados de la costa a profundidades de más de 60 m.

**La Ballena:** Tercera isla más grande del archipiélago. Perímetro de 3,314.9. (Arreola-Robles, 1998). Presenta bloques grandes de roca, y algunas cuevas pequeñas.

**La Gallina:** Es una isla pequeña de 558 m de perímetro, el arrecife que se forma se extiende desde la orilla hasta los 30 m. La profundidad de la zona es de unos 12m. (Arreola-Robles, 1998).

**El Gallo:** Cercana a la isla la Gallina, su tamaño es un poco mayor, cuenta con un perímetro de 1,300.8 m, profundidad no mayor a los 7 metros. La extensión del arrecife es de 20m. (Arreola-Robles, 1998).

**La Partida:** Zona donde se divide Isla Espíritu Santo de Isla La Partida, es un canal que varía en profundidad, pero por lo regular siempre existe una parte de bajo calado que comunica la parte oriental y occidental de las islas.

**Punta Norte:** Se encuentra adyacente a los Islotes, es una zona poco visitada dado que no representa un atractivo turístico como lo es los Islotes, es un área poco profunda, acantilado con roca y arena en la base.

**La Dispensa:** Se encuentra cercana a la antigua granja de perlas de (IES). Es una zona de poca profundidad, si bien no es un área muy concurrida, dado que el mayor atractivo es generado por los pecios Fang Ming y C-59 que se encuentran al norte de este acantilado.

Adicionalmente se recolectaron datos en las zonas aledañas a costa peninsular conocidas como Punta Diablo (**PD**), El Merito (**MER**), Isla Gaviota (**G**) y San Rafaelito (**SR**).

**Isla Gaviota:** Cercana al puerto de Pichilingue, es una isla que presenta la característica de ser en su mayoría de una coloración blanca, producto del guano producido por las aves marinas que anidan en ella. El arrecife rocoso es pequeño rodeado por arena, y algunas partes pueden formar paredes que alcanzan hasta los 30 m de profundidad.

**El Merito:** Es un islote pequeño, cercano a la Isla Gaviota, presenta una zona de arrecife rocoso pequeña, es de poca profundidad menor a los 10 m.

**San Rafaelito:** Es una formación rocosa, que cuenta con un faro pequeño para ayudar a la navegación de la zona y evitar colisiones con la misma. Es también residencia permanente de una colonia de lobos marinos. También una zona cercana a Pichilingue, lo que favorece su uso para la práctica del buceo nocturno.

**Punta Diablo:** Es un cuerpo de agua semiprotectido, localizado en las inmediaciones de Bahía de La Paz, entre la Bahía de Balandra y la Isla Gaviota. Se encuentra entre los  $24^{\circ}18'44.3''$  N y  $110^{\circ}20'10.7''$  O. Tiene forma semi triangular con 200 m aproximados de costa rocosa y acantilados, en cada uno de sus lados. Dicha zona, presenta poca afluencia de turistas, dado que no presenta playa cercana y el acceso es complicado, por lo que el atractivo del área es mínimo (Zayas-Álvarez, 2005). La pesca tampoco es una actividad recurrente, puesto que se realiza más a menudo alejada de la costa (Zayas-Álvarez, 2005).

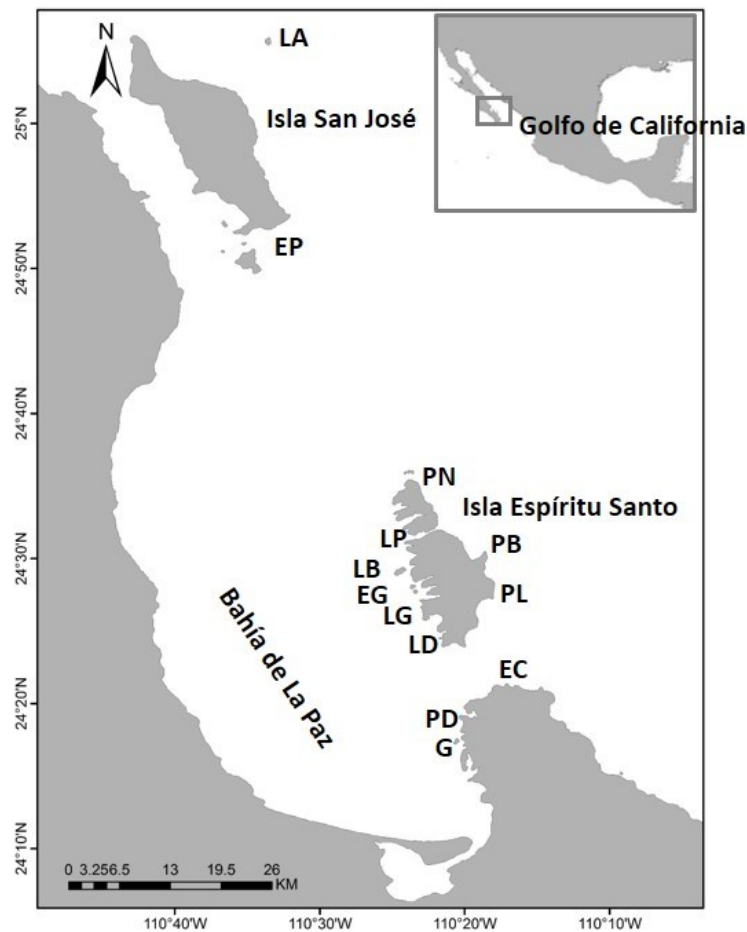
Por otra parte se realizaron dos muestreos en dos sitios de la Isla San José: Las Ánimas (**LA**) y El Pardito (**EP**).

Isla San José se encuentra entre los  $24^{\circ}59'$  N y  $110^{\circ}37'$  O. Mide 28 km de largo por 7.5 de ancho, con una extensión de 194 km<sup>2</sup> (Holguin-Quiñones *et al.*, 2008). Es la 3era isla más grande de todas las Islas del Golfo de California (Espinosa-Gayosso y Álvarez-Castañeda, 2006; Lawlor *et al.*, 2002). Clima de tipo semidesértico Bw (n') hw (x') (e) (García, 1988), con una precipitación media anual de 200 mm (Lobera-Álvarez, 2007).

**Las Ánimas:** Se encuentra afuera de la ISJ rumbo Noreste, alcanza profundidades de 60 m o más, presenta paredes inclinadas y bloques de roca en la base de dichas paredes. La extensión

del arrecife es de 50m. Presenta además una gran densidad de corales blandos (Arreola-Robles, 1998).

**El Pardito:** Es un pequeño islote cercano a ISJ, es la única isla habitada en la parte media del Golfo, dicha población es de alrededor de 6 o más familias. Los habitantes son los encargados de proteger de la pesca ilegal en los alrededores. Es de poca profundidad y presenta roca y arena en la base de la misma.



**Figura 1.** Mapa de Bahía de La Paz, Baja California Sur. Estaciones de muestreo del presente estudio. **LA** (Las Ánimas), **EP** (El Pardito), **PN** (Punta Norte), **LP** (La Partida), **PB** (PaileBote), **LB** (La Ballena), **EG** (El Gallo), **LG** (La Gallina), **PL** (Punta Lobos), **LD** (La Dispensa), **EC** (El Coyote), **PD** (Punta Diablo), **G** (La Gaviota).

## 6.2 Trabajo de Campo.

Se utilizó un vehículo controlado a distancia (*Remote Operated Vehicle*) modelo VideoRay Pro 4 (Fig. 2), el cual se encuentra bajo resguardo del CIBNOR. Forma parte del Proyecto conjunto “Evaluación de zonas arrecifales mesofóticas (50 a 100 m) del occidente de México, y de su papel como centros de biodiversidad y refugios pesqueros” (CONACYT INFR-2016-01-0269693) a cargo del Dr. Luis Eduardo Calderón Aguilera, donde participan instituciones como: CICESE, CICIMAR, UABCS y el CIBNOR.



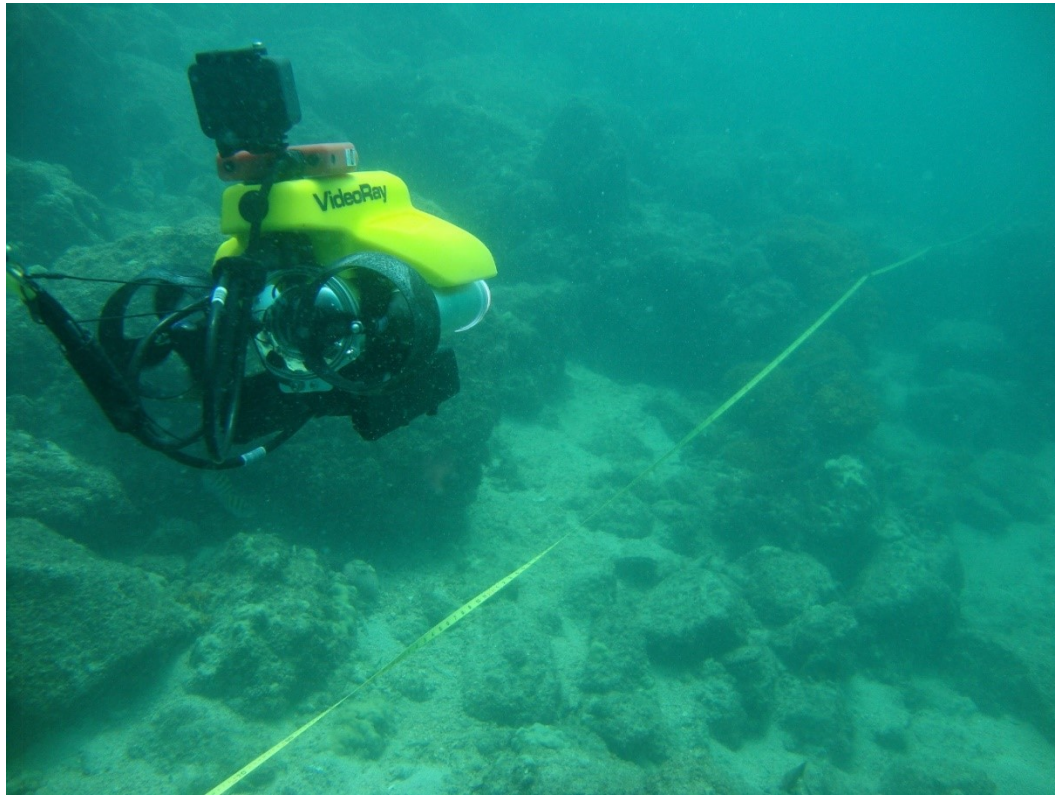
**Figura 2.** ROV (Remote Operated Vehicle) modelo VideoRay Pro 4, utilizado en el presente estudio.

Dicho equipo se encuentra equipado con sensor de profundidad, compás electrónico de navegación, Luces de 3,600 lumens, escala láser de 7 cm (Fig. 44, ANEXOS), cámara de video HD con inclinación de  $\pm 160^\circ$  y 3 motores de propulsión (*thrusters*) (dos horizontales y uno vertical). La comunicación se lleva a cabo mediante un cable umbilical (*tether*) de 150 m, conectado a la interface disponible en la computadora del VideoRay Pro 4, la cual se encuentra conectada a una consola de seguridad, que permite detectar falsos de corriente y evita el uso del equipo de ser necesario, protegiendo así la integridad de la tripulación. Por otra parte, se utilizó el software de video Windows Media Player, para la reproducción de cada grabación que se realizó.

La alimentación eléctrica se realizó con una planta de luz marca Yamaha, modelo SINEPOWER PRO de 2000 watts. También se llevó registro de las horas de uso del generador, utilizado para alimentar el VideoRay, mediante una bitácora de operación, donde se anotó el tiempo aproximado de horas de trabajo, referencia necesaria para el mantenimiento de rutina. Una segunda bitácora se llevó para registrar en que minutos de la grabación se observaron peces, facilitando así su búsqueda en el análisis posterior en tierra. Se utilizó un código consistente en lugar, fecha y minutos aproximados donde fueron grabadas las cintas métricas utilizadas como transecto.

Para el traslado a la zona de censos, se utilizó una embarcación tipo “panga” de 28 pies de eslora, con motor fuera de borda (CORAL), del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Se realizaron los trámites de permisos correspondientes con las autoridades a cargo (CONANP), para la estancia en áreas naturales protegidas si fuese el caso. Una vez en el sitio de trabajo, se procedió al anclaje de la embarcación, iniciando una breve valoración de las condiciones climáticas y oceanográficas de la zona de estudio para establecer la viabilidad-seguridad de bajar el ROV. De ser afirmativa la valoración, se preparó el ROV para su despliegue en la zona. Esto consistió en la preparación del cable umbilical y su manipulación por un marinero o “cabo de vida”; también se calibró la flotabilidad del vehículo (adicionando más barras de plomo si fuera necesario), revisión de la consola para búsqueda de cortos o daños en el cable, revisión de todas las conexiones, encendido del equipo, encendido de la cámara GoPro, revisión de luces, motores, y lance al agua por parte del operador del cable. Al mismo tiempo un buzo fue desplegado en el sitio para colocar cintas de 30 metros y realizar un censo de forma tradicional y con el ROV (Fig. 3).

Los muestreos se realizaron en la temporada cálida. En los meses de julio, agosto y septiembre del año 2017. Los video-censos y censos SCUBA fueron realizados en su mayoría durante las horas de marea muerta.



**Figura 3.** Transecto con el mini ROV usado en el presente estudio.

Una vez evaluada la dirección de la corriente, se tomó la decisión de cómo orientar el vehículo. El uso de “cabo de vida” fue requerido en algunas ocasiones; esto consistió en llevar el ancla de la panga y mantener el rumbo en “avante” mientras un operador liberaba o cobraba el cable umbilical, de acuerdo como fue requerido por el operador del ROV, dicha técnica facilitó el manejo libre del vehículo y minimizaba el cabeceo generado por la embarcación en condiciones de oleaje moderado.

En condiciones de corriente fuerte, el ROV fue enfrentado a través de ésta con el fin de mantener estabilidad y evitar enredos con el cable umbilical. Una vez en el intervalo de profundidad deseado, se realizaron las filmaciones siguiendo el transecto de 30 m. Los estratos fueron de 12, 7 y 4 m de profundidad, o los que permitiera la profundidad del sitio. En trabajos como Arreola-Robles (1998) y Aburto-Oropeza (1999) mencionan que no hay diferencias entre el uso de tiempo para realizar los censos (10 y 20 min), sin embargo aquí se decidió el uso de la cinta para contar con una referencia más objetiva, y posteriormente evaluar la relación longitud-tiempo de

recorrido con el ROV. Esto es relevante ya que a futuro, a profundidades bajo 30 m no habrá manera de instalar una cinta transecto.

La duración de cada video-censo fue de aproximadamente 5 minutos, a una velocidad variable (dependiendo de la topografía y corriente en el fondo), cercana a 2 nudos. Se determinó que el ROV puede cubrir los 30 metros en un promedio de 5 minutos. En cada uno de los puntos de muestreo se realizaron tres réplicas por nivel de profundidad. Se estimó que el ancho de transecto cubierto por el VideoRay fue de 2.0 m (60 m<sup>2</sup> por transecto).

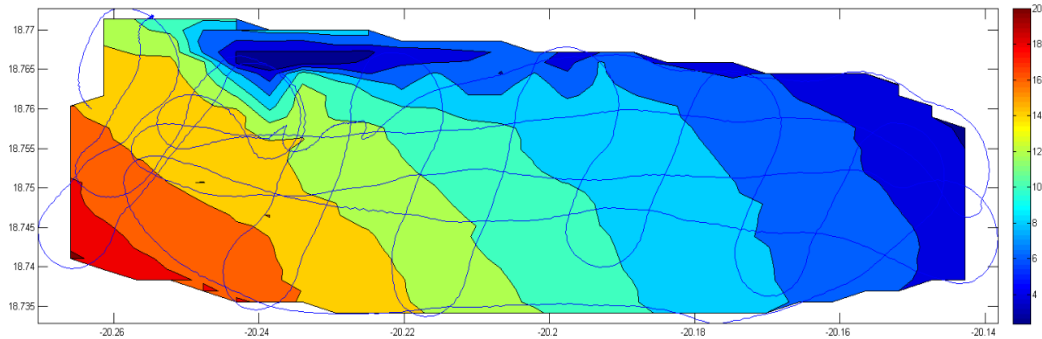
Los censos se llevaron a cabo entre las 10:00 y 16:00 horas, con el fin de tener la mejor iluminación posible. Las horas se mantuvieron lo más similar posible en los diferentes sitios de muestreo. De acuerdo a Pérez España *et al.* (1996), los cambios en la composición de peces ocurren durante el crepúsculo, por lo que no debería apreciarse cambio alguno en las comunidades en el horario seleccionado.

Considerando que las áreas cubiertas por cada método difieren (150 vs 60 m<sup>2</sup>) se realizó un ajuste a los resultados de los conteos en los censos de cada transecto de ROV, el cual consistió en la extrapolación a 150 m<sup>2</sup>. La riqueza específica permaneció como en los datos originales.

Para la identificación de las especies con el VideoRay y buzos se contó con personal calificado y apoyo de literatura y guías especializadas (*e.g.*, Allen y Robertson (1994); Humann y DeLoach (2004); FishBase.com). El conteo se llevó a cabo mediante dos personas que analizaron las grabaciones a detalle, en busca de especies ícticas y anotándolas en una bitácora (siguiendo metodología estándar para realizar censo visual submarino, *e.g.* Código de 3 letras de género y especie; conteos rápidos de grupos de peces móviles y rectificación de dichos conteos para bancos grandes). Los datos fueron capturados y analizados desde una base de datos en una hoja de cálculo (Excel). Dicha base también fue analizada usando STATISTICA, PRIMER y PAST, para realizar las comparaciones correspondientes. Finalmente, el arreglo sistemático y la lista de especies se llevó a cabo con lo establecido por (Nelson, 2006).

Para generar una representación de la batimetría de cada zona, se utilizó un sonar marca Tritech Micron DST, conectado a un GPS (MB-100), facilitado por el laboratorio de electrónica del

CIBNOR. Dicha configuración permite recabar datos de profundidad y referencia espacial, cada minuto. Una vez recuperados los datos del equipo de posicionamiento, se procedió a graficar mediante un script en MATLAB, también proporcionado por el Laboratorio de Electrónica (grupo de ingeniería) (Fig. 4). Para la toma de puntos espaciales georeferenciados, se utilizó un GPS, marca MAGELLAN Modelo Meridian (color).



**Figura 4.** Batimetría de la zona de Punta Diablo, Bahía de La Paz, Baja California Sur.

### 6.3 Análisis Ecológicos.

A partir de la base de datos en la hoja de cálculo se calcularon estimadores ecológicos básicos como la Riqueza específica (S), Diversidad ( $H'$ ), Abundancia (N), y Uniformidad ( $J'$ ).

La Riqueza se calculó como el número total de especies tanto en cada estrato de profundidad (con 3 réplicas) por sitio como por cada sitio (estaciones de estudio).

La Abundancia se calculó como el número total de individuos (N) de cada estrato y réplica, en la misma forma que fue realizado con la riqueza.

El índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) se estimó mediante la expresión matemática:

$$H' = \sum p_i \log p_i \quad (1)$$

Dónde:  $H'$  = Índice de Shannon-Wiener,  $p_i$  = probabilidad de aparición de individuos "i" en la muestra. El logaritmo es de base 10.

El índice de Equidad de Pielou ( $J'$ ) se calculó mediante la expresión:



$$J' = H' / \ln(S) \quad (2)$$

Dónde:  $J'$  = Índice de equidad;  $H'$  = Índice de Shannon-Wiener;  $\ln S$  = valor máximo de  $H'$ .

El índice de Distinción Taxonómica (TAXDTEST,  $\Delta+$ ), considera la presencia-ausencia de las especies, a través de la distancia taxonómica de pares de especies, en un árbol de clasificación Linneana. Dicho valor taxonómico es discreto y proporcional ya que se asigna a una escala de 100 unidades. Un valor  $\omega_{ij} = 20$  si es la misma especie,  $40 =$  especie distinta pero del mismo género,  $60 =$  mismo orden, diferente familia, y  $100 =$  misma clase, diferente orden. (Clarke y Warwick, 2001).

$$\Delta+ = 2 \sum \sum_{i \neq j} \omega_{ij} / S(S - 1) \quad (3)$$

Dónde:  $\Delta+$  = Índice de distintividad taxonómica;  $S$  = número de especies en la muestra.

También se realizaron análisis de ordenamiento como los de agrupamiento (Clúster; UPGMA), escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), Similitud de porcentaje (SIMPER), Análisis de Similitud (ANOSIM) y Curvas de Acumulación de Especies.

Se realizó una curva de acumulación de especies, con objeto de comprobar el esfuerzo de captura, y si fue el adecuado a los propósitos del proyecto en curso. Para la elaboración de dichas curvas, se usó el programa PRIMER 6, utilizando los estimadores Chao 2, Jackknife 1, y Bootstrap.

Todos los descriptores ecológicos, fueron comparados y sometidos a pruebas a priori de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homosedasticidad (Levene) correspondientes (Zar, 1996), previo a los análisis, con el propósito de determinar las herramientas necesarias para los análisis (paramétricas o no paramétricas). La probabilidad de error utilizada para contrastes de hipótesis, fue de 0.05 en todos los casos, a menos que se indique lo contrario.

Los datos fueron sometidos a un pre-tratamiento como normalización, muestras acumuladas, dispersión etc., y dado que no se logró apreciar una mejora, se procedió a realizar análisis con los datos originales mediante el programa PRIMER v6 (Clarke y Gorley, 2006).

Se realizaron comparaciones de los índices ecológicos, mediante pruebas ANOVA (una vía) con el programa Statistica 7. Cuando los datos no presentaron homogeneidad en las varianzas, se realizó un análisis Kruskal-Wallis para el mismo propósito. Dicho análisis fue ejecutado con la rutina que incluye el programa PAST.

## 7. RESULTADOS

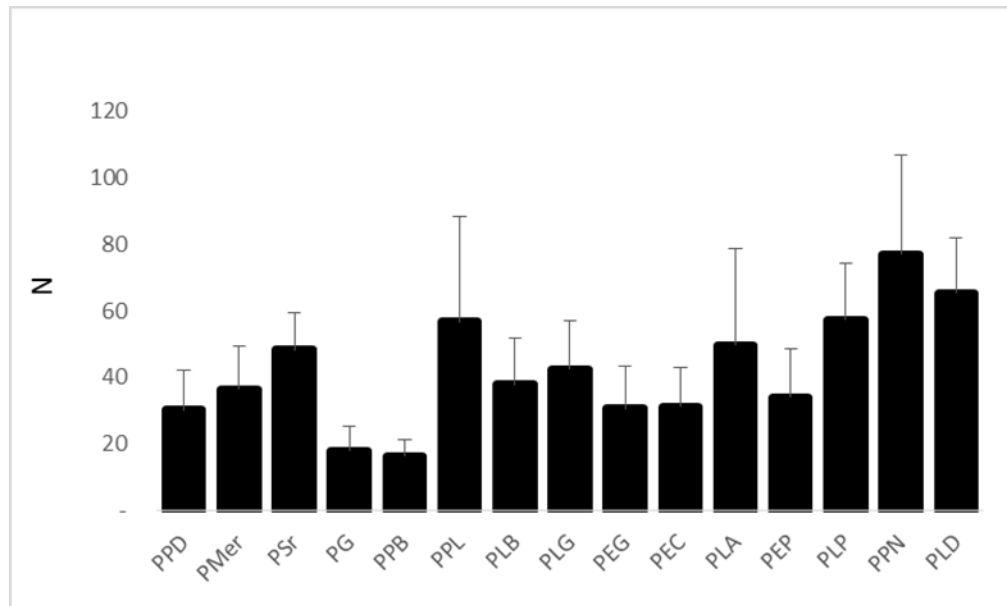
La comunidad de peces asociados a los arrecifes visitados durante el estudio en Bahía de La Paz (principalmente de Isla San José e Isla Espíritu Santo), se encuentra integrada por 67 especies, 58 géneros, 32 Familias, 10 órdenes, y 2 Clases. El número total de especies registradas en este trabajo representan el 20% de las 333 asociadas a comunidades arrecifales en el Golfo de California.

En términos de abundancia se registraron 711 ( $\bar{x}=47.43$ ) organismos con el método de censo SCUBA y 1450 ( $\bar{x}= 96.70$ ) utilizando video-censos ROV. El tiempo total efectivo de grabación fueron 600 minutos, esto es, el tiempo total donde fueron video-grabados los transectos con sus respectivas réplicas en cada estación durante todo el tiempo que duró el muestreo. De forma similar se determinó que el tiempo promedio que recorre el mini ROV una cinta de 30 metros es de 4.5 minutos. El resumen del número promedio de especies y abundancia promedio por transecto que caracterizan los sitios de muestreo se muestran en la tabla I.

**Tabla I.** Riqueza promedio (S) y abundancia promedio (N) de peces por transecto por sitio de muestreo estimada considerando ambos métodos en conjunto. Error estándar entre paréntesis. En negritas valores máximos y mínimos.

Estación	S	N
Punta Diablo (PD)	<b>3.96 (0.48)</b>	60.89 (13.10)
El Merito (MER)	<b>4.17 (0.31)</b>	70.75 (26.23)
San Rafaelito (SR)	6.75 (1.03)	72.63 (30.96)
Isla Gaviota (G)	4.61 (0.53)	<b>24.94 (2.76)</b>
PaileBote (PB)	4.78 (0.42)	<b>32.33 (6.14)</b>
Punta Lobos PL	<b>9.39 (0.99)</b>	79.19 (15.02)
Isla La Ballena (LB)	6.33 (0.58)	65.00 (13.30)
La Gallina (LG)	4.50 (0.49)	72.56 (13.32)
El Gallo EG	5.24 (0.52)	44.15 (4.63)
El Coyote (EC)	5.11 (0.48)	49.75 (8.85)
Las Ánimas (LA)	4.17 (0.51)	80.08 (22.32)
El Pardito (EP)	5.94 (0.67)	61.53 (11.10)
La Partida (LP)	6.06 (0.53)	100.72 (15.31)
Punta Norte (PN)	6.71 (0.59)	<b>122.21 (17.39)</b>
La Dispensa (LD)	<b>7.28 (0.40)</b>	<b>109.31 (11.62)</b>
<b>Promedio global</b>	<b>5.67</b>	<b>69.74</b>

La estación que presentó la mayor riqueza promedio por transecto (S) fue Punta Lobos (9.39) seguido por La Dispensa (7.28), y fue menor en Punta Diablo (3.96) seguido por Merito (4.17). En cuanto abundancia promedio por transecto (N), las estaciones con mayor número de individuos fueron Punta Norte (122.21) y La Dispensa (109.31), mientras que las estaciones con menor abundancia fueron Gaviota (24.94) y PaileBote (32.33) (Tabla I; Fig. 5).



**Figura 5.** Numero promedio de especies por sitio del presente estudio (P = promedio). Promedio Punta Diablo = PPD, barras con error estándar.

Sin embargo, los valores promedios de riqueza y abundancia por sitio difieren dependiendo del método de censo visual utilizado (Tabla II). En los censos con buzo la riqueza promedio fue mayor en Punta Lobos (12.33) y Punta Norte (8.67) mientras que en los censos con Rov la riqueza promedio fue registrada en La Dispensa (6.78) y San Rafaelito (8.00). Lo mismo ocurrió con los valores mínimos, que se registraron en el Merito y PaileBote (4.33 en ambos sitios), mientras que con el Rov los sitios con menor número de especies fueron Punta Diablo y Las Animas (3.00 en ambos casos). En cuanto a los sitios con mayor abundancia promedio por transecto mediante censos visuales fueron Punta Norte y Punta Lobos (102.78 y 83.11, respectivamente), y los menores PaileBote y Gaviota (11.33 y 27.11). Mediante censos con Rov, la mayor abundancia promedio por transecto fueron La Dispensa y San Rafaelito (146.94 y

162.5) mientras que los valores más bajos ocurrieron en Gaviota y El Gallo (22.77 y 41.56 respectivamente) (Tabla II).

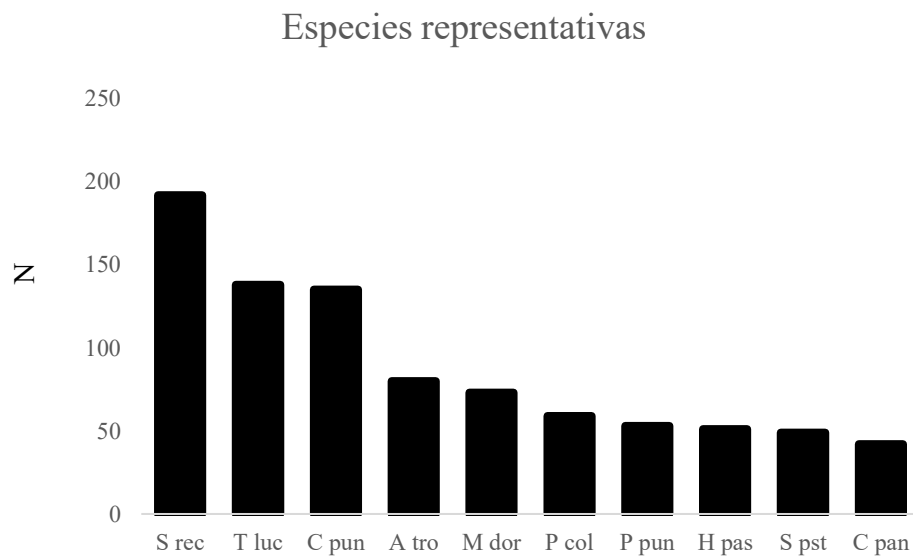
**Tabla II.** Riqueza promedio (S) y abundancia promedio (N) de peces por transecto por sitio de muestreo estimada considerando cada método (censo visual mediante buzo y video Rov) por separado. Error estándar entre paréntesis. En negritas valores máximos y mínimos.

<b>Estación</b>	<b>S buzo</b>	<b>S Rov</b>	<b>N buzo</b>	<b>N Rov</b>
PD	4.58 (0.67)	<b>3.00</b> (0.60)	29.93 (3.88)	99.58 (21.86)
MER	<b>4.33</b> (0.33)	4.00 (0.58)	27.33 (10.17)	114.17 (38.09)
SR	6.33 (1.33)	<b>8.00</b> (0.00)	42.67 (11.05)	<b>162.50</b> (0.00)
G	5.67 (0.75)	3.56 (0.60)	<b>27.11</b> ( <b>3.86</b> )	<b>22.78</b> (4.03)
PB	<b>4.33</b> (0.37)	5.22 (0.76)	<b>11.33</b> ( <b>1.59</b> )	53.33 (6.88)
PL	<b>12.33</b> (1.25)	6.44 (0.65)	<b>83.11</b> ( <b>21.34</b> )	75.28 (22.34)
LB	7.33 (0.44)	5.33 (0.99)	39.44 (6.97)	90.56 (23.34)
LG	5.89 (0.61)	3.11 (0.42)	44.56 (8.62)	100.56 (22.00)
EG	6.67 (0.60)	3.63 (0.43)	46.44 (6.36)	<b>41.56</b> ( <b>7.07</b> )
EC	5.89 (0.61)	4.33 (0.67)	38.11 (6.89)	61.39 (15.87)
LA	5.33 (0.53)	<b>3.00</b> (0.71)	58.78 (17.36)	101.39 (41.25)
EP	5.44 (0.82)	6.44 (1.09)	31.67 (10.99)	91.39 (13.42)
LP	7.11 (0.56)	5.00 (0.76)	56.44 (12.18)	145.00 (18.92)
PN	<b>8.67</b> ( <b>0.47</b> )	4.50 (0.44)	<b>102.78</b> (16.99)	144.06 (30.63)
LD	7.78 (0.60)	<b>6.78</b> ( <b>0.52</b> )	71.67 (11.79)	<b>146.94</b> ( <b>16.32</b> )
<b>Promedio</b>	<b>6.51</b>	<b>4.82</b>	<b>47.43</b>	<b>96.70</b>

Las familias con mayor número de especies en este estudio fueron Pomacentridae (4 especies), y Serranidae (3). Con los diferentes métodos utilizados fueron las mismas familias pero con ligeras diferencias en el número de especies observadas; con censos visuales con buzo: Pomacentridae (3) y Serranidae (3), mientras que con video-censos usando ROV las familias más representativas fueron: Pomacentridae (4) y Serranidae (2).

En cuanto a la composición específica, las especies mejor representadas en los sitios muestreados fueron *Stegastes rectifraenum* (192), *Thalassoma lucassanum* (138), *Canthigaster punctatissima* (135), *Abudefduf troschelii* (80), y *Microspathodon dorsalis* (73). El resto de las especies presentan abundancias menores al 5% del total (Fig. 6). Al realizar la comparación

entre métodos, se registró tiene que mediante censos visuales con buzo las especies más representadas fueron *C. punctatissima* (99), *S. rectifraenum* (95), *T. lucassanum* (67), *A. troschellii* (41), y *M. dorsalis* (35), mientras que utilizando videos del Rov las mejor representadas fueron *S. rectifraenum* (97), *T. lucassanum* (71), *A. troschellii* (39), *M. dorsalis* (38), y *C. punctatissima* (36), esto es las mismas especies pero en diferente orden de representatividad. Al hacer el recuento de presencia-ausencia de especies, el método humano registró el 80% (54) de las especies, mientras que el método de Rov solo el 64% (43).

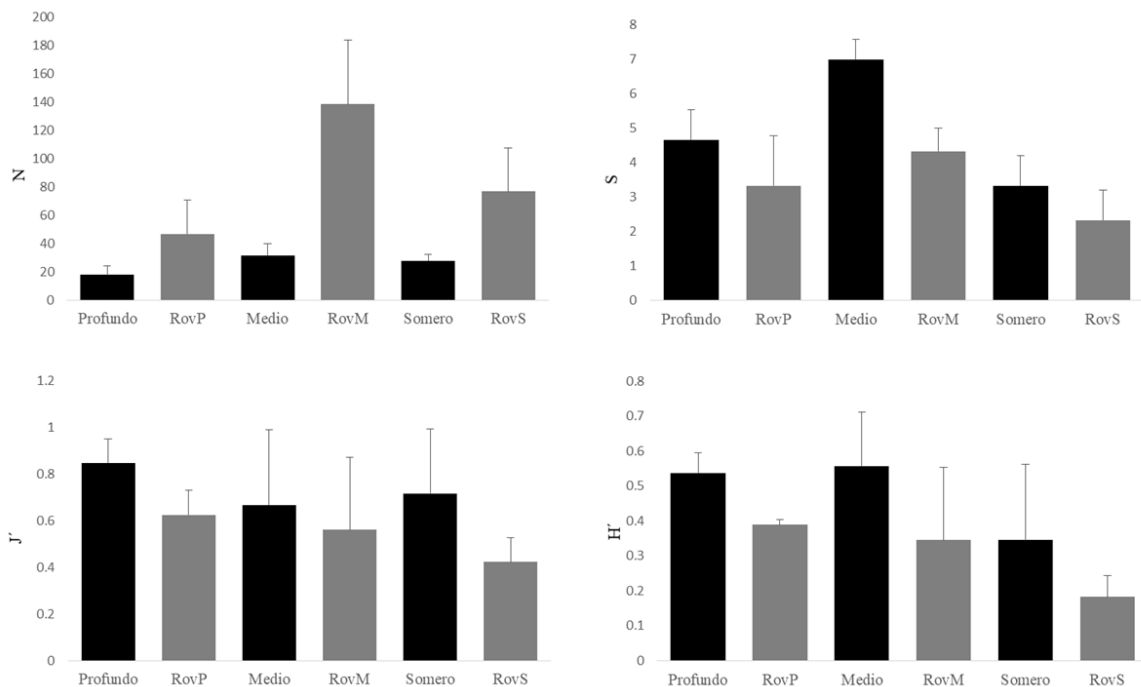


**Figura 6.** Las diez especies mas representativas en los sitios del presente estudio. Nombre de la especies: *Stegastes rectifraenum* (Srec), *Thalassoma lucassanum* (Tluc), *Canthigaster punctatissima* (Cpun), *Abudefduf troschellii* (Atro), *Microspathodon dorsalis* (M dor), *Parantias colonus* (Pcol), *Prionurus punctatus* (Ppun), *Holacanthus passer* (H pas), *Serranus psittacinus* (S pst), *Cephalopholis panamensis* (C pan).

### 7.3 Índices ecológicos por sitio.

**Punta Diablo.** En cuanto a la abundancia promedio por transecto tenemos que con el método de ROV fue en el estrato medio de 8 metros (26ft) donde se presentó el valor más alto (138.3), mientras que mediante censo visual con buzos en la parte profunda, se registró el valor más bajo (17.6). Estadísticamente, si hay diferencias significativas entre ambos métodos por estratos de profundidad ( $H_{1,17} = 4.30$ ,  $p = 0.037$ ) (Fig. 7).

La riqueza fue mayor en el estrato medio censado con video Rov (7) y el valor más bajo se registró en el estrato somero también censado con Rov (2.33). No hay diferencias significativas entre los estratos ni entre métodos ( $F_{1,17} = 3.44$ ,  $p = 0.081$ ) (Fig.7).

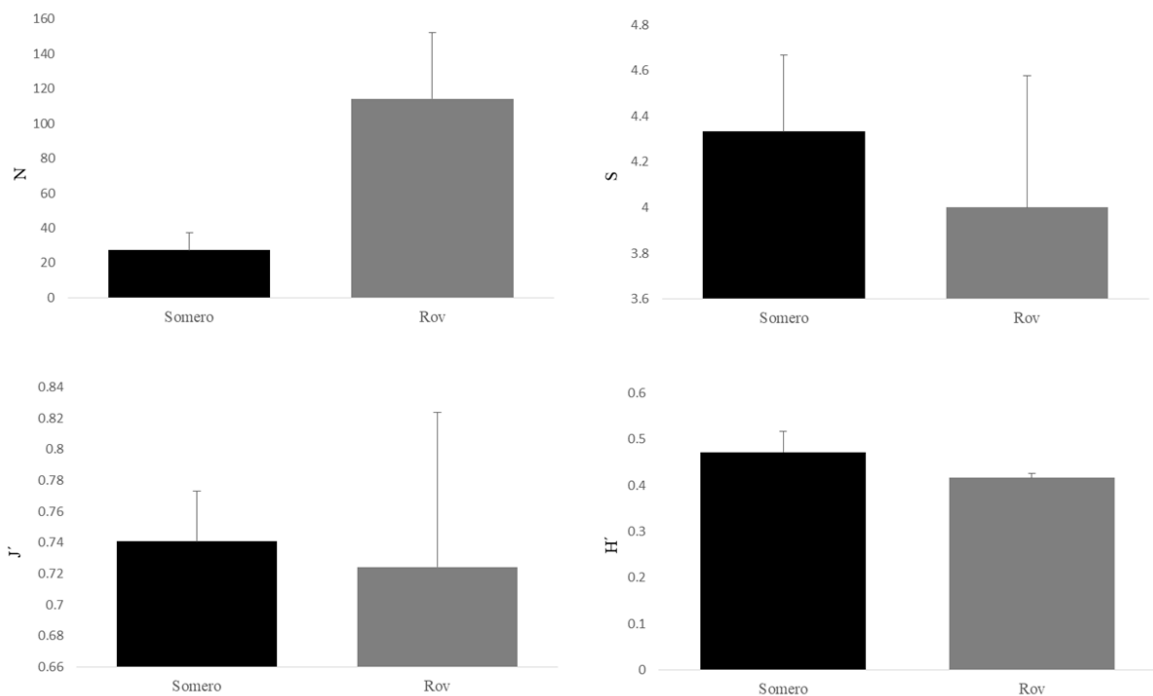


**Figura 7.** Punta Diablo. Comparación de la abundancia (N), riqueza (S), Equitatividad (J') y diversidad de Shannon (H') por estrato de profundidad por método utilizado (buzo vs ROV).

En cuanto a equitatividad y diversidad, los valores más altos se dieron en los estratos profundo y medio censado por buzo ( $J' = 0.8468$  y  $0.5572$  respectivamente) mientras que los valores menores se registraron en los estratos somero con Rov (RovSom) ( $J' = 0.4231$ ) y somero Rov

( $H' = 0.1823$ ) (Fig. 7). Las diferencias entre los estratos y métodos son estadísticamente nulas ( $F_{1,17} = 2.22, p = 0.154$ ) y ( $F_{1,17} = 3.42, p = 0.082$ ) (Fig. 7).

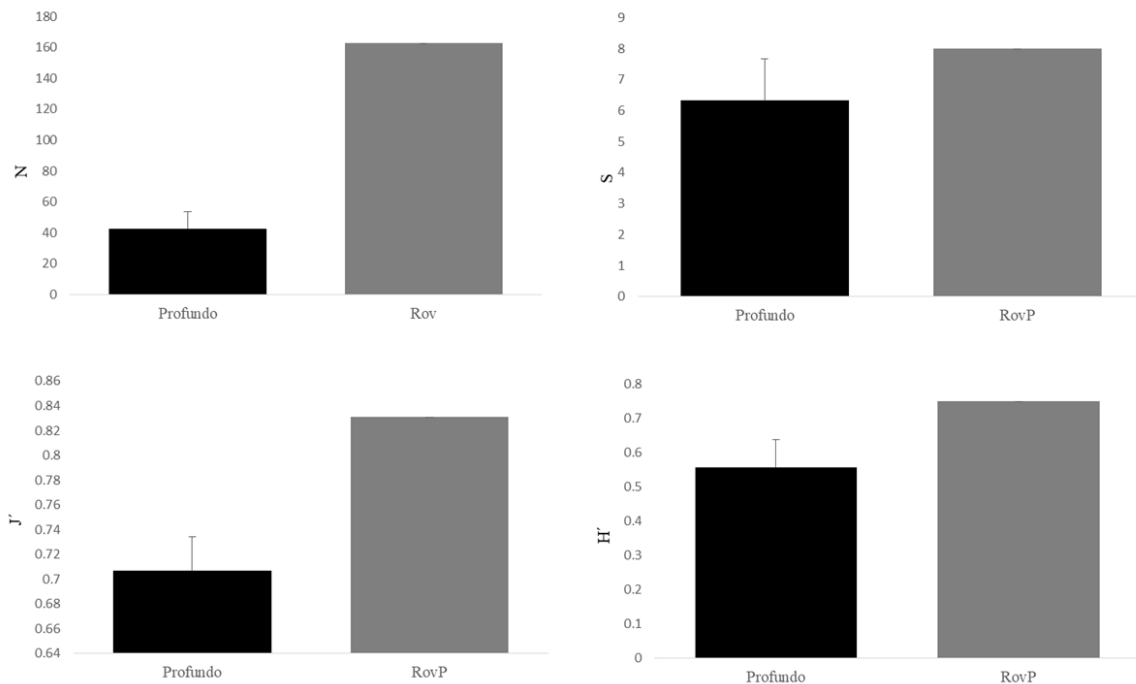
**El Merito.** La abundancia más alta se observó en el estrato con Rov (114.16), mientras que el menor valor se registró en el estrato somero censado con buzos (27.33). No hay diferencias significativas entre métodos y estratos ( $F_{1,5} = 4.85, p = 0.092$ ) (Fig. 8). La riqueza específica promedio fue mayor utilizando censos con buzos que con Rov (4.3 vs 4.0) en el estrato somero, único censado debido a la baja profundidad del sitio. Sin embargo, no existen diferencias significativas entre estratos y métodos ( $F_{1,5} = 0.25, p = 0.643$ ) (Fig. 8). Para los índices de equitatividad y diversidad, los valores fueron mayores cuando se estimaron con datos del censo con buzo ( $J' = 0.740; H' = 0.471$ ) y los más bajos con Rov ( $J' = 0.7240; H' = 0.416$ ) (Fig. 8). Entre métodos sin embargo, no hay diferencias estadísticas significativas ( $J', F_{1,5} = 0.024, p = 0.88; H': H_{1,5} = 1.19, p = 0.275$ ).



**Figura 8.** El Merito. Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV).



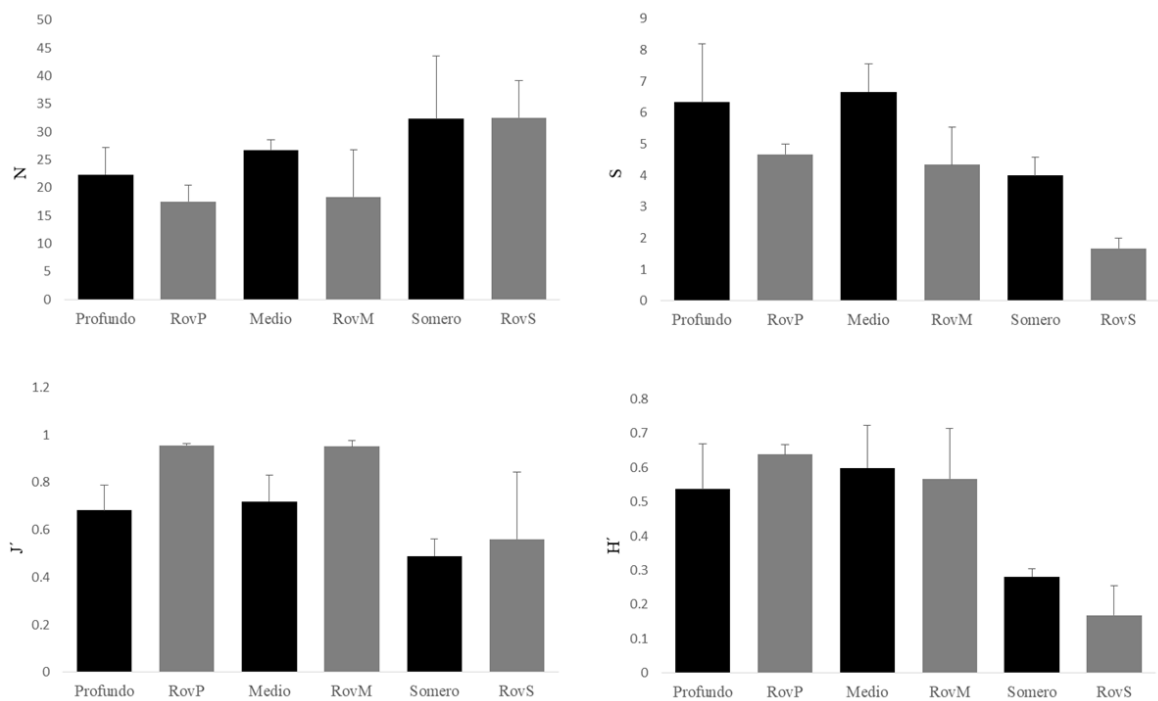
**San Rafaelito.** En el único estrato de profundidad censado (estrato profundo), se registraron valores de abundancia mayores con Rov (162.5) y los menores con censos de buzo (42.66) (Fig. 9) no se presenta error estándar, dado que el censo con Rov, solo contó con una réplica. No hay diferencias significativas entre los dos métodos de colecta ( $H_{1,3} = 0.428$ ,  $p = 0.50$ ). Lo mismo se registró respecto a la riqueza, valores más altos con Rov (8) y más bajo censado con buzos (6.33). Sin embargo, no hay diferencias significativas entre los métodos ( $F_{1,3} = 1.51$ ,  $p = 0.286$ ). Lo mismo ocurre con los índices de equitatividad y diversidad, valores más altos con Rov ( $J' = 0.830$ ;  $H' = 0.750$ ), y menores estimados con datos de buzos ( $J' = 0.706$ ;  $H' = 0.557$ ) (Fig. 9). De forma similar a la anterior, no existen diferencias significativas entre ambos métodos de muestreo, ( $H_{1,3} = 0.428$ ,  $p = 0.506$ ) ( $F_{1,3} = 1.37$ ,  $p = 0.306$ ).



**Figura 9.** Islote San Rafaelito. Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV).

**Isla Gaviota.** En el estrato somero la abundancia fue mayor censada con Rov que censada por buzos (32.5 y 32.33), sin embargo, no se observan diferencias significativas entre los estratos y métodos de esta localidad ( $F_{1,17} = 0.603$ ,  $p = 0.448$ ). La riqueza fue mayor en el estrato medio, censado por buzos (6.66), mientras que el valor más bajo se registró en el estrato somero censado

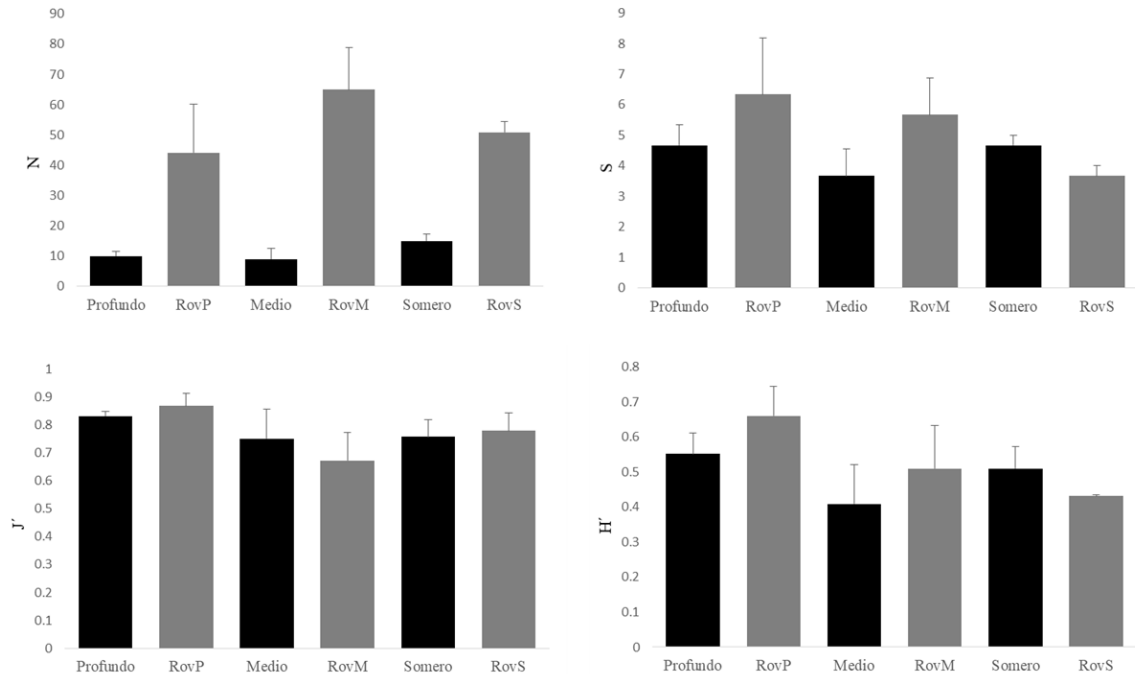
con ROV (1.66). En este índice si se observan diferencias significativas entre estratos y métodos ( $F_{1,17} = 4.486$ ,  $p = 0.042$ ), (Tukey  $Q = 3.11$ ,  $p = 0.042$ ). La equitatividad y diversidad presentan valores máximos en los estratos profundo con Rov ( $J' = 0.956$ ;  $H' = 0.637$ ), mientras que los valores más bajos ocurren en los estratos someros con ambos métodos, buzos y Rov ( $J' = 0.489$ ;  $H' = 0.168$ ). Sin embargo, no hay diferencias significativas para ambos índices ni entre estratos de profundidad ni entre métodos ( $F_{1,17} = 2.51$ ,  $p = 0.132$ ;  $F_{1,17} = 0.015$ ,  $p = 0.902$ ) (Fig. 10).



**Figura 10.** Isla Gaviota. Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (buzos vs ROV).

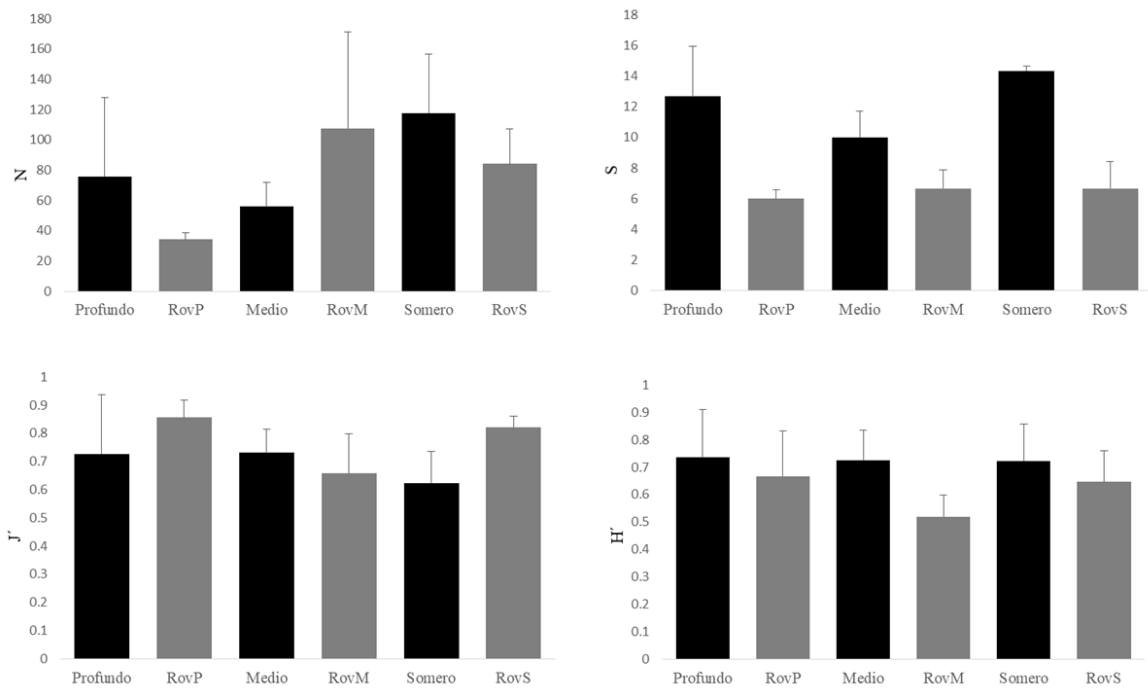
**Pailebote.** La riqueza y abundancias promedios alcanzaron valores máximos en los estratos profundo (6.3) y medio (65) censados con Rov, y los más bajos fueron observados en el estrato medio censado por buzos para ambos estimadores (3.36 y 9 respectivamente). Estadísticamente, sin embargo, hay diferencias significativas entre métodos y estratos, para la abundancia ( $H_{1,17} = 10.96$ ,  $p = 0.009$ ) (Dunn = 0.009) más no para la riqueza ( $F_{1,17} = 1.103$ ,  $p = 0.309$ ). En los índices de equidad y diversidad, los valores máximos y mínimos ocurren en los estratos profundo y medio censados con ROV ( $J' = 0.869$  y  $H' = 0.673$ ) para el primer estimador, mientras que para la diversidad fue en el estrato profundo (Rov) y medio (buzos) (0.6599 y 0.40

respectivamente). No se encontraron diferencias significativas para el índice  $J'$  ( $F_{1, 17} = 0.013$ ,  $p = 0.909$ ), ni para el estimador  $H'$  ( $F_{1, 17} = 0.370$ ,  $p = 0.551$ ) (Fig. 11).



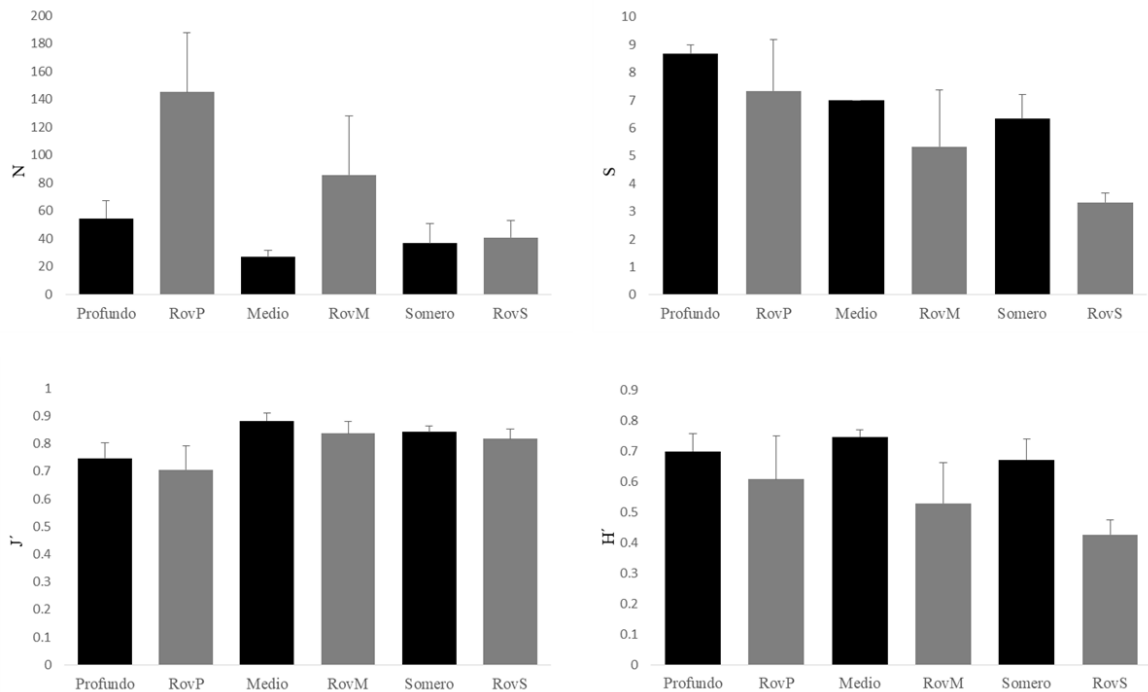
**Figura 11.** Pailebote. Gráfico comparativo de N, S,  $J'$ ,  $H'$  (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV).

**Punta Lobos.** La abundancia en el estrato medio censado con ROV fue mayor (65), mientras que el valor más bajo se registró en el estrato medio censado con buzos (9). La riqueza registrada fue mayor en el estrato profundo censado con ROV (6.33), y el valor inferior fue recabado en el estrato medio en censos visuales con buzos (3.66), aunque cabe señalar que el estrato somero obtuvo un valor promedio similar al nivel anterior (3.66) pero el error estándar es menor usando el método de ROV (Fig. 12). Existen diferencias significativas en cuanto a la abundancia ( $H_{1, 17} = 10.96$ ,  $p = 0.0009$ ) pero no en cuanto a riqueza ( $F_{1, 17} = 1.103$ ,  $p = 0.309$ ). La equidad y diversidad tuvieron valores más alto en el estrato profundo con Rov ( $J' = 0.869$ ;  $H' = 0.659$ ), y valores inferiores en los estratos medios con ambos métodos ( $J' = 0.673$ , Rov;  $H' = 0.408$ , buzos). Sin embargo, no hay diferencias significativas en ninguno de los estratos y métodos, ( $F_{1, 17} = 0.013$ ,  $p = 0.909$ ) y ( $F_{1, 17} = 0.370$ ,  $p = 0.551$ ).



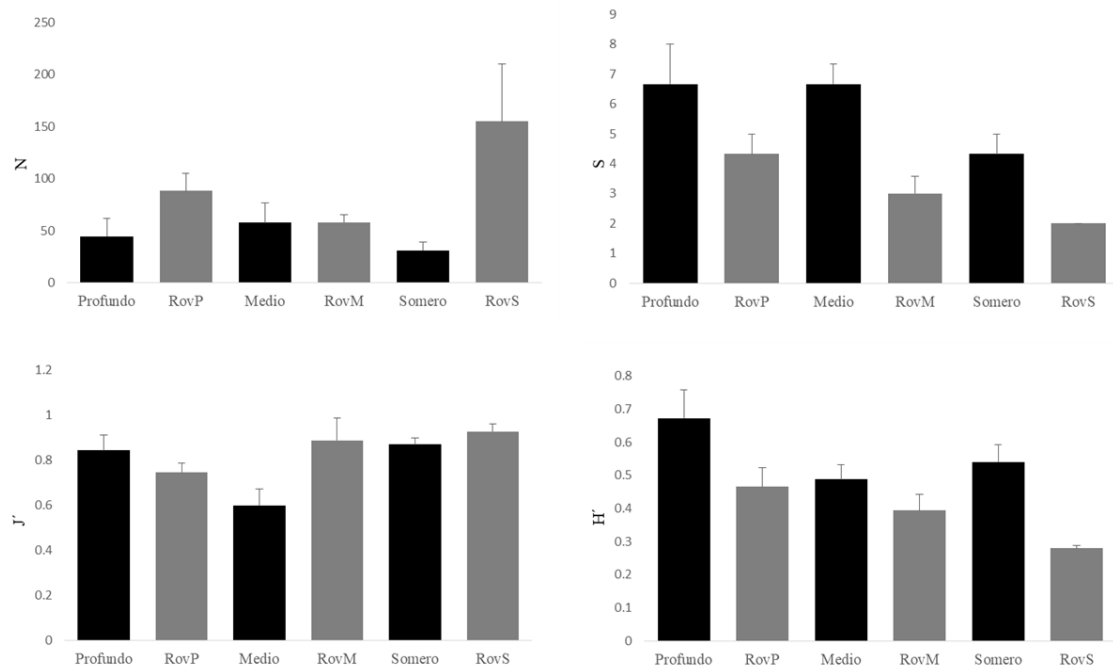
**Figura 12.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de Punta Lobos. B.C.S. México.

**La Ballena.** Los valores más altos de abundancia y riqueza se registraron en los estratos profundos de ambos métodos ( $N = 145$  (Rov),  $S = 8.66$  (Hum)), los valores más bajos se encontraron en los estratos medio ( $N = 27$ ) (Hum) y somero ( $S = 3.33$ ) (Rov). No existen diferencias en ambos casos, entre métodos y estratos ( $H_{1,17} = 2.123$ ,  $p = 0.145$ ) y ( $F_{1,17} = 3.429$ ,  $p = 0.082$ ). Respecto a los índices de equitatividad y diversidad, se observan los valores máximos y mínimos en los estratos medio con buzos ( $J' = 0.88$ ) y el estrato profundo con Rov ( $J' = 0.70$ ) así como los estratos medio con buzos ( $H' = 0.745$ ) y para el estrato somero con Rov ( $H' = 0.425$ ), no se aprecian diferencias en el primer caso ( $J' = F_{1,17} = 0.645$ ,  $p = 0.433$ ) por otro lado, en el caso de la diversidad si existen tales diferencias ( $H' = F_{1,17} = 7.01$ ,  $p = 0.017$ ) ( $Q = 3.744$ ) (Fig. 13).



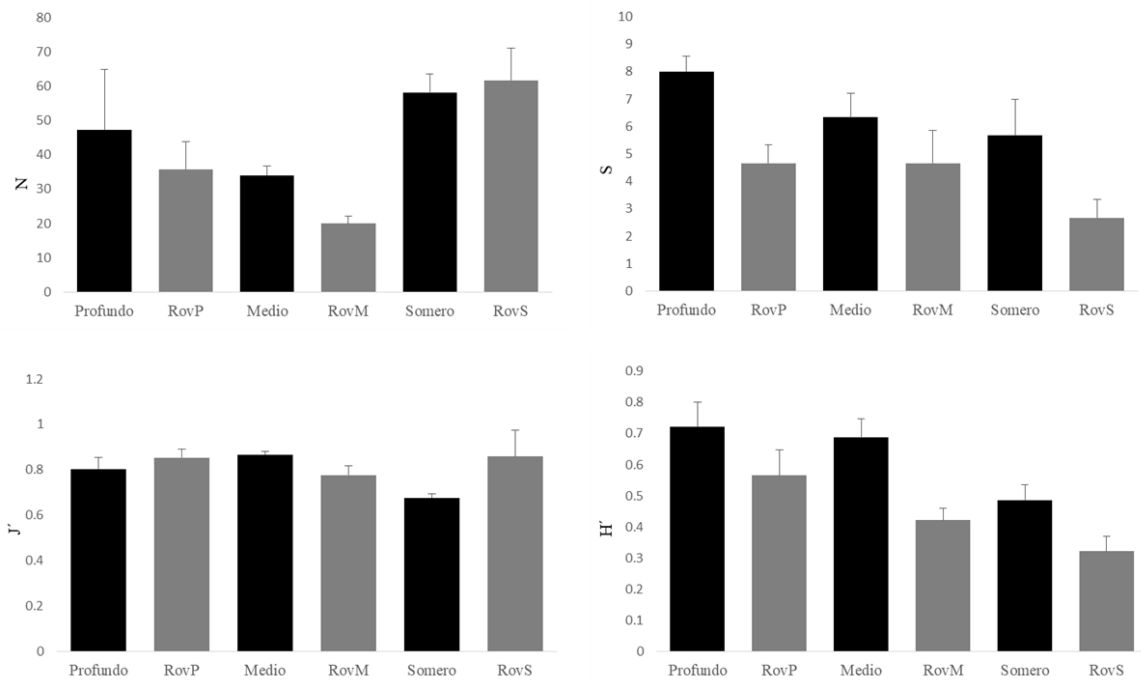
**Figura 13.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de La Ballena. B.C.S. México.

**La Gallina.** En esta estación se observaron los valores más altos en el estrato somero censado con ROV ( $N = 155$ ), y los estratos profundo y medio censados con buzos, obtuvieron valores similares ( $S = 6.66$ ) sin embargo, el estrato medio es el que mantiene el error estándar más pequeño. Los valores más bajos se encuentran en las partes someras censadas con buzos y ROV respectivamente ( $N = 31.33$ ) ( $S = 2$ ). Las pruebas estadísticas indican que hay diferencias en ambos casos entre métodos y profundidades ( $F_{1,17} = 5.617$ ,  $p = 0.030$ ,  $Q = 3.352$ ) y ( $F_{1,17} = 13.97$ ,  $p = 0.001$ ). En cuanto los índices de equitatividad y homogeneidad, se observa que los estratos somero (Rov) y profundo (Hum) son los que obtienen los valores más altos ( $J' = 0.927$ ) y ( $H' = 0.672$ ), mientras que los estratos medio (Hum) y somero (Rov) presentaron los números más bajos ( $J' = 0.600$  y  $H' = 0.279$ ) respectivamente. No existen diferencias entre métodos y profundidades para el primer índice ( $J'$ ) ( $F_{1,17} = 1.515$ ,  $p = 0.236$ ), pero para el segundo caso ( $H'$ ), si existen diferencias significativas ( $F_{1,17} = 11.83$ ,  $p = 0.003$ ).



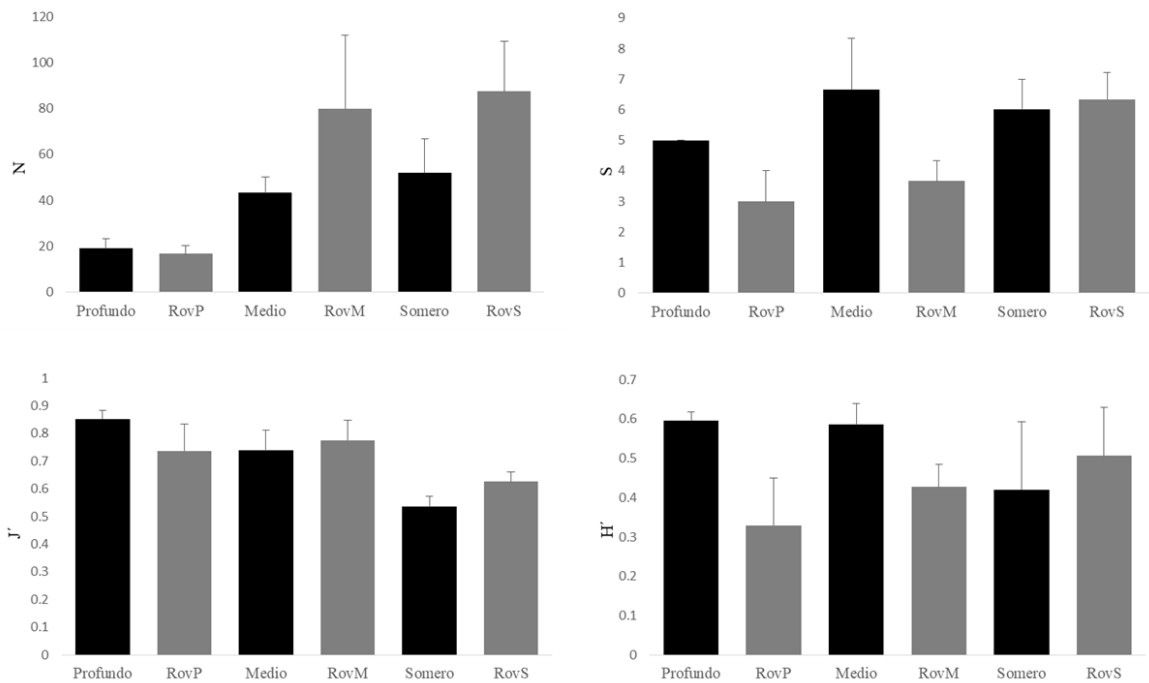
**Figura 14.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de La Gallina. B.C.S. México.

**El Gallo.** Los valores máximos y mínimos de abundancia se registraron en el estrato censado con ROV en la parte somera y media ( $N= 61.66$  y  $20$ ). Para la riqueza, se observa que la parte profunda (Hum) alcanzó el máximo valor de ( $S= 8$ ), mientras que la parte somera (Rov) obtuvo el valor más bajo ( $S= 2.6$ ). Respecto al índice de equitatividad, se observan valores altos y bajos en los estratos censados con buzos, medio y somero ( $J'= 0.866$ ) y ( $J'= 0.677$ ). Finalmente en la parte de la diversidad, el valor más alto se encuentra en la parte profunda con datos obtenidos por buzos ( $H'= 0.722$ ) mientras que el valor inferior, se obtuvo en la porción correspondiente a la parte somera censada con Rov ( $H'= 0.321$ ). En relación con la parte estadística, se observa que no existen diferencias para la abundancia entre métodos y estratos ( $F_{1,17} = 0.854$ ,  $p = 0.368$ ), sin embargo para la parte de la riqueza si se observan dichas diferencias significativas ( $F_{1,17} = 17.24$ ,  $p = 0.00075$   $Q = 5.872$ ), por otra parte, el índice de Pielou ( $F_{1,17} = 0.135$ ,  $p = 0.717$ ) no se observan diferencias entre estratos y métodos, mientras que el índice de Shannon-Weaver ( $F_{1,17} = 9.242$ ,  $p = 0.007$ ,  $Q = 4.299$ ) si presentó dichas diferencias (Fig. 15).



**Figura 15.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de El Gallo. B.C.S. México.

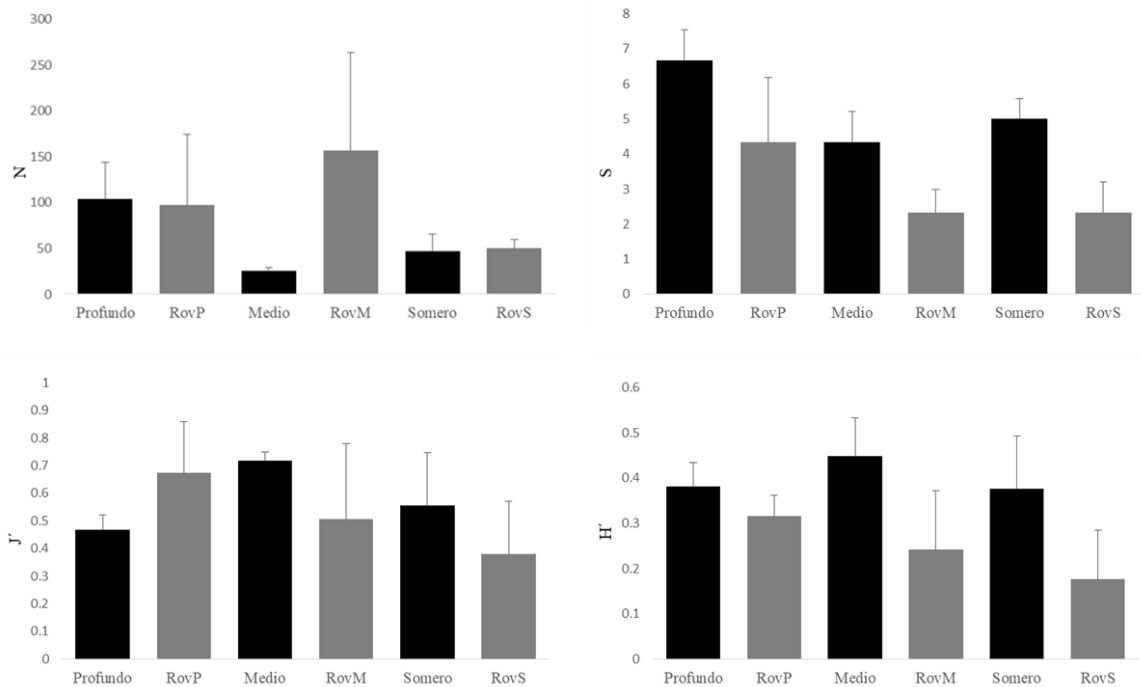
**El Coyote.** En esta localidad fueron registrados valores de abundancia máximos y mínimos de ( $N = 87.5$  y  $16.66$ ) en los estratos somero y profundo censados con Rov. Para la parte de la riqueza registrada en esta localidad, se registraron valores de ( $S = 6.66$ ) como máximo en el estrato censado con buzos, y ( $S = 3$ ) como mínimo en la parte profunda, censada con Rov. Respecto a los índices de equitatividad y diversidad, se observan valores de  $J' = 0.852$  y  $H' = 0.596$  máximos, para el estrato profundo censado con el método Humano. Los valores mínimos ( $J' = 0.534$  y  $H' = 0.329$ ) fueron recabados en el estrato somero (Hum) y el estrato profundo (Rov) respectivamente. De acuerdo a las pruebas estadísticas correspondientes, en la parte de los índices de abundancia y riqueza, no se observan diferencias entre métodos y estratos de recolecta ( $H_{1, 17} = 0.563$ ,  $p = 0.452$ ) y ( $F_{1, 17} = 2.958$ ,  $p = 0.104$ ), tampoco se observan diferencias en los índices de equitatividad y diversidad ( $F_{1, 17} = 0.002$ ,  $p = 0.957$ ) y ( $F_{1, 17} = 1.822$ ,  $p = 0.195$ ) (Fig. 16).



**Figura 16.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de El Coyote. B.C.S. México.

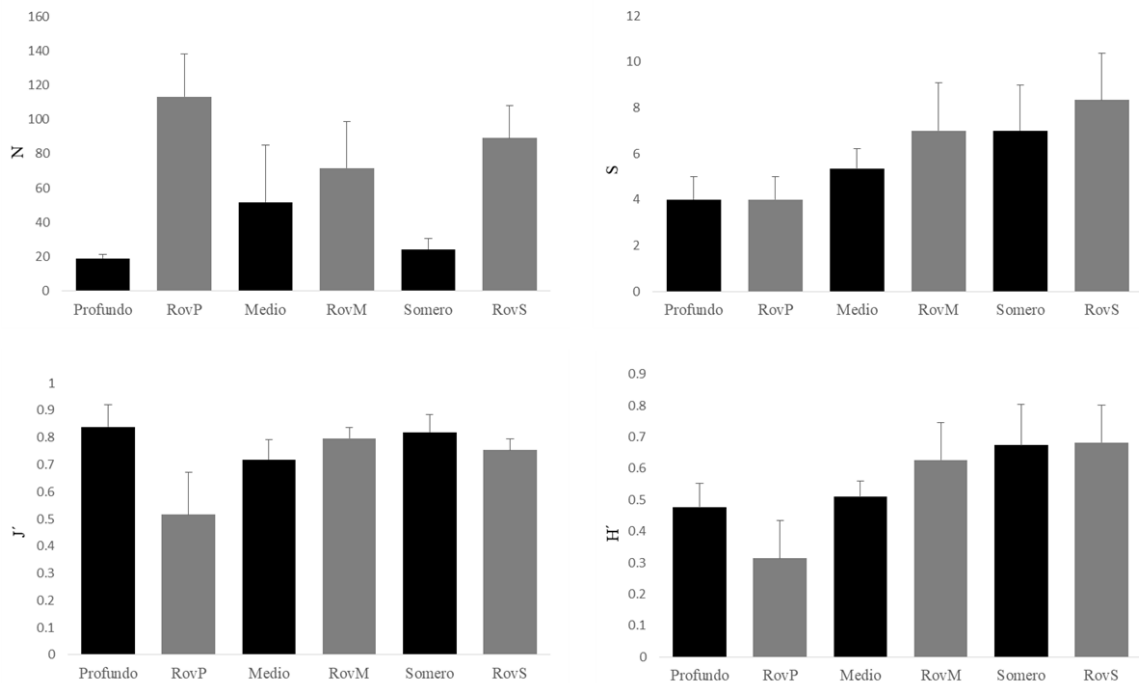
**Las Ánimas.** Respecto a la abundancia se registraron los siguientes valores  $N = 156.66$  en el estrato medio utilizando Rov, como valor más alto, y  $N = 25.33$  como valor más bajo, en el estrato medio censado con buzos. Para la parte de riqueza, se observan los valores de: ( $S = 6.66$ ) en el estrato profundo con datos obtenidos por humanos, y ( $S = 2.33$ ) con censos obtenidos mediante Rov en el estrato somero, como valores más altos y bajos. Cabe destacar que dos estratos: medio y somero con el método de Rov, obtuvieron dicho último valor, sin embargo el error estándar más bajo se encuentra en el nivel medio (Rov) (0.66). Para los índices de Pielou y S-W se observa que los valores más altos y bajos están en los estratos medio y somero de ambos métodos humano y Rov ( $J' = 0.716$ ) y ( $J' = 0.379$ ), para la parte de diversidad ( $H' = 0.448$ ) se obtuvo en la profundidad media recabada con buzos, y ( $H' = 0.176$ ) para el estrato somero censado con el método de ROV. Respecto a las pruebas estadísticas, cabe destacar que no hay diferencias en cuanto a abundancia y equitatividad,  $N = (F_{1,17} = 0.906, p = 0.355)$   $J' = (F_{1,17} = 0.192, p = 0.666)$ , sin embargo para la riqueza y homogeneidad, si existen dichas diferencias  $S = (F_{1,17} = 7, p = 0.01 Q = 3.74)$   $H' = (F_{1,17} = 4.908, p = 0.041 Q = 3.13)$  (Fig. 17).





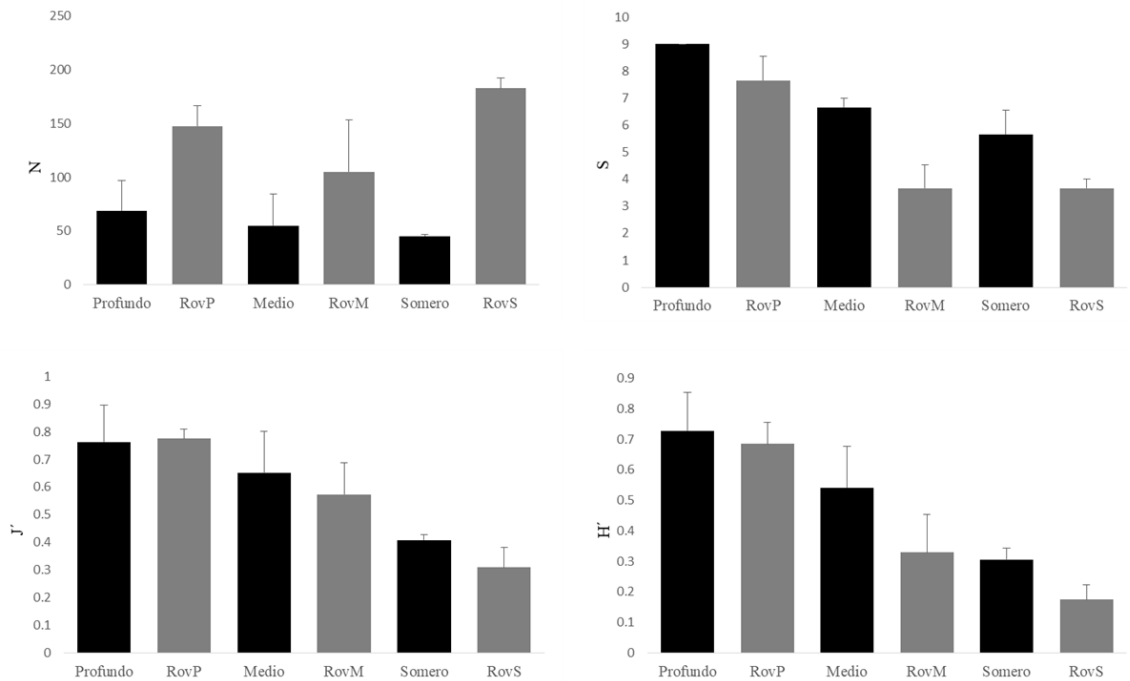
**Figura 17.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de Las Ánimas. B.C.S. México.

**El Pardito.** En esta isla se registraron los valores de abundancia en el estrato profundo utilizando Rov ( $N = 113.33$ ) máximo, y el valor mínimo del método con buzos ( $N = 19$ ) en el mismo estrato. La riqueza presentó valores máximos en la parte somera censada con Rov ( $S = 8.33$ ), y de ( $S = 4$ ) en la zona profunda de ambos métodos, como valores mínimos. El índice de Pielou fue donde se recabaron valores de ( $J' = 0.838$  y  $J' = 0.516$ ) en la parte profunda de los métodos Humano y Rov como máximos y mínimos. En cuanto al índice de Shannon-Weaver se tiene que presentaron máximos y mínimos de ( $H' = 0.618$ ) en el método Rov somero y profundo ( $H' = 0.313$ ). Para las pruebas estadísticas se tiene que existen diferencias en la abundancia recabada por ambos métodos en los diferentes estratos de profundidad ( $F_{1,17} = 11.85$ ,  $p = 0.003$   $Q = 4.86$ ). No se observan diferencias entre los estratos y métodos en los apartados de riqueza, equitatividad y homogeneidad ( $F_{1,17} = 0.535$ ,  $p = 0.47$ ), ( $F_{1,17} = 1.915$ ,  $p = 0.185$ ) y ( $F_{1,17} = 0.016$ ,  $p = 0.899$ ) (Fig. 18).



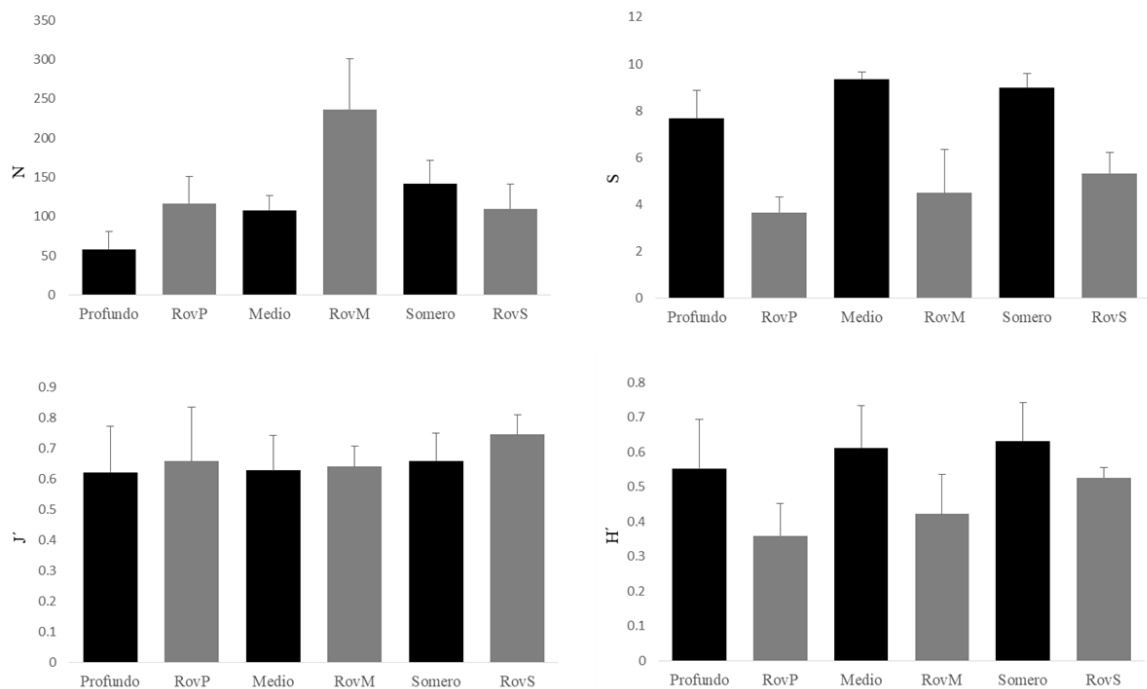
**Figura 18.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de El Pardito. B.C.S. México.

**La Partida.** Los valores máximo y mínimo de abundancia en esta área, fueron de ( $N= 182.5$ ) y ( $N= 45.33$ ) para la parte somera censada con ambas técnicas, existe sustento estadístico para afirmar que hay diferencias entre los estratos censados con ambos métodos ( $F_{1,17} = 15.49$ ,  $p = 0.0011$ ,  $Q = 5.56$ ). Respecto a la riqueza de especies, los valores máximo y mínimo de dicho estimador rondan entre los ( $S= 9$ ) y ( $S= 3.66$ ) en los estrato profundo Humano y en el nivel medio realizado con Rov, se aprecian diferencias entre los métodos y estratos ( $F_{1,17} = 4.94$ ,  $p = 0.040$ ,  $Q = 3.145$ ), finalmente para los índices ecológicos de equitatividad y diversidad, los valores máximos rondan entre los ( $J' = 0.762$  y  $H' = 0.727$ ) del estrato profundo en ambos casos y los mínimos de ( $J' = 0.309$  y  $H' = 0.174$ ) en los niveles someros respectivamente, para las dos técnicas. No hay diferencias en ambos estimadores  $J' = (F_{1,17} = 0.235$ ,  $p = 0.633$ ) y  $H' = (F_{1,17} = 1.143$ ,  $p = 0.300)$  (Fig. 19).



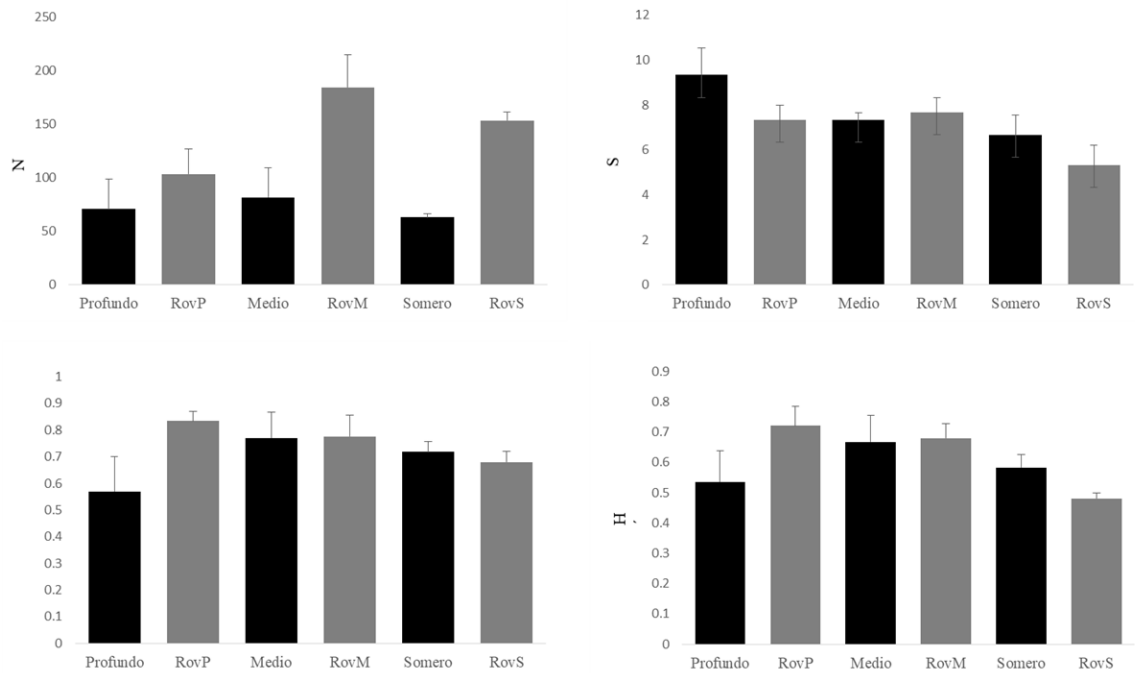
**Figura 19.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de La Partida. B.C.S. México.

**Punta Norte.** Los valores de abundancia y riqueza alcanzan un máximo ( $N= 236.25$  y  $S= 9.33$ ) en el estrato medio con ambos métodos Rov y buzo. Los estratos mínimos ( $N= 58.33$  y  $S= 3.66$ ) se presentan en el estrato profundo utilizando ambas técnicas de colecta. Para los estimadores de Pielou y Shannon, dichos valores fueron  $J'= 0.745$  y  $N'= 0.631$  en el nivel de profundidad somero con ambas técnicas de censos (Rov y Humano), mientras que los mínimos fueron  $J'= 0.621$  y  $H'= 0.359$ , registrados en el estrato profundo, con los dos métodos (Fig. 20). Estadísticamente, no se observan diferencias significativas para la abundancia  $N=$  ( $F_{1,17} = 0.467$ ,  $p = 0.503$ ) y la equitatividad  $J'=$  ( $F_{1,17} = 0.051$ ,  $p = 0.822$ ). Sin embargo, para la riqueza y diversidad si se encontró diferencias entre métodos y estratos  $S=$  ( $F_{1,17} = 34.09$ ,  $p = 0.000025$ ,  $Q = 8.25$ ) y  $H'=$  ( $F_{1,17} = 5.552$ ,  $p = 0.031$ ,  $Q = 3.332$ ).



**Figura 20.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de Punta Norte. B.C.S. México.

**La Dispensa.** Los valores de abundancia máximos y mínimos (184.16, y 62.66) se encuentran registrados en el estrato medio y somero con el método Rov y con buzo se obtuvo el valor más bajo. Diferencias entre estratos y métodos son evidentes en la parte estadística  $N = (F_{1,17} = 13.98, p = 0.0017, Q = 5.28)$ . Por otro lado, la riqueza presenta como valor más alto y bajo ( $S = 9.33$  y  $5.33$ ) en el estrato profundo humano y estrato somero Rov. No se aprecian diferencias entre los métodos y estratos de profundidad utilizados para este estudio  $S = (F_{1,17} = 1.596, p = 0.22)$ . Por último, en la cuestión de los índices de equitatividad y diversidad, se obtuvieron los valores superiores de ( $J' = 0.834$ ) y ( $H' = 0.721$ ) en los estratos profundos, con el método de ROV. Por otra parte los valores inferiores se encuentra en los estratos profundo y somero con ambos métodos Humano ( $J' = 0.570$ ) y Rov ( $H' = 0.480$ ) No existen diferencias entre métodos y profundidades en ambos casos previos  $J' = (F_{1,17} = 1.325, p = 0.266)$  y  $H' = (F_{1,17} = 0.253, p = 0.621)$  (Fig. 21).



**Figura 21.** Gráfico comparativo de N, S, J', H' (de arriba hacia abajo, izquierda a derecha) de especies entre los dos tipos de método de muestreo (Humano vs ROV) en la zona de La Dispensa. B.C.S. México.

No hay diferencias entre la riqueza y la profundidad, ( $F_{2, 215} = 2.06$ ,  $p = 0.128$ ) sin embargo si lo hay entre los métodos y las estaciones, ( $F_{1, 215} = 35.97$ ,  $p = 8.45E-09$ ,  $Q = 8.481$ ) y ( $H_{11, 215} = 45.43$ ,  $p = 0.000003049$ ) las estaciones más diferentes son PL, PN y LD (Dunn = Tabla III). Por otra parte la abundancia muestra un comportamiento similar al no existir diferencias entre los diferentes estratos de profundidad ( $F_{2, 215} = 0.466$ ,  $p = 0.628$ ), sin embargo entre métodos y estaciones existen diferencias ( $H_{1, 215} = 19.55$ ,  $p = 0.000009798$ ) y ( $H_{11, 215} = 63.17$ ,  $p = 0.00000002367$ ) (Dunn = Tabla IV). Respecto a los índices de Similitud y Homogeneidad, solo existen diferencias entre las estaciones ( $H_{11, 215} = 29.31$ ,  $p = 0.002029$ ) La Partida es la estación más diferente, seguida de LA y PN (Prueba Dunn, valores crudos sin corrección, Tabla V, VI), no se observan diferencias contra los métodos y la profundidad ( $F_{1, 215} = 3.13$ ,  $p = 0.077$ ) ( $F_{2, 215} = 1.96$ ,  $p = 0.142$ ). Contrario a la homogeneidad, que presenta diferencias entre todas las categorías (Método, Estación, Profundidad) ( $F_{1, 215} = 14.41$ ,  $p = 0.000191$ ) ( $H_{11, 215} = 37.98$ ,  $p = 0.00007879$ ,  $D =$  Tabla VI) ( $F_{2, 215} = 5.28$ ,  $p = 0.0057$ ).

**Tabla III.** Riqueza (S) vs Estaciones. Valores significativos en negritas

G	PB	PL	LB	LG	EG	EC	LA	EP	LP	PN	LD
G	0.9432	5.35E-05	0.03688	0.8772	0.5588	0.5171	0.59	0.1807	0.07302	0.02569	0.00080
PB	0.9432	7.23E-05	0.04382	0.8214	0.6077	0.5643	0.5418	0.2051	0.08516	0.0308	0.001042
PL	<b>5.35E-05</b>	<b>7.23E-05</b>	0.05086	2.74E-05	0.0005501	0.000694	4.68E-06	0.006909	0.02464	0.07047	0.4906
LB	<b>0.03688</b>	<b>0.04382</b>	0.05086	0.02499	0.133	0.1501	0.008641	0.4541	0.7685	0.8857	0.2065
LG	0.8772	0.8214	<b>2.74E-05</b>	<b>0.02499</b>	0.4598	0.4224	0.7007	0.1354	0.0515	0.01706	0.0004569
EG	0.5588	0.6077	<b>0.00055</b>	0.133	0.4598	0.9496	0.2612	0.4509	0.227	0.09971	0.00568
EC	0.5171	0.5643	<b>0.000694</b>	0.1501	0.4224	0.9496	0.2354	0.4897	0.2522	0.1134	0.006881
LA	0.59	0.5418	<b>4.68E-06</b>	<b>0.008641</b>	0.7007	0.2612	0.2354	0.06046	0.01972	0.00561	0.00010
EP	0.1807	0.2051	<b>0.006909</b>	0.4541	0.1354	0.4509	0.4897	0.06046	0.6497	0.3722	0.04424
LP	0.07302	0.08516	<b>0.02464</b>	0.7685	0.0515	0.227	0.2522	<b>0.01972</b>	0.6497	0.6613	0.1193
PN	<b>0.02569</b>	<b>0.0308</b>	0.07047	0.8857	<b>0.01706</b>	0.09971	0.1134	<b>0.00561</b>	0.3722	0.6613	0.2629
LD	<b>0.0008073</b>	<b>0.001042</b>	0.4906	0.2065	<b>0.0004569</b>	<b>0.00568</b>	<b>0.006881</b>	<b>0.0001006</b>	<b>0.04424</b>	0.1193	0.2629

**Tabla IV.** Abundancia (N) vs Estaciones. Valores significativos en negritas.

	G	PB	PL	LB	LG	EG	EC	LA	EP	LP	PN	LD
G		0.634	0.00053 4	0.00858 1	0.000745 2	0.06732	0.05317	0.00828 3	0.01348	1.11E-05	2.27E-08	2.96E-07
PB	0.634		0.00281 7	0.03138	0.003775	0.1759	0.145	0.03044	0.04605	8.94E-05	3.16E-07	3.32E-06
PL	<b>0.00053</b>	<b>0.00281</b>		0.4038	0.9277	0.1024	0.1261	0.4106	0.3211	0.352	0.03343	0.09634
LB	<b>0.00858</b>	<b>0.03138</b>	0.4038		0.4568	0.4244	0.4872	0.9904	0.875	0.07747	0.00306	0.0125
LG	<b>0.00074</b>	<b>0.00377</b>	0.9277	0.4568		0.1229	0.1502	0.4641	0.3674	0.307	0.02658	0.07951
EG	0.06732	0.1759	0.1024	0.4244	0.1229		0.9172	0.4175	0.5213	0.01034	0.000169 6	0.000979 3
EC	0.05317	0.145	0.1261	0.4872	0.1502	0.9172		0.4797	0.591	0.01388	0.000255 7	0.001411
LA	<b>0.00828 3</b>	<b>0.03044</b>	0.4106	0.9904	0.4641	0.4175	0.4797		0.8655	0.07951	0.003181	0.01293
EP	<b>0.01348</b>	<b>0.04605</b>	0.3211	0.875	0.3674	0.5213	0.591	0.8655		0.05449	0.001814	0.007931
LP	<b>1.11E-05</b>	<b>8.94E-05</b>	0.352	0.07747	0.307	<b>0.01034</b>	<b>0.01388</b>	0.07951	0.05449		0.2316	0.4641
PN	<b>2.27E-08</b>	<b>3.16E-07</b>	<b>0.03343</b>	<b>0.00306</b>	<b>0.02658</b>	<b>0.00016 9</b>	<b>0.00025 5</b>	<b>0.00318</b>	<b>0.00181</b>	0.2316		0.6426
LD	<b>2.96E-07</b>	<b>3.32E-06</b>	0.09634	<b>0.0125</b>	0.07951	<b>0.00097 9</b>	<b>0.00141 1</b>	<b>0.01293</b>	<b>0.00793</b>	0.4641	0.6426	

**Tabla V.** Equitatividad vs Estaciones. Valores significativos en negritas.

	G	PB	PL	LB	LG	EG	EC	LA	EP	LP	PN	LD
G		0.6609	0.433	0.8394	0.6725	0.9129	0.1529	0.00803	0.307	0.00356	0.0184	0.153
PB	0.6609		0.7298	0.5213	0.389	0.5837	0.3218	0.02696	0.560	0.01328	0.05502	0.323
PL	0.433	0.7298		0.3238	0.2275	0.3717	0.5187	0.06194	0.812	0.03311	0.1156	0.520
LB	0.8394	0.5213	0.3238		0.8259	0.9256	0.1027	0.00432	0.220	0.001824	0.01046	0.103
LG	0.6725	0.389	0.2275	0.8259		0.754	0.064	0.00211	0.148	0.00084	0.0054	0.064
EG	0.9129	0.5837	0.3717	0.9256	0.754		0.123	0.0057	0.258	0.00249	0.0136	0.124
EC	0.1529	0.3218	0.5187	0.1027	0.06402	0.1239		0.2219	0.683	0.1374	0.3534	0.997
LA	<b>0.0080</b>	<b>0.0269</b>	0.0619	<b>0.00432</b>	<b>0.002116</b>	<b>0.00577</b>	0.221		0.103	0.7918	0.7693	0.220
EP	0.3071	0.5601	0.8124	0.2209	0.1487	0.2582	0.683	0.1032		0.0583	0.1815	0.6852
LP	<b>0.0035</b>	<b>0.0132</b>	<b>0.033</b>	<b>0.0018</b>	<b>0.000845</b>	<b>0.002494</b>	0.1374	0.7918	0.0583		0.5773	0.1367
PN	<b>0.0184</b>	0.0550	0.1156	<b>0.01046</b>	<b>0.005434</b>	<b>0.01363</b>	0.3534	0.7693	0.1815	0.5773		0.352
LD	0.1537	0.3231	0.5204	0.1032	0.0644	0.1245	0.9979	0.2209	0.6852	0.1367	0.352	



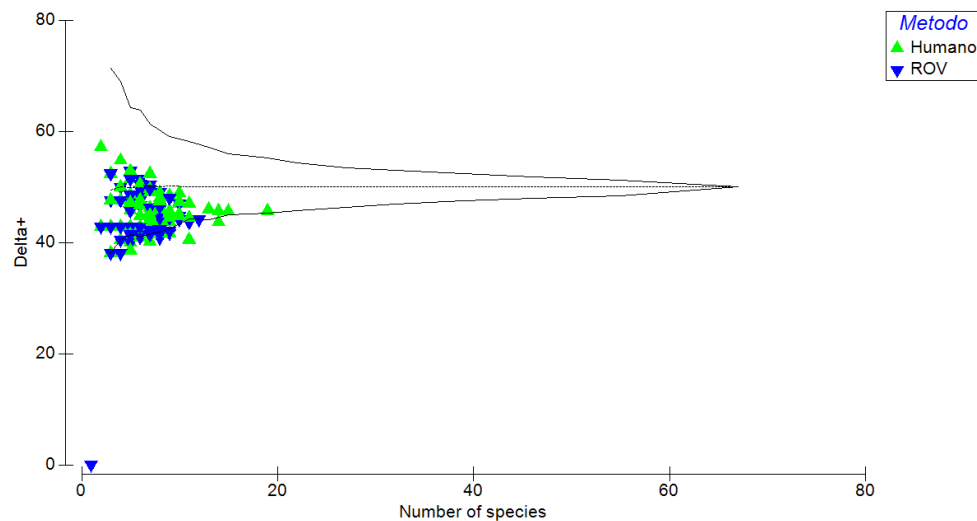
**Tabla VI.** Diversidad vs Estaciones. Valores significativos en negritas.

	G	PB	PL	LB	LG	EG	EC	LA	EP	LP	PN	LD
G		0.6077	0.00644	0.034	0.8519	0.3717	0.9787	0.03333	0.3058	0.875	0.5975	0.0289
PB	0.6077		0.02705	0.1081	0.4839	0.7039	0.5892	0.00825	0.6096	0.5024	0.9883	0.0947
PL	<b>0.00644</b>	<b>0.02705</b>		0.5458	0.00360	0.06714	0.00594	1.22E-06	0.08912	0.00395	0.02809	0.5892
LB	<b>0.034</b>	0.1081	0.5458		0.02107	0.2199	0.03181	2.16E-05	0.2731	0.02276	0.1114	0.949
LG	0.8519	0.4839	<b>0.00360</b>	<b>0.0210</b>		0.2801	0.8729	0.05221	0.226	0.9766	0.4748	0.0177
EG	0.3717	0.7039	0.06714	0.2199	0.2801		0.3576	0.00251	0.896	0.2934	0.7149	0.1968
EC	0.9787	0.5892	<b>0.00594</b>	<b>0.0318</b>	0.8729	0.3576		0.03561	0.2934	0.896	0.5791	0.0270
LA	<b>0.03333</b>	<b>0.00825</b>	<b>1.22E-06</b>	<b>2.16E-05</b>	0.05221	<b>0.00251</b>	<b>0.03561</b>		0.00162	0.04875	0.00790	1.62E-05
EP	0.3058	0.6096	0.08912	0.2731	0.226	0.896	0.2934	<b>0.001621</b>		0.2375	0.6199	0.246
LP	0.875	0.5024	<b>0.003959</b>	<b>0.02276</b>	0.9766	0.2934	0.896	<b>0.04875</b>	0.2375		0.4931	0.01921
PN	0.5975	0.9883	<b>0.02809</b>	0.1114	0.4748	0.7149	0.5791	<b>0.007905</b>	0.6199	0.4931		0.09771
LD	<b>0.02896</b>	0.09478	0.5892	0.949	<b>0.01775</b>	0.1968	<b>0.02705</b>	<b>1.62E-05</b>	0.246	<b>0.01921</b>	0.09771	

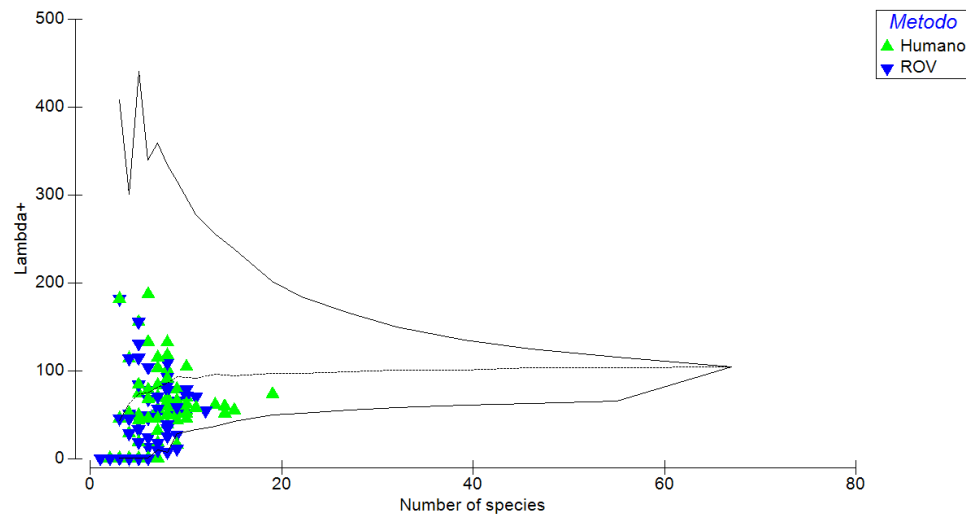
### 7.5 Distinción Taxonómica.

Para la estimación de la distintividad taxonómica fueron considerados siete niveles jerárquicos (Phylum, Superclase, Clase, Orden, Familia, Género y Especie). Los valores delta ( $\Delta+$ ) fluctuaron entre los 38.09, en La Partida en el estrato somero, y 57.14 como máximo para Punta Diablo en el estrato somero. La mayoría de los valores caen en el límite de confianza del 95%, con la excepción de solo un censo con ROV (Fig. 22). La variación lambda ( $\Lambda+$ ) fluctuó entre el valor máximo de 186.84, en el islote La Gallina en el estrato medio, y el mínimo en 7.02 en La Dispensa en el estrato profundo (Fig. 23).

Al realizar la comparación entre métodos, se obtuvieron los resultados siguientes: Delta+ ( $H_{1, 251} = 19.84$ ,  $p = 1.273E-05$ ) Diferencias entre los métodos Humano y Rov, Dunn ( $D = 9.752E-07$ ). Para el índice Lambda si se observa que: Lambda+ ( $H_{1, 251} = 36.87$ ,  $p = 1.045E-09$ ) existen diferencias entre los métodos utilizados ( $D = 1.045E-09$ ).

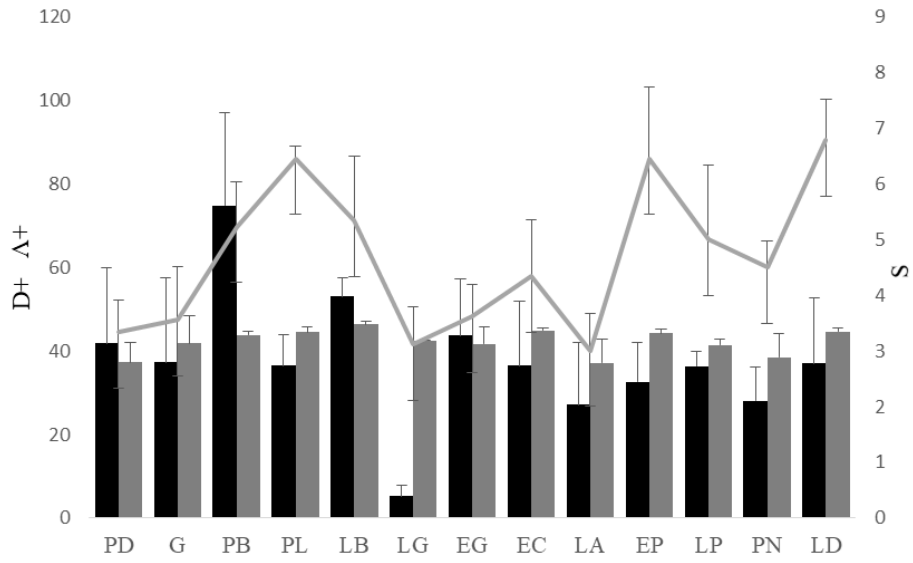


**Figura 22.** Delta  $\Delta+$  Todas las estaciones del presente estudio, ambos métodos, significancia 95%.

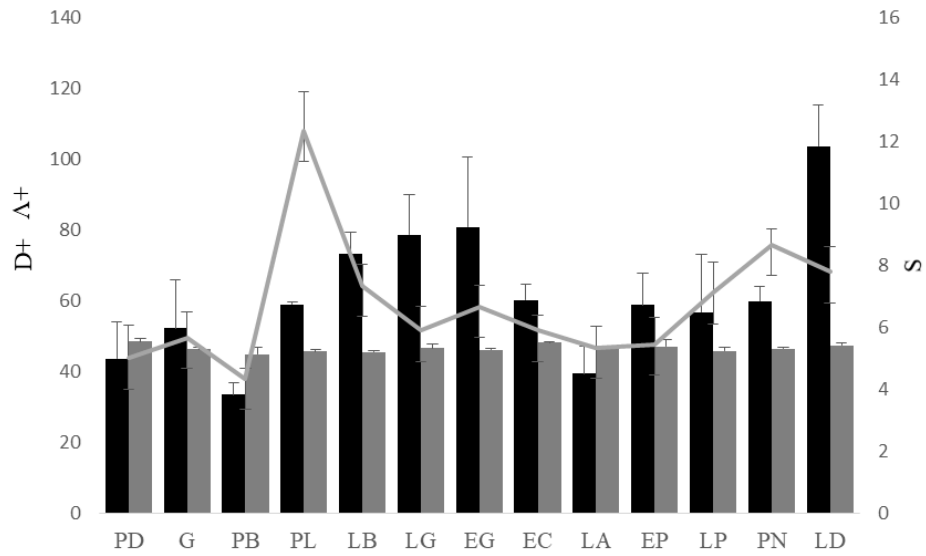


**Figura 23.** Lambda  $\Lambda^+$  Todas las estaciones del presente estudio.

Al realizar la comparación de índices de diversidad taxonómica, contra la riqueza (Figs. 24 y 25), se observa que los valores promedio más altos fueron: ( $\Delta$ +Hum = 48.39 PD), ( $\Delta$ +Rov = 46.29 LB), ( $\Lambda$ +Hum = 103.48 **LD**), ( $\Lambda$ +Rov = 74.71 PB), (S-Hum = 12.33 PL), (S-Rov = 6.78 **LD**) los valores promedio más bajos observados son: ( $\Delta$ +Hum = 44.87 PB), ( $\Delta$ +Rov = 37.19 **LA**), ( $\Lambda$ +Hum = 34.44 PB)( $\Lambda$ +Rov = 5.19 LG) (S-Hum = 4.33 PB), (S-Rov = 3.00 **LA**), cabe mencionar que las estaciones parecen guardar cierta semejanza entre índices son, **LD** para los valores más altos, y **LA**, para los valores más bajos. Sin embargo, no se puede argumentar nada, dado la naturaleza y escasez de los datos.



**Figura 24.** Distinción taxonómica promedio de los sitios del presente estudio método Humano, Delta + (barra gris), Lambda + (barra negra) vs Riqueza, (línea gris).



**Figura 25** Distinción taxonómica promedio de los sitios del presente estudio método ROV, Delta + (barra gris), Lambda + (barra negra) vs Riqueza, (línea gris).

### 7.3 Análisis Multivariado: agrupamiento y nMDS.

**Punta Diablo.** en esta localidad se observa que existe el arreglo de un conjunto mayor formado por ambos métodos así como estratos someros y medios principalmente (esta estación tuvo una réplica extra censada con buzos). Por otro lado existen agrupaciones pequeñas que se conforman por estratos profundos del método buzos, sin embargo las líneas de similitud no forman un arreglo definido. Se observa a su vez un stress de 0.13, lo que indica un ajuste adecuado. La mayoría de las estaciones, siguen un patrón similar respecto a este criterio, menor de 0.20 en cuanto a stress se refiere (Fig. 26).

**El Merito.** Se observan dos agrupaciones principales. Si bien esta estación presentó pocas réplicas, se puede afirmar que ambos métodos presentan cierta semejanza en los arreglos, y un stress de 0 (Fig. 27). Esto último, es similar con la siguiente estación, **San Rafaelito** en relación al stress valor 0, sin embargo solo se forma un grupo compuesto por censos profundos con el método humano (Fig. 28).

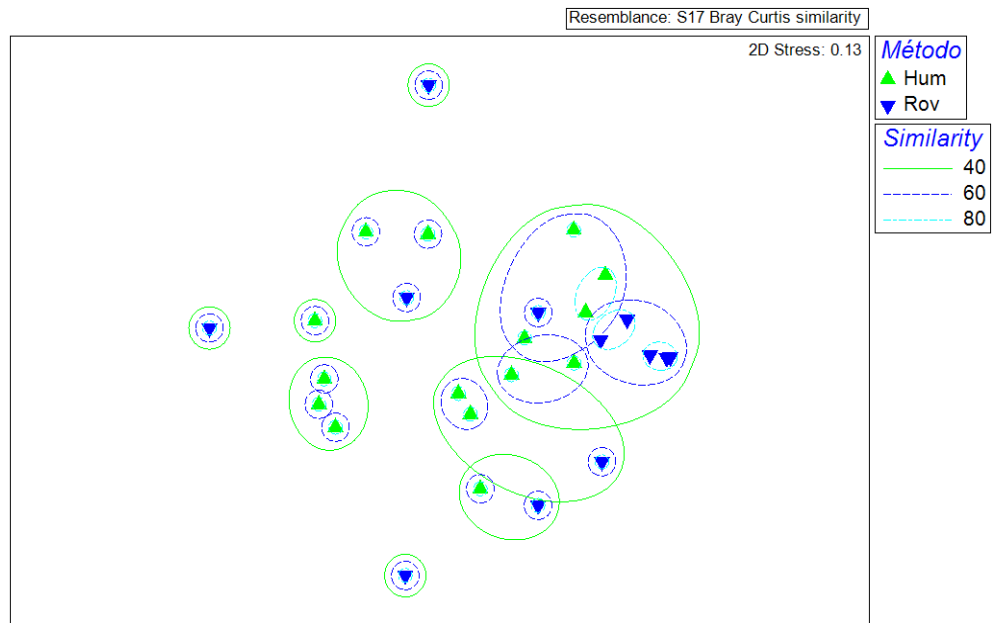
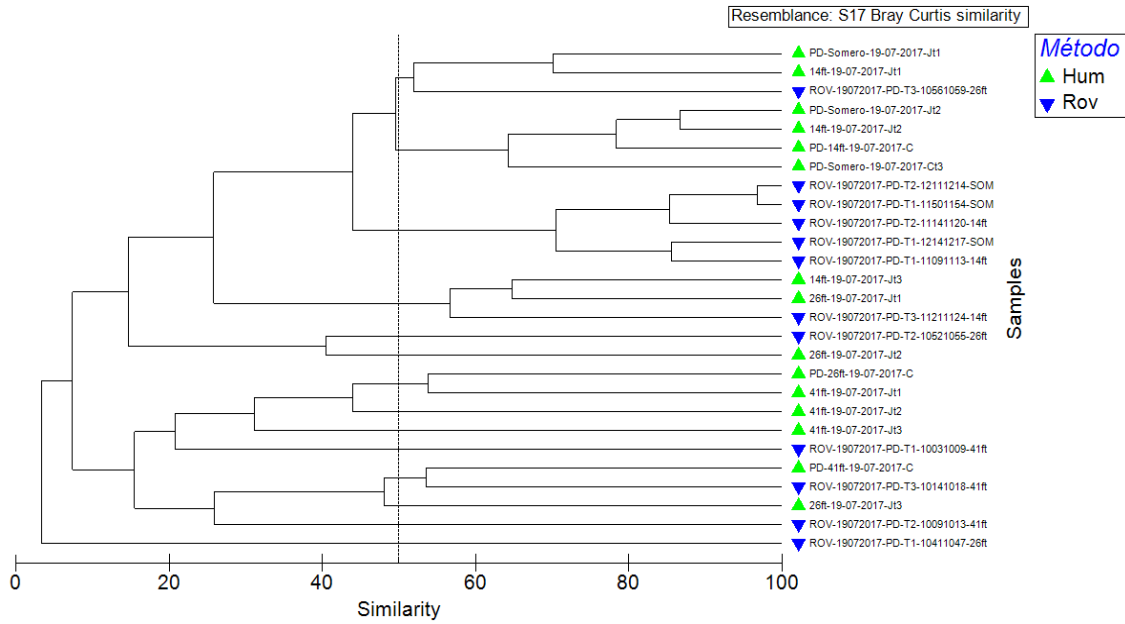
**Gaviota.** En esta isla se observa que al 50% de similitud 3 grupos principales formados por censos de ROV de los 3 estratos y solo uno del estrato somero realizado con buzos. Un segundo grupo conformado por censos medios y someros realizados con buzos junto a censos someros realizados con ROV. Un último grupo que no guarda similitud con lo descrito anteriormente, formado por censos profundos y un censo medio realizado con el método de censos visuales usando buzos (Fig. 29) stress 0.17. En cuanto a los nMDS se observan dos grupos principales, uno mayor formados por censos humanos, de estratos medios y someros, si bien son seguidos por una agrupación de tamaño mediano, compuesta también por censos con ROV de estratos someros y medios. Para la parte de métodos, se observan a su vez, dos agrupaciones pequeñas, dominadas por el método ROV. Stress de 0.17 (Fig. 29).

**PaileBote.** Siguiendo con las descripciones multivariadas para esta zona, se observan 3 grupos principales, el primero compuesto por censos de los 3 estratos usando buzos, junto a solo un censo usando ROV de la parte media. Por otra parte el segundo grupo se encuentra conformado por censos someros y medios usando ROV, junto a censos someros usando buzos. El último grupo se encuentra compuesto por censos de ambos métodos de los estratos profundo y medio.

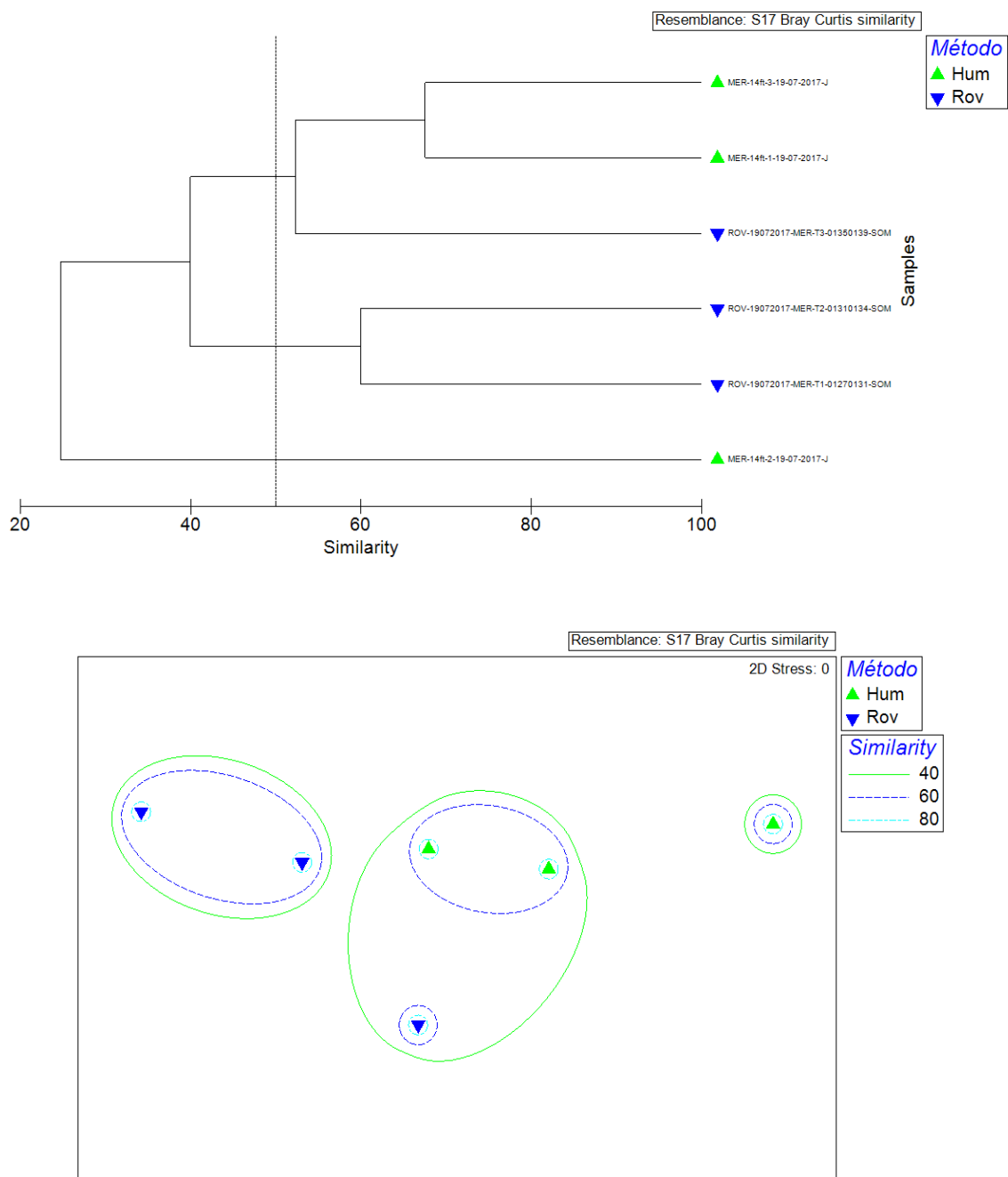
Corte realizado al 50% de similitud (Fig. 30). En tanto los nMDS se puede apreciar en la parte correspondiente, que existen 3 agrupaciones con 40 % de similitud, formadas en su mayoría por censos ROV, de los estratos somero y medio, a su vez dominan los estratos profundo y somero de censos Humanos. El stress en este apartado de forma similar a la anterior es de 0.17.

**Punta Lobos.** Se observan dos grupos principales con cierta similitud y un tercero de menor semejanza entre los dos primeros. El primer grupo guarda afinidad con los 3 estratos del método de buzos, junto a solo dos censos del estrato medio y profundo usando ROV. El segundo grupo principal mantiene mayor afinidad con los censos del estrato somero usando ROV y solo un censo del estrato medio usando buzos. El último grupo está formado por censos de los 3 estratos usando buzos y solo un censo del estrato medio usando ROV, el stress es similar a apartado anterior. Los escalamientos multidimensionales no métricos, presentan un arreglo relativamente ordenado, con censos ROV hacia la parte izquierda y censos con buzos hacia la parte derecha. En cuestión de profundidades, los censo ROV son lo que se encuentran agrupados, mientras que los censo con humanos presentan mayor dispersión (stress = 0.17) (Fig. 31).

**La Ballena.** Las agrupaciones al 40% de similitud, están conformadas por 4 grupos que se traslapan en una sola formación, una con el método de ROV orientado hacia la parte de arriba y el segundo método dirigido hacia la parte de abajo. Respecto a la profundidad, los métodos humanos profundo y medio son antecidos por los estratos someros medios y profundos del método ROV. Stress 0.16 (Fig. 32). Los clúster también muestran un arreglo de un grupo conformado por censos realizados con buzos solamente.

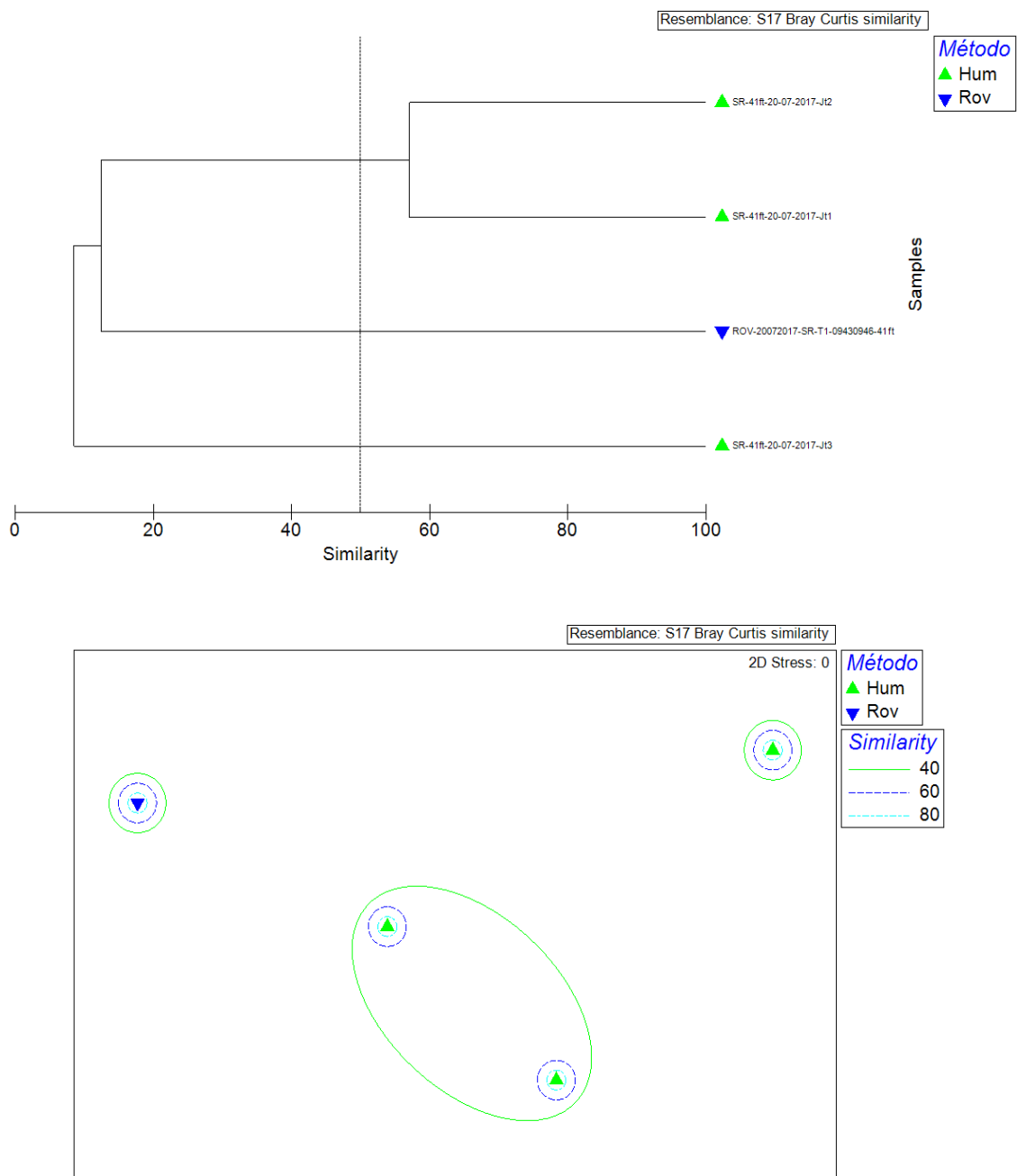


**Figura 26.** Clúster y nMDS en la zona de Punta Diablo, Bahía de La Paz, dos métodos (buzo [Humano] y ROV).

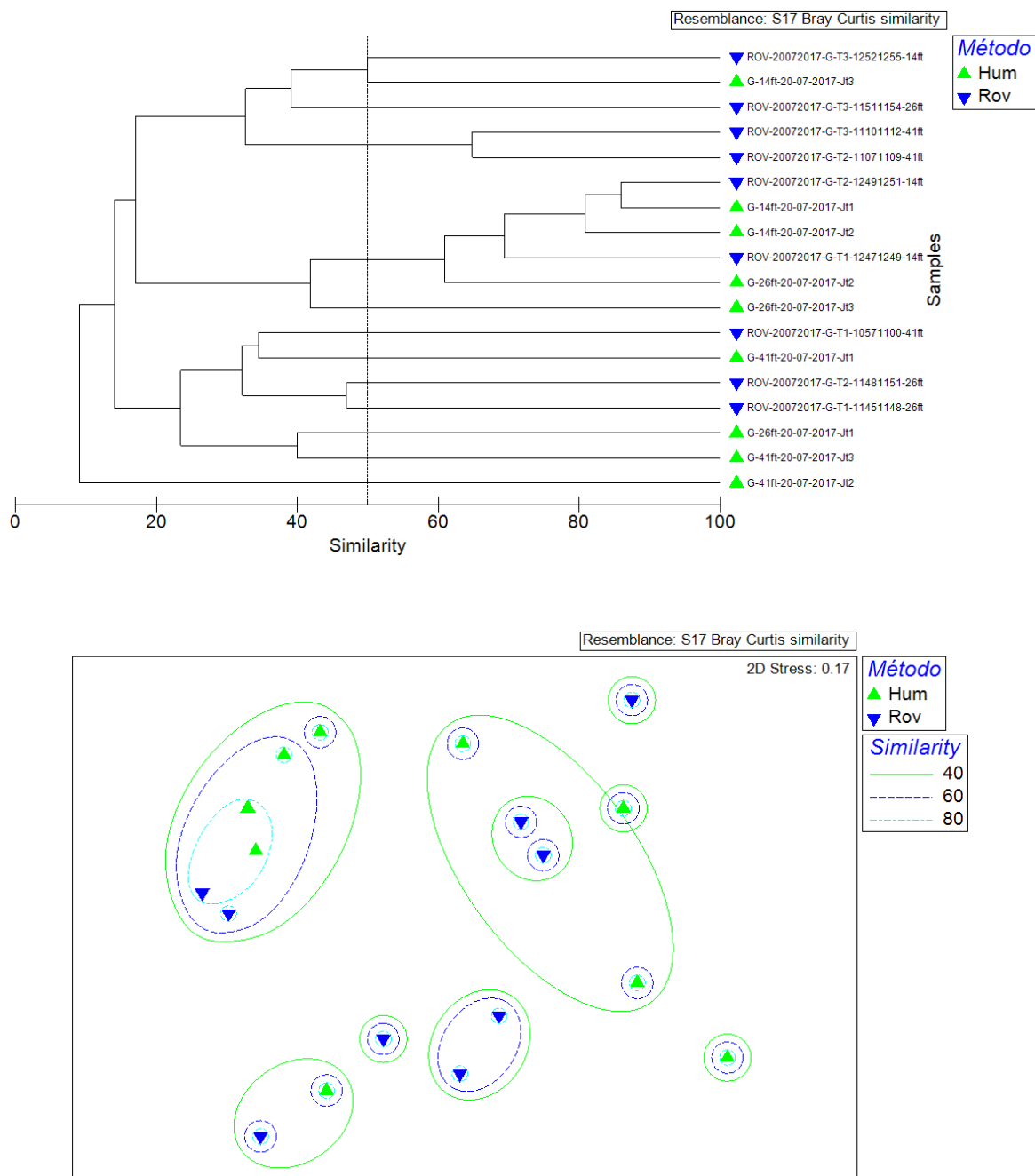


**Figura 27.** Clúster y nMDS de la zona de El Merito, Bahía de La Paz, dos métodos (buzo [Humano] y ROV).

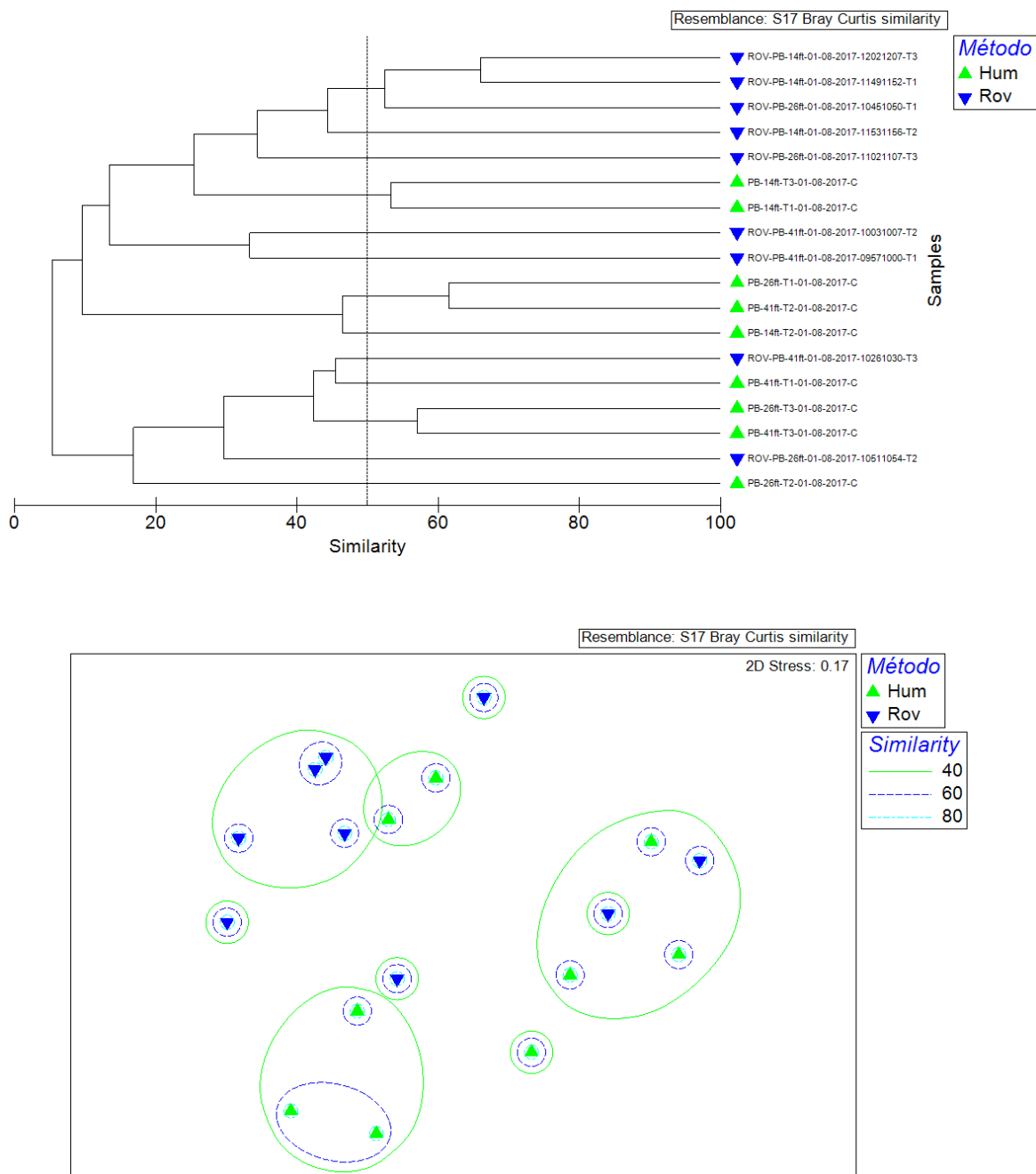




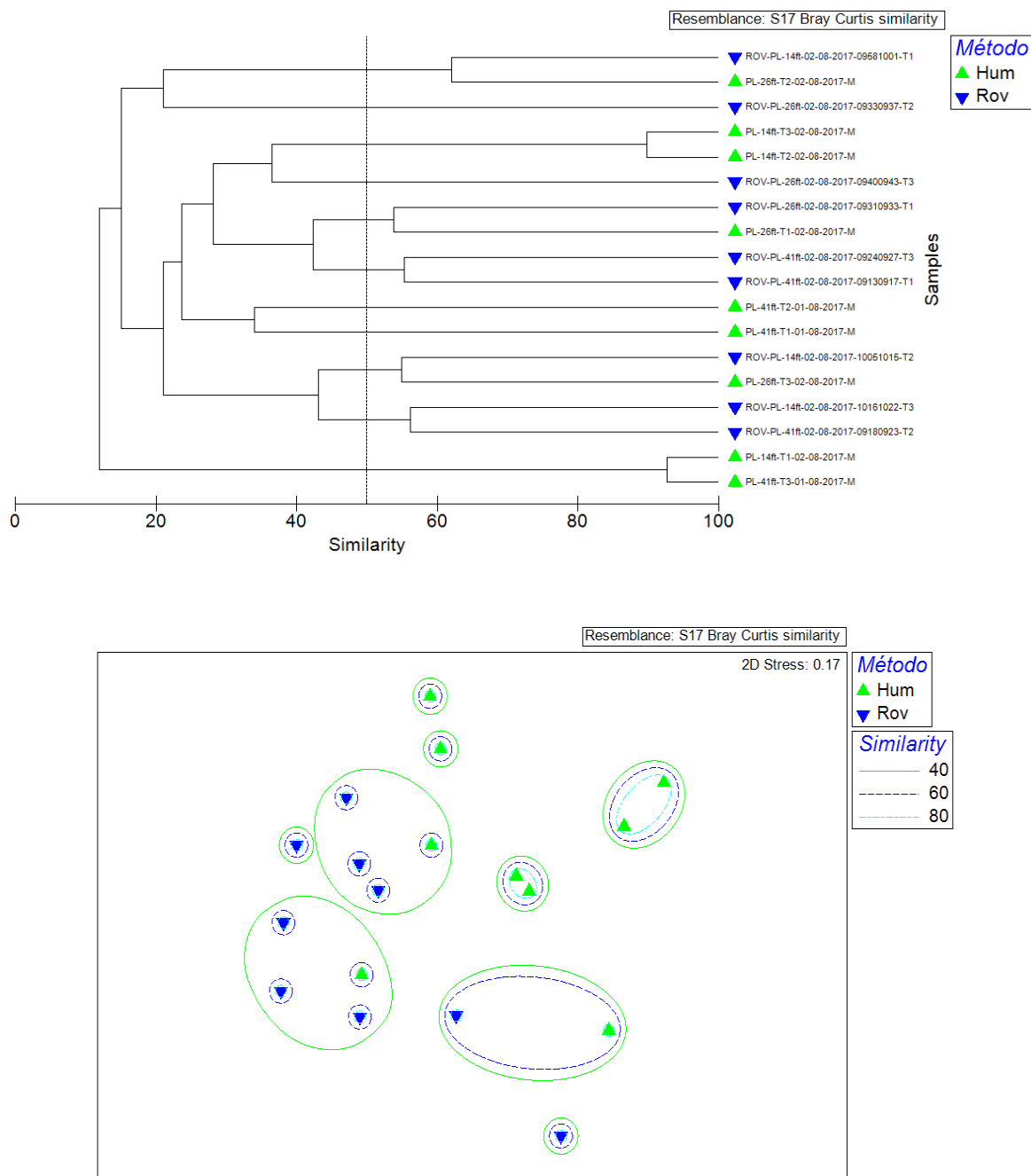
**Figura 28.** Cluster y nMDS, San Rafaelito, Bahía de La Paz, dos métodos (buzo [Humano] y ROV).



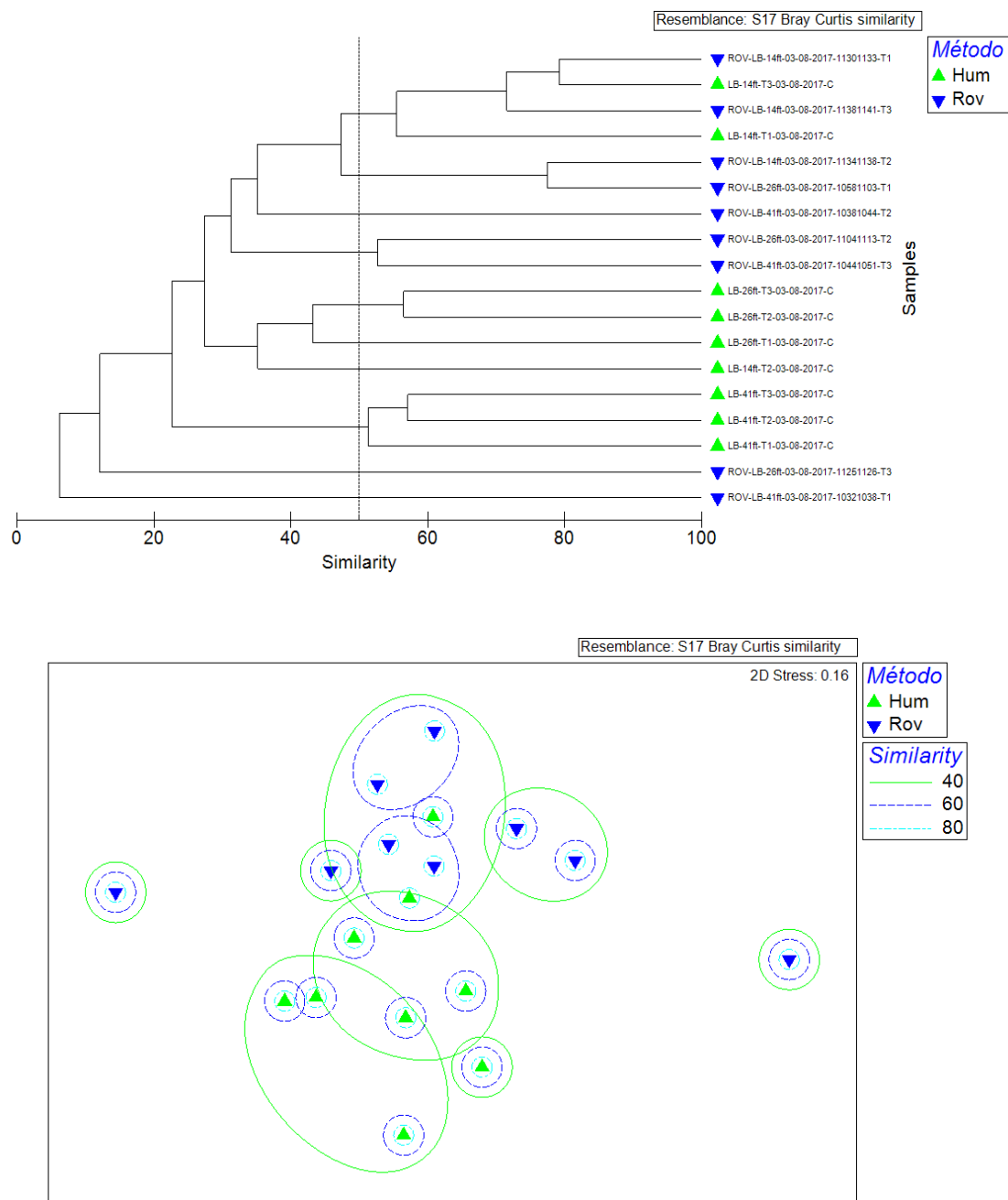
**Figura 29.** Clúster y nMDS, dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de Isla Gaviota. B.C.S. México.



**Figura 30.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de PaileBote. B.C.S. México.



**Figura 31.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de Punta Lobos. B.C.S. México.



**Figura 32.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de La Ballena. B.C.S. México.

**La Gallina.** Respecto al clúster generado para esta localidad con los diferentes métodos, se observa una diferenciación clara sobre dichas técnicas. Sin embargo esto no se observa en los nMDS generados, en donde se relacionaron 4 agrupaciones separadas, bien definidas, tanto de buzos, como con censos con Rov. Cabe señalar que dichos arreglos siguen el mismo orden anterior de izquierda a derecha; y los estratos en dirección descendente de profundo a somero en ambos métodos, stress 0.14 (Fig. 33).

**El Gallo.** Siguiendo con las descripciones relativas a esta estación, se presentan 4 agrupaciones bien definidas, una principal que mantiene la mayoría de la afinidad con la técnica ROV. Los grupos subsecuentes, estas formados principalmente por el método humano. Para la cuestión de estratos, hay una ligera ordenación hacia la parte de arriba derecha, que inicia de la parte baja izquierda, predominada por censos profundos y se direcciona hacia la parte somera, el stress es similar a la estación pasada (Fig. 34), no se observa un arreglo definido en los clúster correspondientes, diferentes del que se menciona con anterioridad (Stress 0.14).

**El Coyote.** Esta localidad muestra agrupaciones en 3 conjuntos principales, cabe señalar que un grupo es el que comparte similitudes entre métodos. Para la parte de los estratos, se muestra la tendencia de la parte derecha hacia la izquierda, de lo profundo a lo somero, stress 0.13 (Fig. 35), se muestran los clústers correspondientes, con la misma tendencia descrita con anterioridad.

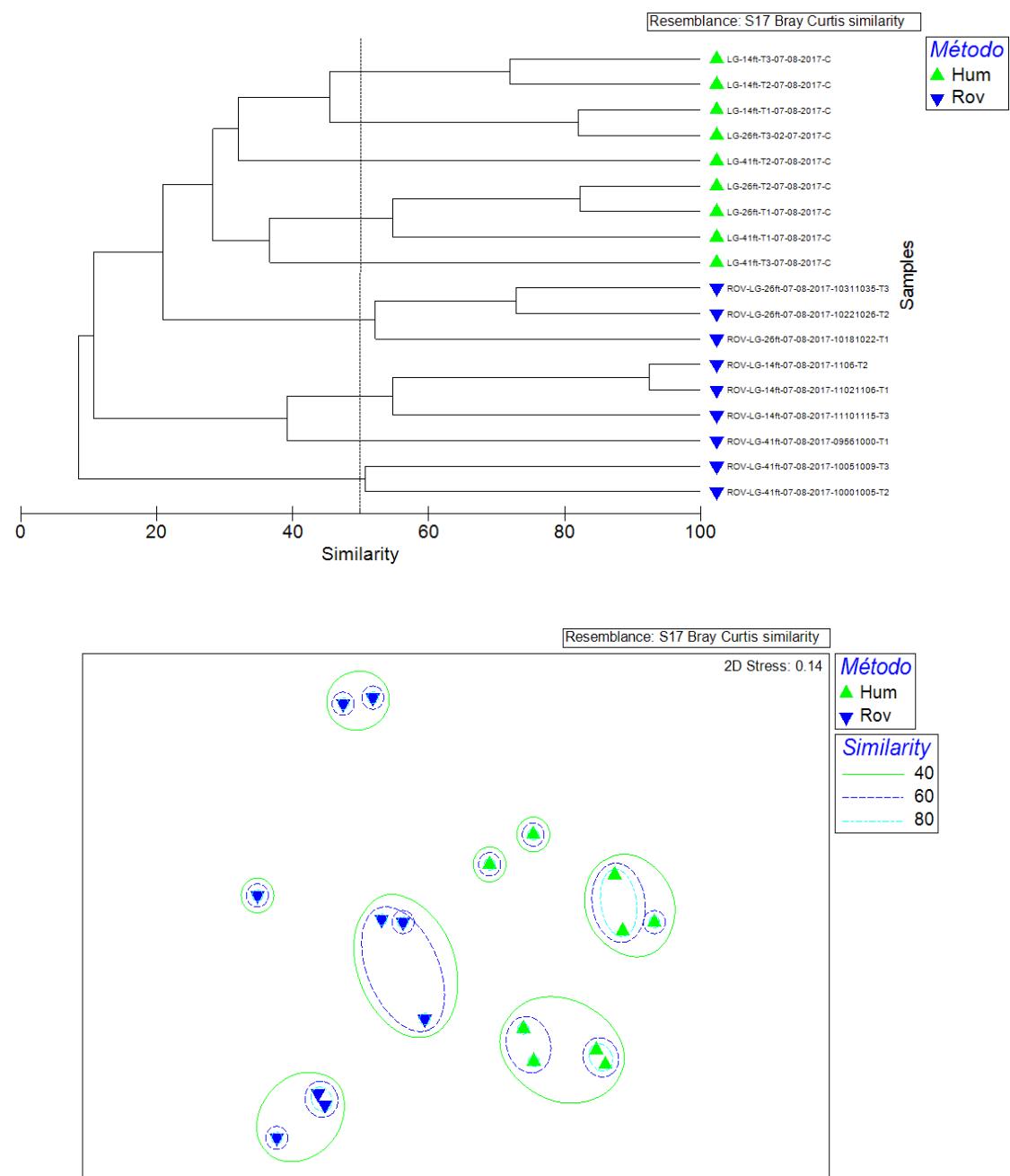
**Las Ánimas.** La parte de los nMDS, muestra grupos pequeños, con tendencia derecha izquierda, con mayor representación en el método ROV y menor en el método Humano, para la parte de niveles de profundidad, no se muestra un ordenamiento claro, solo los 5 grupos que muestran en ambos conjuntos de análisis, pero con poca relevancia para su análisis. Por otra parte comparten el mismo stress que el apartado anterior (0.13) (Fig. 36).

**El Pardito.** En esta sección, si se muestra una tendencia de arriba hacia abajo, bien definida, iniciando con los censos usando método Humano, y se dirige a la parte inferior hacia el conjunto censado con Rov. Los niveles de profundidad también muestran dicha tendencia de derecha hacia la izquierda, así mismo en cuestión de profundidad, desde los estratos profundos hacia los estratos someros (Fig. 37), stress de 0.14.

**La Partida.** Aquí se observan dos grupos principales y tres secundarios, no hay una ordenación en los métodos, más pareciera si existir un orden en dirección derecha izquierda, de somero a profundo en cuestión de estratos muestreados, stress 0.12 (Fig. 38). Respecto a los clústers, se muestra cierto arreglo en un grupo compuesto por los dos métodos de recolecta de datos, los cuales están formados por estratos someros y medios de Rov y buzos.

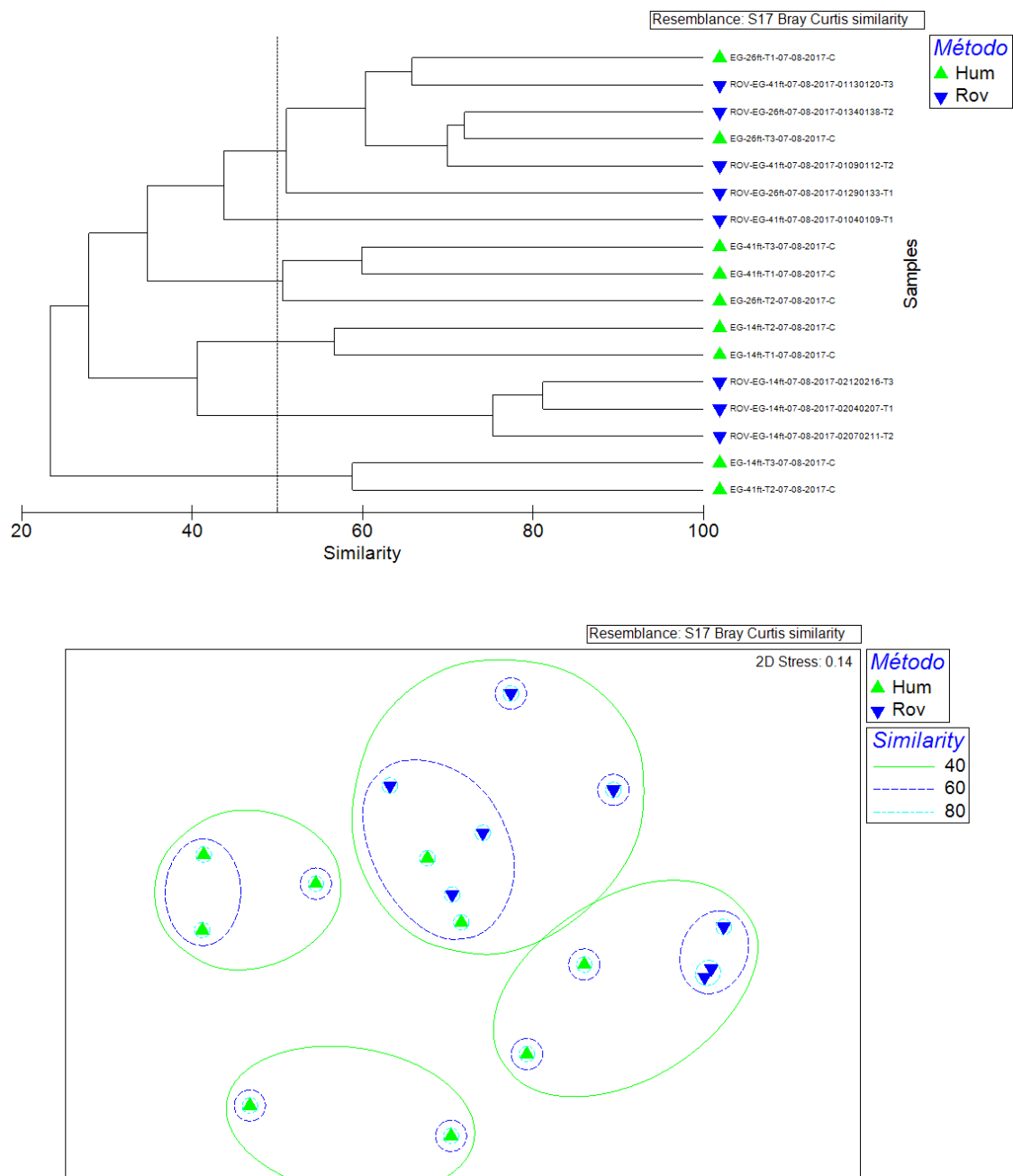
**Punta Norte.** Presenta un grupo principal, sin un arreglo definido en cuestión de métodos, para la parte de estratos, existe cierto acomodo en dirección vertical, abajo los estratos profundos y hacia arriba los niveles someros (Fig. 39) stress 0.13. No se aprecia un arreglo en los clústers correspondientes. Esta penúltima estación es la que alcanza los valores más altos en análisis anteriores, y podría ser debido al perfeccionamiento de la técnica Rov, que se realizó durante el estudio.

**La Dispensa.** Finalmente se muestran 4 grupos principales y un grupo secundario, la tendencia va de arriba hacia abajo en ambos métodos, esta continúa también para la parte de profundidades, presenta una ordenación en forma horizontal de izquierda a derecha, con los estratos más someros en la parte derecha y los estratos más profundos hacia la izquierda (Fig. 40) stress 0.13.

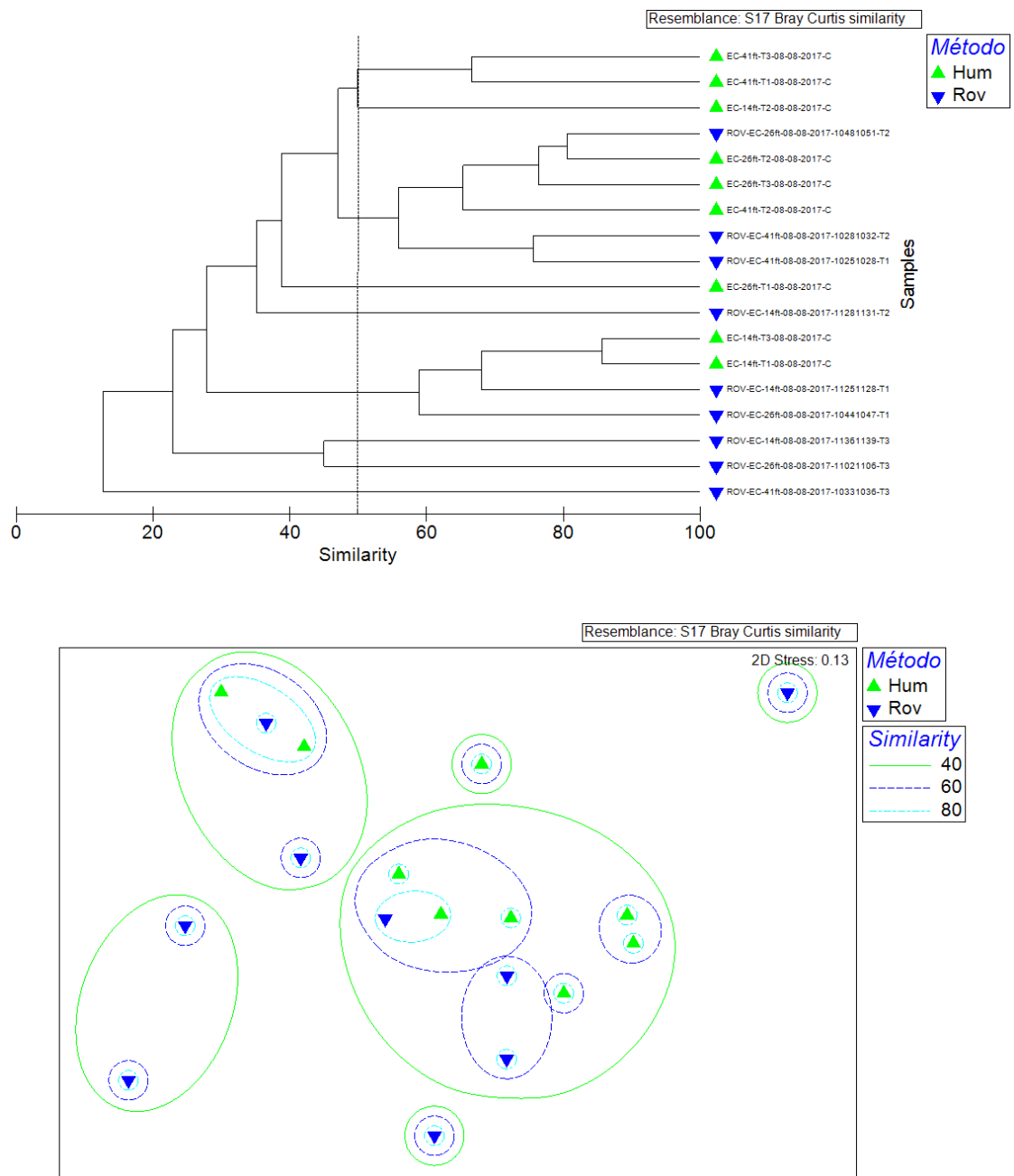


**Figura 33.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de La Gallina. B.C.S. México.

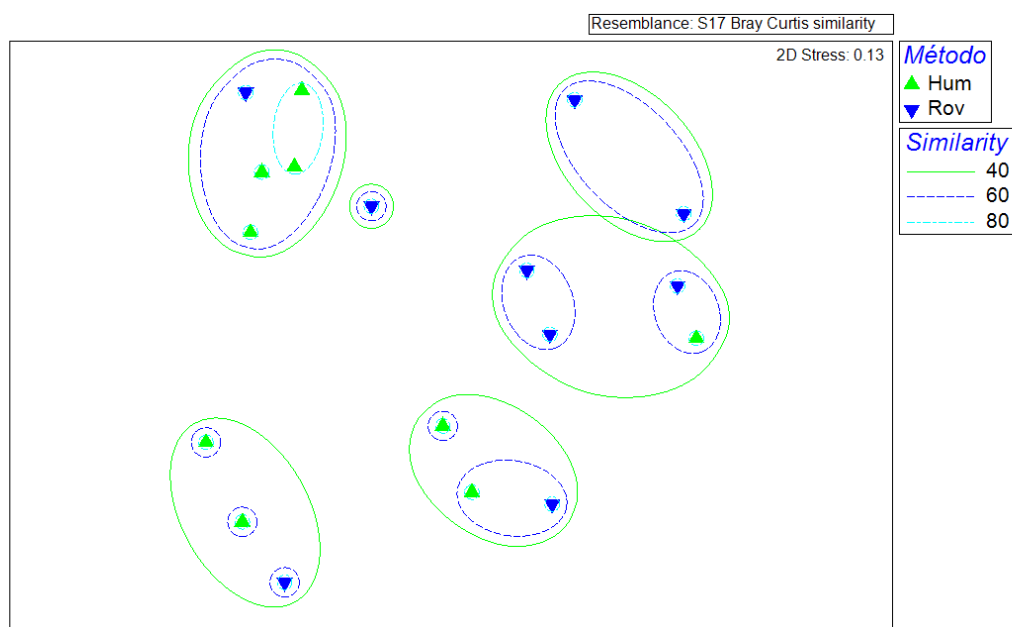
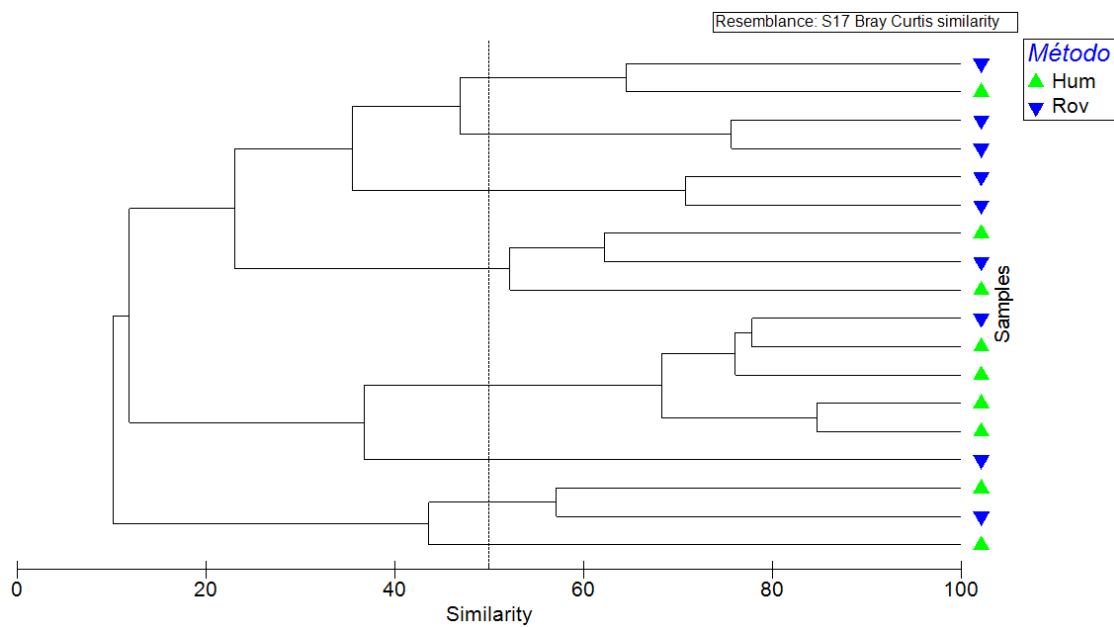




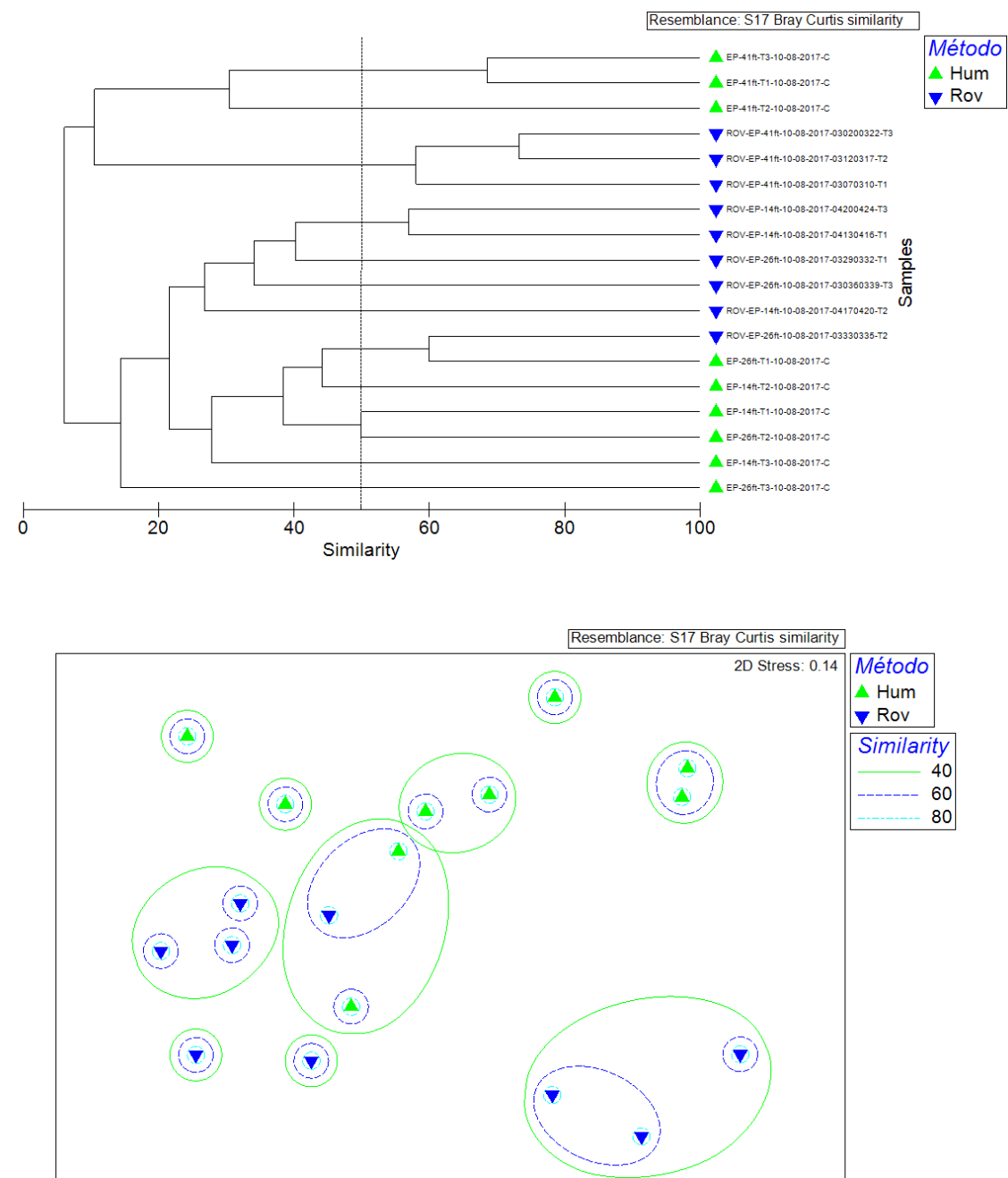
**Figura 34.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de El Gallo, B.C.S. México.



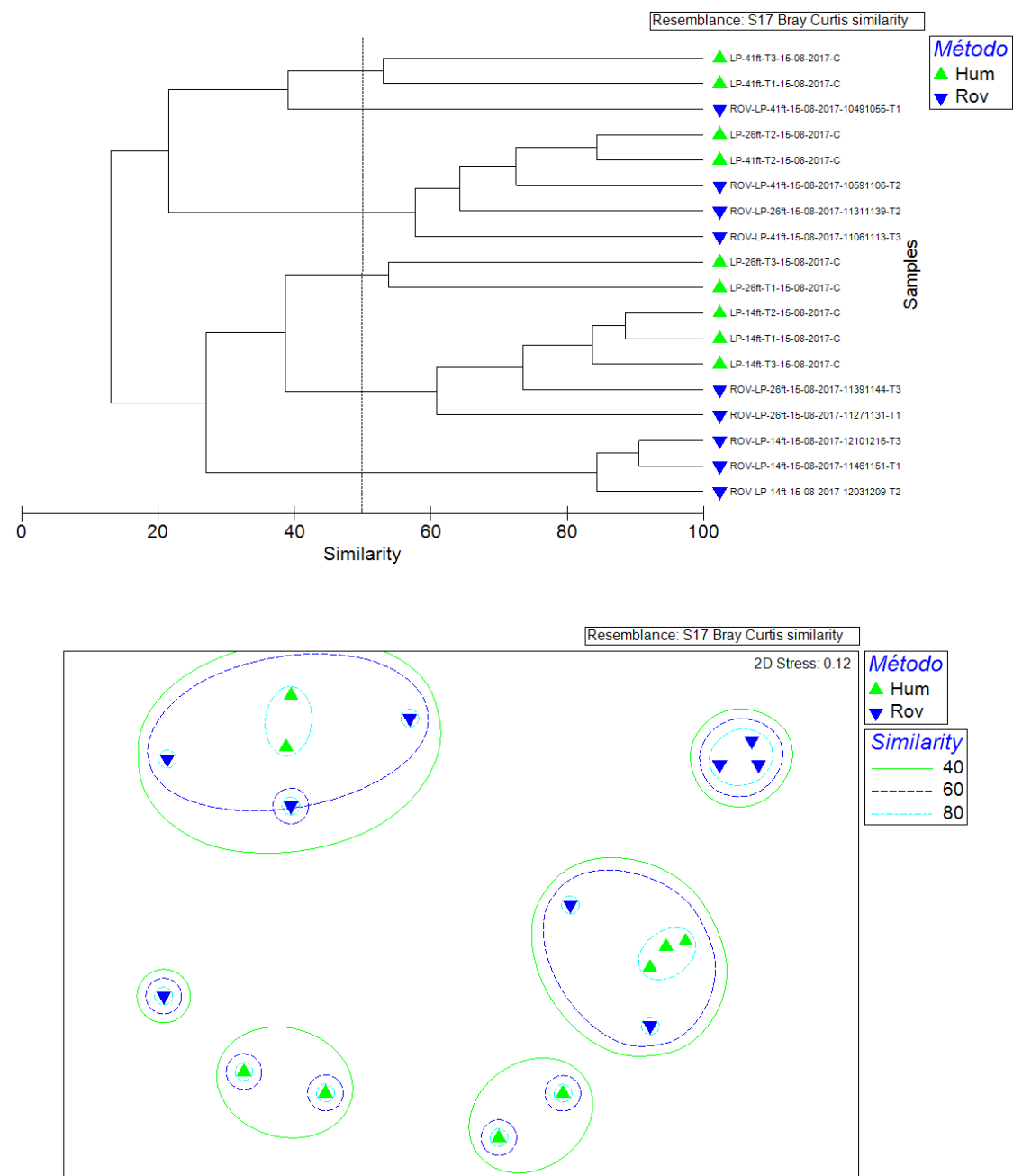
**Figura 35.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de El Coyote. B.C.S. México.



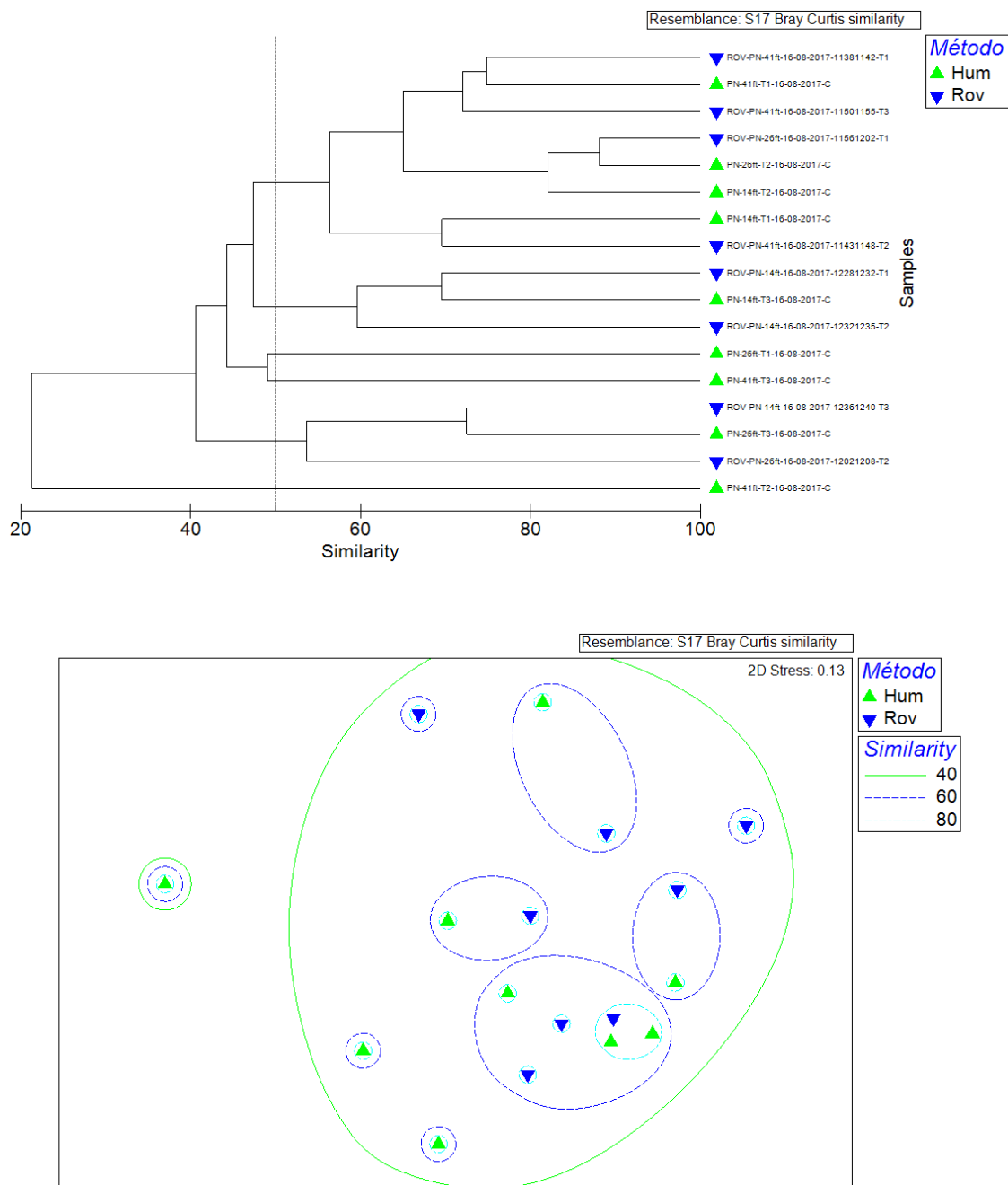
**Figura 36.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de Las Ánimas. B.C.S. México.



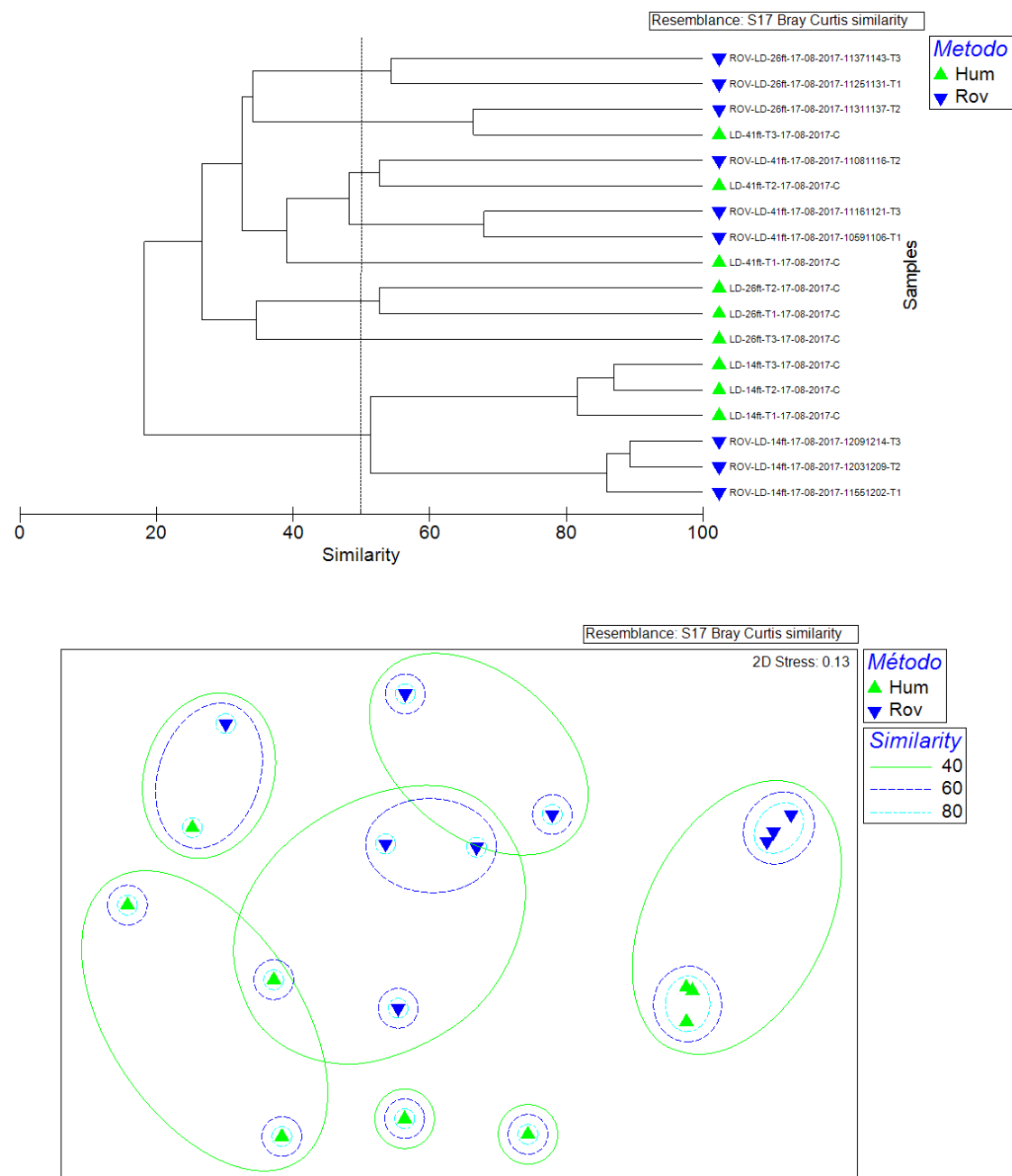
**Figura 37.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de El Pardito. B.C.S. México.



**Figura 38.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de La Partida. B.C.S. México.



**Figura 39.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de Punta Norte. B.C.S. México.



**Figura 40.** Clúster y nMDS dos métodos (buzo [Humano] y ROV) en la zona de La Dispensa. B.C.S. México.

En relación con las pruebas SIMPER, se observa que las especie *S. rectifraenum* domina en los estratos censados con buzos y ROV, y esto podría deberse a que es una especie poco móvil y conspicua. En general, para el método humano, 7 especies son las más representativas, mientras que el método Rov, solo cuenta con 5 (Tabla III).

**Tabla VII.** Similitud Porcentual (SIMPER) de los diferentes métodos de colecta (Grupo 1 Hum similitud = 19.58) (Grupo 2 Rov similitud = 21.23).

<b>GRUPO 1</b>				
<b>Especies</b>	<b>Abundancia promedio</b>	<b>Similitud promedio</b>	<b>% Contribución</b>	<b>% Acumulativo</b>
<i>Stegastes rectifraenum</i>	6.49	6.49	33.13	33.13
<i>Canthigaster punctatissima</i>	3.40	4.76	24.29	57.42
<i>Talassoma lucassanum</i>	11.28	4.58	23.39	80.81
<i>Abudefduf troschelii</i>	1.98	0.70	3.56	84.37
<i>Chromis atrilobata</i>	6.33	0.52	2.63	87.00
<i>Parantias colonus</i>	2.19	0.34	1.73	88.72
<i>Serranus psittacinus</i>	0.86	0.29	1.49	90.21

<b>GRUPO 2</b>				
<b>Especies</b>	<b>Abundancia promedio</b>	<b>Similitud promedio</b>	<b>% Contribución</b>	<b>% Acumulativo</b>
<i>Stegastes rectifraenum</i>	19.57	10.55	50.22	50.22
<i>Talassoma lucassanum</i>	23.7	6.79	32.36	82.58
<i>Abudefduf troschelii</i>	4.97	0.88	4.19	86.77
<i>Prionurus punctatus</i>	6.02	0.47	2.24	89.02
<i>Canthigaster punctatissima</i>	1.06	0.38	1.79	90.8

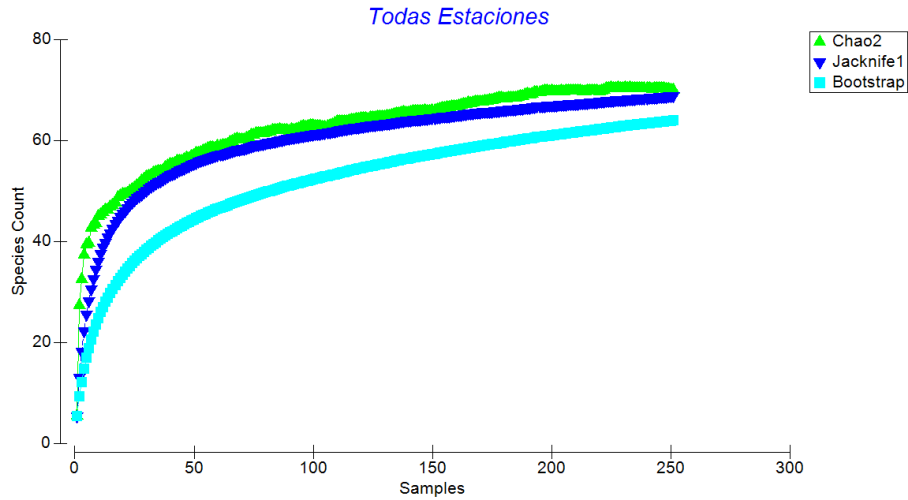
En cuanto a similitud entre especies con ambos métodos, se observa que *T. lucassanum*, *S. rectifraenum*, son las especies con mayor similitud promedio. En esta comparación, 19 especies clave son las más dominantes (Tabla IV).



**Tabla VIII.** Comparación SIMPER por ambos métodos de colecta (Humano vs ROV, disimilitud = 83.27).

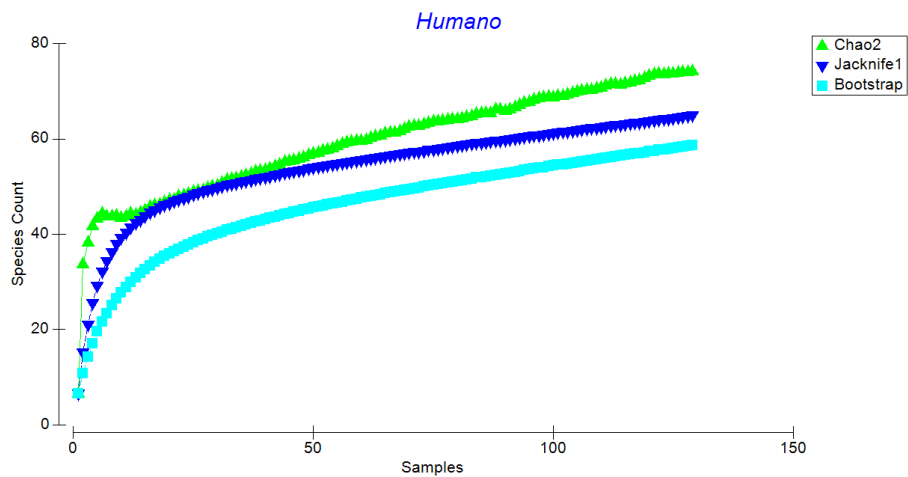
<b>Especies</b>	<b>Abun Hum</b>	<b>Abun Rov</b>	<b>Similitud promedio</b>	<b>% Contribución</b>	<b>% Acumulativo</b>
<i>Talassoma lucassanum</i>	11.28	23.7	18.89	22.69	22.69
<i>Stegastes rectifraenum</i>	6.49	19.57	14.08	16.91	39.6
<i>Parantias colonus</i>	2.19	6.86	5.13	6.16	45.76
<i>Abudefduf troschelii</i>	1.98	4.97	5.06	6.08	51.84
<i>Haemulon steindachneri</i>	3.24	6.2	4.85	5.83	57.66
<i>Prionurus punctatus</i>	1.59	6.02	4.28	5.15	62.81
<i>Chromis atrilobata</i>	6.33	1.15	4.14	4.97	67.78
<i>Canthigaster punctatissima</i>	3.4	1.06	3.27	3.93	71.71
<i>Lutjanus argentiventris</i>	0.28	3.57	2.51	3.01	74.72
<i>Chromis limbaughi</i>	1.22	2.89	2.46	2.96	77.68
<i>Serranus psittacinus</i>	0.86	1.36	2.08	2.5	80.18
<i>Lutjanus viridis</i>	0.91	2.2	1.87	2.24	82.42
<i>Microspathodon dorsalis</i>	0.61	2.16	1.7	2.05	84.46
<i>Caranx caballus</i>	0	2	1.32	1.59	86.06
<i>Chaetodon humeralis</i>	0.44	0.71	1.1	1.32	87.38
<i>Talassoma grammaticum</i>	0.77	0.11	0.88	1.06	88.44
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	0.79	0.02	0.79	0.94	89.38
<i>Crocodilichthys gracilis</i>	0.82	0	0.71	0.85	90.23
<i>Lythrypnus dalli</i>	0.79	0.00	0.92	1.12	90.30

#### 7.4 Curvas de acumulación de especies.



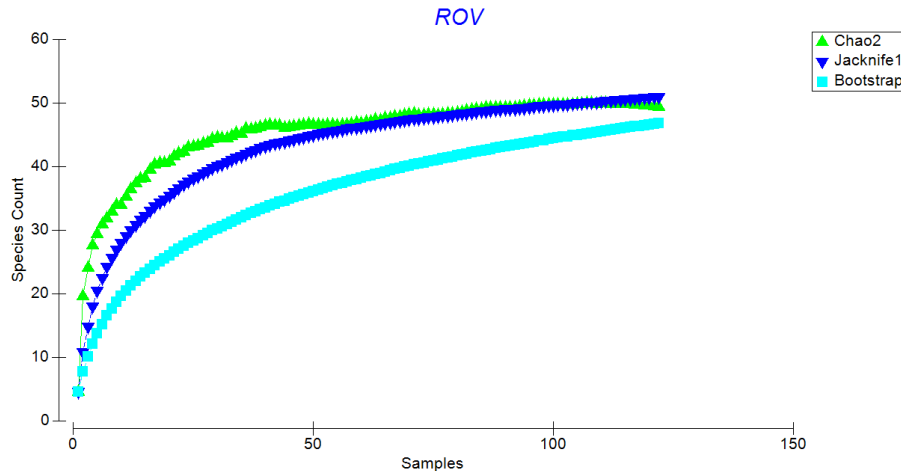
**Figura 41.** Curva de acumulación de especies, todas las estaciones de este estudio. 3 estimadores: Chao 2 (Ch2), Jacknife 1 (JN1), Bootstrap (Bst).

En relación a la curva de acumulación de especies, se puede observar que al parecer si es un buen esfuerzo de colecta (con ambos métodos), dado que la curva casi alcanza la asíntota. Se registraron 67 especies totales (Fig. 41). Los indicadores muestran valores de (70Ch2, 68JN1,64Bst), esto nos indica un 95% de representatividad en especies esperadas.



**Figura 42.** Curva de acumulación de especies, método Humano (Buzos, censos-visuales) del presente estudio.

Al realizar la comparación por métodos, se puede observar que el método con buzos no alcanza la asíntota, pero si muestra un arreglo similar a la curva anterior, donde se presentan todas las especies del estudio (Fig. 42). Los estimadores indican (74Ch2, 64JN1 y 58 Bst) de especies esperadas. Esto último presenta un 90% de representatividad, por lo que se espera que sean pocas las especies que aparezcan en censos posteriores.



**Figura 43.** Curva de acumulación de especies con el método de ROV (video-censos), del presente estudio.

Al realizar la comparación entre estaciones usando solo el método de ROV (Fig. 43), se observa que las especies acumuladas son relativamente menores (49Ch2, 50JN1, 46Bst). No se logra apreciar claramente la asíntota. La representatividad de especies esperadas fue del 74%, si bien es relativamente menor a los resultados obtenidos con el método tradicional, la presencia de especies críticas es casi nula, con lo que se esperaría que al aumentar el esfuerzo de colecta (e.j. mayor tiempo de grabación con cámara HD, en recovecos donde es más posible encontrar especies territoriales) los valores de los estimadores podrían mostrar un aumento significativo.

## 8. DISCUSIÓN

La Bahía de la Paz, es uno de los cuerpos de agua más productivos de la costa oriental del Golfo de California (Reyes-Salinas *et al.*, 2003). Las 522 especies reportadas para esta bahía en los trabajos de Abitia-Cárdenas *et al.* (1994) y las adiciones de Balart *et al.* (1995), representan el 57% de especies totales de este mar interior (911 especies). De las 333 especies reportadas como arrecifales, estas conforman el 36% de dicho rubro. El presente trabajo con sus 67 especies representa el 7% de las especies totales del Golfo de California y el 12% de las especies reportadas para Bahía de la Paz. Si bien las especies que aquí se registran pueden parecer pocas comparadas con otros trabajos de comunidades de peces de arrecife (de 50 a 150 especies), hay que considerar que éstos utilizan escalas temporales más amplias (1 año), contrario a este estudio, donde el tiempo de muestreo fue mucho menor (2 meses) sencillamente porque el objetivo es diferente.

Entre algunas de las ventajas del uso del mini ROV observadas durante el desarrollo de este proyecto, podemos mencionar que no es necesario seguir el protocolo de buceo tradicional, que consiste en empezar el censo en la parte más profunda para ir subiendo sucesivamente. Dado que no existe la posibilidad de barotraumas, se podrían iniciar los censos de modo inverso o como se desee. Solo queda la incógnita de si los peces se irán desplazando a mayor profundidad o desplazarán lateralmente, debido al ruido o a las luces del aparato; existen trabajos que describen dicho efecto (Patterson *et al.*, 2009; Stanley y Wilson, 2000), sin embargo, todavía no está bien documentado. Tampoco existen los inconvenientes de la temperatura del agua, que tiene influencia sobre el desempeño del buceador, ya sea frío en invierno o calor en verano, ya que ambos repercuten tanto en fatiga, como en la concentración a la hora de censar.

Una observación que vale la pena discutir, es que aumentando el tiempo de grabación de video -igual que los censos convencionales, aumentando las réplicas- y mejorando la calidad del mismo utilizando la cámara GoPro (o equivalente), podría incrementarse el número de taxones registrados, puesto que tienen mejor resolución, lo que eventualmente podría mejorar en especies crípticas. El análisis SIMPER muestra que las especies representativas en ambos métodos son similares salvo en especies crípticas. Willis (2001) menciona que los censos visuales subestiman las especies crípticas hasta un 90%, por lo que se infiere que el método de

censo usando ROV debe estar sometido a este sesgo con mayor razón, aunado a que los censos visuales tienden a sobrestimar especies conspicuas por motivos propios de cada metodología existente (Jind, 2012; Willis, 2001). Utilizando censos visuales con buzos se determinaron 7 especies crípticas, mientras que con el video censo ROV solo una (*C. oxycephalus*). Con algunas especies conspicuas no hubo mayor diferencia entre ambos metodos, como por ejemplo con *A. troschellii* (41 eventos de registro con buzos vs 39 con mini ROV), *S. rectifraenum* (97 vs 95 registros), *T. lucassanum* (71 vs 67). Pero con la disminución de tamaño si se evidencian diferencias: *C. punctatissima* tuvo 99 registros con buzos y solo 36 con mini ROV. En otras especies parece ser el comportamiento (aparentemente más por la luz que por el ruido) y movilidad como *L. argentiventris* (25 vs 11) y *B. polylepis* (7 vs 1), por mencionar algunas.

Una ventaja, no explorada en este trabajo, es la posibilidad de realizar censos nocturnos para el registro de peces con hábitos nocturnos, es que el mini ROV virtualmente no tiene limitaciones técnicas ni logísticas. Aquí se registrarían las especies mencionadas en el trabajo de Hobson, (1965) “Holocéntridos”, “Apogónidos”, carnívoros como “Serránidos” y algunos “Lutjánidos” que si bien se pueden encontrar en el ciclo diurno, muestran hábitos diferentes de alimentación durante el crepúsculo.

En general se realizó un buen esfuerzo de muestreo, dada la representatividad obtenida con las curvas de acumulación, 95% para ambos métodos, así como 90% y 74 % para la técnica con buzos y ROV respectivamente. Sin embargo existen evidencias para argumentar que esta última técnica no se encuentra explotada en todo su potencial; por una parte las especies crípticas están poco representadas; y establecer las diferencias entre diferentes técnicas como transectos, cilindros, muestra aleatorizada, intervalos de profundidad (Depth Interval Transect DIT, para explorar el plano vertical, usado por Ajemian, *et al.*, (2015) así como Stanley y Wilson, (2000) y finalmente anexar resultados obtenidos en campañas nocturnas. Fernández-Rivera Melo, (2006) menciona que aplicar censos en cilindro al inicio y final de cada transecto, podría permitir comparaciones directas con otros estudios de la región, y a su vez, permitiría la comparación con otros trabajos que utilizan técnicas similares a la presente disertación.

También hay que resolver el conteo de individuos cuando las densidades son altas y dificultan la apreciación si la calidad de video es pobre (Fig. 45). Esta dificultad también se da en los censos visuales tradicionales, pero en filmaciones como el caso de la cámara asociada al mini ROV, se podría solucionar mediante el uso de reconocimiento visual digital implementando un algoritmo. Parry (2002), menciona que, en zonas de alta densidad, podría ser más costoso el uso de ROVs, dado que se puede realizar en una menor cantidad de tiempo que utilizando buceadores. Sin embargo, en algunas especies, los buzos lograron una mejor recolecta de datos, comparados con los obtenidos mediante el uso de ROVs.

La corriente es otro aspecto que influye en el comportamiento de las especies (Trenkel *et al.*, 2004), además debe tener repercusiones en el número de individuos que son registrados en el transecto, en especial los que se realiza utilizando el método de ROV. Además, dicha técnica se encuentra limitada por la velocidad que pueden desarrollar los thrusters, por lo tanto, condiciones mayores a 4 nudos de corriente dificultan la mayoría de las maniobras que pueden realizarse con el ROV. Para la implementación del método de censo en cilindro usando ROV esto podría suponer dificultades en el desempeño, sin embargo, existe la posibilidad de navegar en un rumbo predefinido utilizando dichas condiciones a favor, apoyado con el método de “cabo de vida” similar a la técnica “live-boating” de Ajeiman *et al.* (2015), (ver apartado de material y métodos) el cual permite en gran medida abarcar áreas extensas y profundas, con un mínimo riesgo de enredos del cable umbilical, ocasionado por condiciones de corriente moderada o intensa.

Patterson *et al.* (2009) menciona que una ventaja de usar ROVs, es que no ahuyenta a los peces, a excepción de pargo rojo (red snapper), que llega a mostrarse inquieto cuando se prenden las luces. Lo anterior es importante, dado que menciona a Stanley y Wilson (1995) quienes comprueban dicho sesgo usando buzos y realizando comparaciones mediante el uso de equipo hidroacústico. También menciona que los costos de adquirir un equipo de este tipo (VideoRay Pro III) ronda entre los 30 mil dólares americanos (Green y Alevizon, 1989; Patterson *et al.*, 2009) pero considerando los costos de mantenimiento anual del equipo SCUBA, salarios, seguros, gastos de logística etc. Dichos costos pueden llegar a ser equiparables, dado que se puede realizar el mismo número de monitoreos utilizando una tripulación de 4 elementos para

operar el ROV, comparado con la contratación de 6 buzos más una tripulación de dos elementos, donde dichos costos pueden llegar alrededor de los 50 mil dólares en un proyecto de 4 años (Patterson *et al.* 2009). Por último, menciona las ventajas de usar censos en cilindros, en distancias no mayores de 2.5 m, otra ventaja es que se tiene un registro de las especies censadas, cosa que no ocurre con los censos submarinos tradicionales, y esto es una ventaja cuando existe una densidad y/o diversidad alta (Fig. 45). Además, proporciona cierta reproducibilidad para comparaciones posteriores. En cuanto a la información que se puede recabar de acuerdo con la profundidad, el uso de vehículos remotos puede presentar ciertas ventajas. No existen grandes diferencias de error sistemático en ambos métodos de recolecta (Parry, 2002) por lo que estos métodos remotos, pueden aplicarse de forma relativamente confiable.

### **8.1 Calibración de métodos.**

El análisis comparativo de los descriptores básicos de los ensamblajes de peces asociados a arrecifes en los 15 sitios utilizados en Bahía de La Paz arroja valiosa información respecto a los objetivos del presente estudio. En primera, las diferencias entre sitios son mayores y diferentes que entre métodos empleados. Las tablas III a VI muestran que las diferencias más evidentes entre sitios son en abundancia (45.4% de los valores muestran diferencias estadísticamente significativas), seguidos por diferencias en la riqueza y la diversidad (34.8%) y finalmente en equidad (22.7% de los valores). Entre métodos la comparación se hizo sitio por sitio y se resume en la Tabla VII. La mayor diferencia ocurre en la abundancia, donde en 6 sitios (40%) si hay diferencias estadísticas; los censos con buzos dan conteos menores que el mini ROV. En la riqueza y diversidad registramos diferencias significativas en 5 de los 15 sitios (33%); el censo con buzos detectó mayor número de especies que el mini ROV, y por lo mismo los valores de diversidad resultaron menores con los datos del mini ROV. No encontramos diferencia significativa alguna en cuanto a equitatividad entre ambos métodos.

En segunda, y quizás debió preverse, no se encontraron prácticamente diferencias entre estratos de profundidad entre métodos en cada sitio. Quizás la diferencia entre el estrato somero y profundo fue escasa y no cambió sustancialmente la estructura del hábitat, y por lo mismo los ensamblajes ícticos fueron los mismos. Hay que hacer notar, sin embargo, que la mayoría de los

arrecifes visitados son someros, y los que tienen mayor profundidad en su mayoría presentaron arena en los estratos inferiores. Por lo tanto, será importante buscar otros sitios en otras localidades donde hacer pruebas pilotos realmente hasta los 30 m con estratos claramente diferenciados.

La riqueza mostró diferencias entre ambos métodos. Ya se mencionó que los buzos registraron mayor número de especies que el mini ROV, y esto quedo también evidenciado en el análisis de acumulación de especies. En censos con buzos se registró el 90% del total predicho por el análisis mientras que solo el 74% de las especies con censos con mini ROV. Las diferencias derivan del tamaño y comportamiento de las especies. Las especies conspicuas fueron registradas por ambos métodos, pero a medida que el tamaño se reduce o son de hábitos criptobénticos, disminuye la captación por el ROV.

**Tabla VII.** Tabla resumen de la existencia, o no, de diferencias significativas entre los estimadores obtenidos a partir de la información con ambos métodos, censos visuales con buzos y mini Rov. N: abundancia, S: riqueza específica, J': equitatividad y H': diversidad en cada uno de los sitios.

Sitio	N	S	J'	H'
PD	≠	=	=	=
MER	=	=	=	=
SR	=	=	=	=
G	=	≠	=	=
PB	≠	=	=	=
PL	≠	=	=	=
LB	=	=	=	≠
LG	=	=	=	≠
EG	=	≠	=	≠
EC	=	=	=	=
LA	=	≠	=	≠
EP	≠	=	=	=
LP	≠	≠	=	=
PN	=	≠	=	≠
LD	≠	=	=	=



## 9. CONCLUSIONES

Aunque existen diferencias entre ambas metodologías, su uso complementario en arrecifes someros redundará en una caracterización más completa y equilibrada ya que los sesgos son diferentes.

Las diferencias entre ambos métodos derivan de una subestimación de la abundancia con censos tradicionales y subestimación de la riqueza con censos desarrollados por el mini ROV. Esto será relevante a la hora de interpretar datos de profundidades mesofóticas.

Es necesario mejorar los registros de especies ícticas pequeñas, con la adición de otras cámaras con mayor resolución y nitidez (como GoPro o equivalentes) al mini ROV, y aplicando menor velocidad en los censos.

## 11. LITERATURA CITADA

- Abitia-Cárdenas, L.A., J. Rodríguez-Romero., F. Galván-Magaña, J. De la Cruz-Agüero., H. Chávez-Ramos. 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de La Paz, Baja California Sur, México. *Cienc. Mar.* 20: 159-181.
- Aburto-Oropeza M.O. 1999. Relación entre la distribución y la diversidad con respecto al hábitat, de la ictiofauna arrecifal de Los Islotes, B.C.S., México. Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos, *Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*, Instituto Politécnico Nacional. 75 pp.
- Aburto-Oropeza O., E.F. Balart. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Marine Ecology*. 22: 283-305.
- Aburto-Oropeza, O., M. Caso., B. Erisman., E. Ezcurra. 2010. Bitácora del mar profundo: una expedición por el Golfo de California. Instituto Nacional de Ecología, UCMEXUS, Scripps Institution of Oceanography, México, DF.
- Ajemian M. J., J. Jarrell-Wetz., B. Shipley-Lozano., G. W. Stunz. 2015. Rapid assessment of fish communities on submerged oil and gas platform reefs using remotely operated vehicles. *Fisheries Research*. Volume 167. 143-155, ISSN 0165-7836.
- Allen, G.R., D.R. Robertson. 1994. Fishes of the tropical eastern Pacific. University of Hawaii Press, Honolulu. 332 p.
- Álvarez-Filip, L., H. Reyes-Bonilla. 2006. Comparison of community structure and functional diversity of fishes at Cabo Pulmo coral reef, western Mexico between 1987 and 2003. *Proceeding of 10th International Coral Reef Symposium*. 216-225.
- Álvarez-Filip, L., H. Reyes-Bonilla., L.E. Calderón-Aguilera. 2006. Community structure of fishes in Cabo Pulmo reef, Gulf of California. *Mar. Ecol.* 27: 253-262.
- Aristizábal L.M., S. Rúa., C. E. Gaviria., S. P. Osorio., C. A. Zuluaga., N. L. Posada., R. E. Vásquez. 2016. Design of an open source-based control platform for an underwater remotely operated vehicle. *DYNA* 83 (195), pp. 198-205.
- Arreola Robles, J.L. 1998. Diversidad de Peces de Arrecife en la Región de la Paz, B.C.S., México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos, Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, 83 p.
- Arreola-Robles, J.L., J.F. Eloduy-Garay. 2002. Reef fish diversity in the region of La Paz, Baja California Sur, México. *Bull. Mar. Sci.* 70(1):1-18.

- Balart, E.F., J.L. Castro-Aguirre., D. Auriol-Gamboa., F. García-Rodríguez., C. Villavicencio-Garayzar. 1995. Adiciones a la ictiofauna de Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica* 5(1-2): 79-85.
- Barjau, E., J. Rodríguez-Romero., F. Galván., F. Gutiérrez., J. López. 2012. Estructura temporal y espacial de la comunidad de peces arrecifales de la Isla San José, Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 60(2).
- Bejarano Rodriguez, I. 2013. Deep Reef Fishes off La Parguera Insular Slope, Puerto Rico, and their Connectivity with Shallow Reefs. Tesis de Doctorado. University of Puerto Rico, Mayaguez. 132 p.
- Bo, M., Bava, S., Canese, S., Angiolillo, M., Cattaneo-Vietti, R., Bavestrello, G. 2014. Fishing impact on deep Mediterranean rocky habitats as revealed by ROV investigation. *Biological Conservation*, 171, 167-176.
- Bongaerts, P., Ridgway, T., Sampayo, E. M., Hoegh-Guldberg, O. 2010. Assessing the 'deep reef refugia' hypothesis: focus on Caribbean reefs. *Coral reefs*, 29(2), 309-327.
- Clarke K.R., R.M. Warwick. 2001 Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation, 2nd. Edition. PRIMER-E Ltd. Plymouth. U.K. 190 p.
- Clarke, K.R., R.N. Gorley. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, 192pp
- Cruz O., R., C. Martínez N., A. Mendoza M., 1996. Batimetría y sedimentos de la Bahía de La Paz, B. C. S., México. *Oceánides*, 11 (1): 21-27.
- Díaz Barriga, A. C., M. E. Martínez Delgado. 2002. Planeación y concertación para el manejo sustentable de la isla del Espíritu Santo, Baja California Sur Gaceta Ecológica, núm. 62, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México. pp. 48-55
- Espinosa-Gayosso, C.V., S.T. Álvarez-Castañeda. 2006. Status of *Dipodomys insularis*, an endemic species of San José Island, Gulf of California, México. *Journal of Mammalogy*. 87 (4): 677-682.
- Fernández-Rivera Melo, F.J. 2007. Estructura comunitaria de peces arrecifales en el oeste del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 94 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México.

- Green L.E., Alevison W.S. 1989. Comparative accuracies of visual assessment methods for coral reef fishes. *Bulletin of Marine Science*. 44(2): 899-912
- Hastings P.A., Findley L.T., Van der Heiden A.M. 2010. Fishes of the Gulf of California. Pp: 96–118. In: Brusca R. (ed.). *The Gulf of California. Biodiversity and Conservation*. University Arizona Press. Tucson, AZ, USA
- Hobson, E. S. 1965. Diurnal-nocturnal activity of some inshore fishes in the Gulf of California. *Copeia*, 291-302.
- Holguin-Quiñones, O., E. González-Medina., F. Solis-Marin., E. Felix-Pico. 2008. Variación espacio-temporal de Scleractinia, Gorgonacea, Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda, Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea de fondos someros de Isla San José, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 56 (3): 1189–1199.
- Humann, P., DeLoach, N. (2004) Reef fish identification. Baja to Panama. New World Publications, Jacksonville, Florida, United States of America, 343 pp.
- Jind, S. 2012. A comparison of two underwater visual sampling techniques used to estimate tropical reef fish communities. Bachelor thesis. Dalhousie University Halifax, Nova Scotia. 49 pp.
- Lawlor T. D. Hafner., P. Stapp., B. Riddle., S.T. Álvarez-Castañeda. 2002. The mammals. In: A new island biogeography of the Sea of Cortes (Case T. Cody M. Ezcurra E., eds.). *Oxford University Press*, New York. Pp. 326–361
- Lobera-Álvarez, P. 2007. Distribución espacial y temporal de aves marinas y costeras en la isla San José, Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. U.A.B.C.S. México.
- Loya Y., G. Eyal., T. Treibitz., M. P. Lesser., R. Appeldoorn. 2016. Theme section on mesophotic coral ecosystems: advances in knowledge and future perspectives. *Coral Reefs*. 35:1–9. DOI 10.1007/s00338-016-1410-7
- Martínez-López, A., R. Cervantes-Duarte., A. Reyes-salinas., J. E. Valdez-Holguin. 2001. Cambio estacional de clorofila a en La Bahía de La Paz, BCS, Mexico.pdf. *Hidrobiologica* 11, 45–52.
- Mallet, D., Wantiez, L., Lemouellic, S., Vigliola, L., Pelletier, D. 2014. Complementarity of rotating video and underwater visual census for assessing species richness, frequency and density of reef fish on coral reef slopes. *PloS one*, 9(1), e84344.
- Mejía Mercado, B. E. 2013. Caracterización de la fauna íctica de profundidad encontrada en las fallas y cuencas del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California (CICESE).

Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. 4a ed. New Jersey: John Wiley. 601 p.

NORSOK, NORSOK STANDARD U-102, Norwegian Technology Centre Std., 2nd Ed. <http://www.standard.no/petroleum>

Obeso-Nieblas, M., Shirasago-Germán, B., Gaviño-Rodríguez, J., Perez-Lezama, E., Obeso-Huerta, H., Jiménez-Illescas, Á. 2008. Variabilidad hidrográfica en Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(3), 559-567.

Parry, D.M., L.A. Nickell., M.A. Kendall., M.T. Burrows., D.A. Pilgrim., M.B. Jones. 2002. Comparison of abundance of burrowing megafauna from diver and remotely operated vehicle observations. *Marine Ecology Progress Series* 244:89-93.

Patterson III, W. F., M.A. Dance., D.T. Addis. 2009. Development of a remotely operated vehicle based methodology to estimate fish community structure at artificial reef sites in the northern Gulf of Mexico. In Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute (Vol. 61, pp. 263-270).

Pereira-Filho G. H., G. M. Amado-Filho., S. M. P. B. Guimarães., R. L. Moura., P. Y. G. Sumida., D.P. Abrantes., R. G. Bahia., A. Z. Güth., R. R. Jorge., R. B. Francini Filho. 2011. Reef fish and benthic assemblages of The Trindade and Martin Vaz island group, southwestern atlantic. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59(3):201-212.

Pérez España, H., L.A. Abitia Cárdenas., F. Galván Magaña. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del suroeste del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, vol. 22, núm. 3, Universidad Autónoma de Baja California Ensenada, México pp. 273-294.

Reyes Salinas, A., R. Cervantes Duarte., R. Morales Pérez., J. Valdez Holguín. 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la Bahía de la Paz, B. C. S. *Hidrobiológica*, 13 (2), 103-110.

Rodríguez-Romero, J., A.F. Muhlia-Melo, F. Galván-Magaña, F.J. Gutiérrez-Sánchez., V. García-López. 2005. Fish assemblages around Espiritu Santo Island and Espiritu Santo Seamount in the lower Gulf of California, México. *Bull. Mar. Sci.* 77(1): 33-50.

Romero Ponce, R. C. (2004). Ecología trófica y dinámica poblacional de *Scorpaenodes xyris* (Jordan y Gilbert, 1882)(Scorpaeniformes: Scorpaenidae) en la comunidad arrecifal de peces crípticos de la Bahía de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. CIBNOR.

Salinas-González, F., O. Zaytsev., V. Makarov. 2003 .Formation of the thermohaline structure of water in the Bahía de La Paz from summer to autumn. *Ciencias Mar.* **29**, 51–65.

Secretaría de Gobernación-Secretaría de Marina. 1987. Islas mexicanas, régimen jurídico y catálogo, México. SEGOB/SEMAR, México. 154 p

Stanley, D. R., C. A. Wilson. 1995. Effect of scuba divers on fish density and target strength estimates from stationary dual-beam hydroacoustics. *Transactions of the American Fisheries Society*, 124(6), 946-949.

Stanley, D.R., C.A. Wilson. 2000. Seasonal and Spatial Variation in the Biomass and Size Frequency Distribution of Fish Associated with Oil and Gas Platforms in the Northern Gulf Of Mexico. OCS Study MMS 2000-005. Prepared by the Coastal Fisheries Institute, Center for Coastal, Energy and Environmental Resources Louisiana State University. U.S. Dept. of the Interior, Minerals Mgmt. Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA 252pp.

Stoner, A. W., C. H. Ryer., S. J. Parker., P.J. Auster., W.W. Wakefield. 2008. Evaluating the role of fish behavior in surveys conducted with underwater vehicles. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(6), 1230-1243

Thomson D.A., L.T. Findley., A.N. Kerstitch. 2000. Reef Fishes of the Sea of Cortez: The Rocky-Shore Fishes of the Gulf of California. University of Texas Press, Austin, TX, USA.

Trenkel, V. M., R.C. Francis., P. Lorance., S. Mahévas., M.J. Rochet., D.M. Tracey. 2004. Availability of deep-water fish to trawling and visual observation from a remotely operated vehicle (ROV). *Marine Ecology Progress Series*, 284, 293-303.

Viesca-Lobatón C., E.F. Balart, A. González-Cabello, I. Mascarenas-Osorio, O. Aburto-Oropeza, H. Reyes-Bonilla., E. Torreblanca. 2008. Peces arrecifales. Pp. 385-428. En: Danemann G.D. y E. Ezcurra (Eds.), Bahía de los Ángeles: Recursos naturales y comunidad. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

Villarreal-Cavazos, A., H. Reyes-Bonilla., B. Bermúdez-Almada., O. Arizpe-Covarrubias. 2000. Los peces del arrecife de Cabo Pulmo, Golfo de California, México: Lista sistemática y aspectos de abundancia y biogeografía. *Revista de Biología Tropical*, 48(2-3), 413-424.

Villegas-Aguilera, M. M. 2009. Fitoplancton silíceo de la zona eufótica, como señal de la productividad primaria en Cuenca Alfonso, Golfo de California. 78 (2009).

Villegas Sánchez, C. A. 2004. Ictiofauna de arrecifes rocosos en la Isla San José, BCS, México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México

Willis, T. J. 2001. Visual census methods underestimate density and diversity of cryptic reef fishes. *Journal of Fish Biology*, 59(5), 1408-1411.

Xianbo-X., N. Zemin., L. Lapierre., Z. Mingjiu. 2015. Hybrid underwater robotic vehicles: the state-of-the-art and future trends. *HKIE Transactions* Vol. 22, Iss. 2.

Zayas Álvarez, J.A., 2005. Análisis temporal de la estructura comunitaria de los peces crípticos asociados a un arrecife artificial en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S., México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, viii, 87 h.

Zar, J.H. 1996. Bioestatistical analysis. Prentice Hall, Inc. New Jersey. 662 p.

## 12. ANEXOS

### Lista Sistemática:

#### CLASE CHONDRICHTHYES

Orden Myliobatiformes

Familia Urolophidae

*Urobatis halleri* (Cooper, 1863)

Familia Dasyatidae

*Dasyatis brevis* (Garman, 1880)

#### CLASE ACTINOPTERYGII

Subclase Neopterygii

División Teleostei

Orden Elopiformes

Familia Elopidae

*Elops affinis* Regan, 1909

Orden Anguilliformes

Suborden Muraenoidei

Familia Muraenidae

*Gymnomuraena zebra* (Shaw, 1797)

*Gynmotherax castaneus* (Jordan y Gilbert, 1883)

Suborden Congroidei

Familia Congridae

*Heteroconger digueti* (Pellegrin, 1923)



Orden Lophiiformes

Suborden Antennarioidei

Familia Antennaridae

*Fowlerichthys avalonis* (Jordan & Starks, 1907)

Orden Mugiliformes

Familia Mugilidae

*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758

Orden Beryciformes

Suborden Holocentroidei

Familia Holocentridae

*Sargocentron suborbitalis* (Gill, 1863)

*Myripristis leiognathus* Valenciennes, 1846

Orden Gasterosteiformes

Suborden Syngnathoidei

Familia Aulostomidae

*Aulostomus chinensis* (Linnaeus, 1766)

Familia Fistularidae

*Fistularia commersonii* Rüppell, 1835

Orden Scorpaeniformes

Suborden Scorpaenoidei

Familia Scorpaenidae

*Scorpaena mystes* Jordan & Starks, 1895

Orden Perciformes

Suborden Percoidei

Familia Serranidae

*Alphestes immaculatus* Breder, 1936

*Cephalopholis panamensis* (Steindachner, 1877)

*Epinephelus labriformis* (Jenyns, 1840)

*Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877)

*Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868)

*Parantias colonus* (Valenciennes, 1846)

*Serranus psittacinus* Valenciennes, 1846

Fam Opistognathidae

*Opistognathus rosenblatti* Allen y Robertson, 1991

Familia Carangidae

*Caranx caballus* Günther, 1869

*Trachinotus rhodophus* Gill, 1863

Familia Lutjanidae

*Hoplopagrus guntheri* Gill, 1862

*Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869)

*Lutjanus novemfasciatus* Gill, 1862

*Lutjanus viridis* (Valenciennes, 1846)

Familia Haemulidae

*Anisotremus interruptus* (Gill, 1862)

*Haemulon sexfasciatum* Gill, 1863

*Haemulon steindachneri* (Jordan y Gilbert, 1882)

Familia Sparidae

*Calamus brachysomus* (Lockington, 1880)

Familia Mullidae

*Mulloidichthys dentatus* (Gill, 1863)

Familia Kyphosidae

*Kyphosus analogus* (Gill, 1863)

*Girella simplicidens* Osburn y Nichols, 1916

Familia Chaetodontidae

*Chaetodon humeralis* Günther, 1860

*Johnrandallia nigrirostris* (Gill, 1862)

Familia Pomacanthidae

*Holacanthus passer* Valenciennes, 1846

*Pomacanthus zonipectus* (Gill, 1862)

Familia Cirrhitidae

*Cirrhitichthys oxycephalus* (Bleeker, 1855)

*Cirrhitus rivulatus* Valenciennes, 1846

Familia Pomacentridae

*Abudefduf troschelli* (Gill, 1862)

*Chromis atrilobata* Gill, 1862

*Chromis limbaughi* Greenfield y Woods, 1980

*Microspathodon bairdii* (Gill, 1862)

*Microspathodon dorsalis* (Gill, 1862)

*Stegastes rectifraenum* (Gill, 1862)

## Familia Labridae

*Bodianus diplotaenia* (Gill, 1862)*Thalassoma grammaticum* Gilbert, 1890*Thalassoma lucasanum* (Gill, 1863)

## Familia Scaridae

*Scarus compressus* (Osburns y Nichols, 1916)*Scarus ghobban* Forsskål, 1775*Scarus rubroviolaceus* Bleeker, 1847

## Suborden Blennioidei

## Familia Tripterygiidae

*Crocodilichthys gracilis* Allen y Robertson, 1991

## Familia Blenniidae

*Ophioblennius steindachneri* Jordan y Evermann, 1898*Plagiotremus azaleus* (Jordan y Bollman, 1890)

## Suborden Gobioidi

## Familia Gobiidae

*Elacatinus puncticulatus* (Ginsburg, 1938)*Lythrypnus dalli* (Gilbert, 1890)

## Suborden Acanthuroidei

## Familia Zanclidae

*Zanclus cornutus* (Linnaeus, 1758)

## Familia Acanthuridae

*Acanthurus nigricans* (Linnaeus, 1758)*Prionurus punctatus* Gill, 1862

Orden Tetraodontiformes

Suborden Balistoidei

Familia Balistidae

*Balistes polylepis* Steindachner, 1876

*Sufflamen verres* (Gilbert y Starks, 1904)

*Pseudobalistes naufragium* (Jordan & Starks, 1895)

Familia Tetraodontidae

*Arothron meleagris* (Lacepède, 1798)

*Canthigaster punctatissima* (Günther, 1870)

Familia Diodontidae

*Diodon holocanthus* Linnaeus, 1758

*Diodon hystrix* Linnaeus, 1758



**Figura 44.** Escala láser sobre grupo de Huachinangos (*Lutjanus peru*) Isla Espíritu Santo



**Figura 45.** Escuela de pargos amarillos (*Lutjanus argentiventris*), Bahía de La Paz. Baja California Sur.