



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**ESTRUCTURA TOPOLÓGICA DE LA TRAMA ALIMENTARIA DE LA
BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

B.M. SERGIO ROMÁN MACIEL ZAPATA

LA PAZ, B.C.S., ENERO, 2017



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 10 del mes de Enero del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

**“ESTRUCTURA TOPOLÓGICA DE LA TRAMA ALIMENTARIA
DE LA BAHÍA LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO”**

Presentada por el alumno:

MACIEL Apellido paterno	ZAPATA materno	SERGIO ROMÁN nombre(s)	Con registro:						
			A	1	5	0	1	2	3

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DR. ADRIÁN FELIPE GONZÁLEZ ACOSTA
Director de Tesis

DR. ANDRÉS FELIPE NAVIA LÓPEZ
2º. Director de Tesis

DR. RODRIGO MONCAYO ESTRADA

DR. VÍCTOR HUGO CRUZ ESCALONA

DR. XCHEL GABRIEL MORENO SÁNCHEZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 11 del mes de Enero del año 2017

El (la) que suscribe BM. SERGIO ROMÁN MACIEL ZAPATA Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A150123 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. ADRIÁN FELIPE GONZÁLEZ ACOSTA Y DR. ANDRÉS FELIPE NAVIA LÓPEZ

y cede los derechos del trabajo titulado:

"ESTRUCTURA TOPOLÓGICA DE LA TRAMA ALIMENTARIA DE

LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la

siguiente dirección: bluemaciel@gmail.com - eugerres@gmail.com - anavia@squalus.org

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

BM. SERGIO ROMÁN MACIEL ZAPATA

Nombre y firma del alumno

DEDICATORIA

A Santiago Román, mi hijo quien es la motivación a mejorar día a día

A Cinthia Rivas, mi compañera de viaje

Y a mis padres

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), por la oportunidad y el apoyo brindado para realizar el posgrado en sus instalaciones.

A la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico que se me brindo durante estos dos años de maestría.

Al instituto Politécnico Nacional y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (IPN-PIFI), por la oportunidad y la beca de apoyo brindada para mi formación académica.

Al Dr. Adrián González Acosta, por aceptar ser mi director de tesis y sobre todo por el apoyo incondicional durante estos dos años de formación académica, por las conversaciones motivacionales para seguir adelante para culminar la tesis.

Al Dr. Dr. Andrés Navia López, por integrarse y aceptar participar en la dirección de la tesis ya que es el especialista en el tema de redes, así como su conocimiento incondicional además de su paciencia que fue mucha e indispensable para poder concluir con el documento de la tesis, a pesar de la distancia entre países (México-Colombia).

Al Dr. Víctor Cruz Escalona, por ser pieza clave al formular la idea principal y permitir que pudiera desarrollarla por estos dos años, así como de manera indirecta influyo para esforzarme día a día.

Al comité revisor Dr. Víctor Cruz Escalona, Dr. Xchel Moreno Sánchez y Dr. Rodrigo Moncayo Estrada por los comentarios y revisiones de la tesis que sirvieron para enriquecer y consolidar el presente trabajo.

A mis padres Sergio Maciel y Romana Zapata por sus consejos oportunos en los momentos más difíciles.

A mi compañera de viaje, Cinthia Rivas por su apoyo a cada momento y por darme el mejor regalo del mundo, mi hijo Santiago Román (vegeta).

A Humberto Ceseña Amador y Cesar Casas Núñez del Departamento de Servicio Educativos, por la disposición que siempre han brindado, por estar atentos que no se me pasaran las fechas y mucho menos de la documentación, sin duda son pieza clave en este trabajo.

A mis compañeros de licenciatura, quienes me motivaron para ingresar a la maestría: Josue Yee, Fernando Aranceta, Marian Camacho, Jeb Rabadan, Rosamaría Morales y Alexandra Álvarez, Alonso Mohedano, Rodolfo García.

A todos mis compañeros de maestría, por el apoyo en clases y en los seminarios: Felipe, Frank, Julio, Yulieski, Filius, Wolf, Román, Cinthya, Karolina, Ania, Nuria, Pablo.

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	ix
GLOSARIO.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUCCIÓN	1
2 ANTECEDENTES	4
2.1 TEORÍA DE REDES TRÓFICAS.....	4
2.2 ESTUDIOS TOPOLÓGICOS.....	5
2.3 ESTUDIOS EN LA BAHÍA DE LA PAZ.....	7
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
4 HIPÓTESIS.....	10
5 OBJETIVO	11
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
6 MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
6.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	12
6.1 CONSTRUCCION DE LA RED	13
6.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ.....	16
6.3 ANÁLISIS DE LA RED TRÓFICA.....	16
6.3.1 Índice de escala global.....	17
6.3.2 Índices de centralidad	17
6.3.3 Índice de importancia topológica (K_i)	19
6.3.4 Conjunto de especies clave (Key Player Problem)	20
6.4 Escenarios.....	20
6.5 Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	21
7 RESULTADOS.....	22

7.1	MODELO INICIAL DE LA RED TRÓFICA.....	22
7.2	ESTRUCTURA DE LA RED	22
7.2.1	Índices de escala local.....	24
7.3	Mesoescala	31
7.3.1	Índice de intermediación (<i>BC</i>).....	31
7.3.2	Índice de cercanía (<i>CC</i>)	34
7.1	Índice de importancia topológica (<i>K</i>)	39
7.2	Conjunto de especies clave (<i>KPP</i>)	42
8	DISCUSIÓN	44
9	CONCLUSIONES	51
10	LITERATURA CITADA	52
11	ANEXOS.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.	14
Figura 2. Esquema de la red trófica, los colores representan la función de cada nodo dentro de la estructura; naranja= productores primarios, verde= herbívoros, azul= consumidores primarios, rojo= consumidores secundarios y negro= depredadores tope.	23
Figura 3. Distribución de frecuencias de los niveles tróficos que ocupa cada nodo de la red trófica.....	23
Figura 4.- Distribución de frecuencias de grado del nodo (D): y ajuste al modelo exponencial: a) escenario original; b) escenario 1; c) escenario 2; y d) escenario 3.....	25
Figura 5.- Representación gráfica del grado de nodo (D) para los cuatro escenarios, el arreglo de la estructura representa en la base, a los productores primarios y en la parte superior a los consumidores tope. Cada círculo representa a un nodo y su tamaño es proporcional a su valor del grado del nodo. a) Red original, b) escenario 1, c) escenario 2 y d) escenario 3.	27
Figura 6.- Comparación de las distribuciones de frecuencia del grado del nodo entre los escenarios analizados: a) escenario original vs escenario 1; b) escenario original vs escenario 2; c) escenario original vs escenario 3; d) escenario 1 vs escenario 2; e) escenario 1 vs escenario 3; y f) escenario 2 vs escenario 3.....	30
Figura 7.- Histograma de frecuencias del índice de intermediación (BC). a) escenario original, b) escenario 1, c) escenario 2 y d) escenario 3.....	31
Figura 8.- Representación gráfica del índice de intermediación (BC) para los cuatro escenarios de BLP. Cada círculo representa a un nodo y su tamaño es proporcional a su valor de BC . a) red del escenario original, b) red del escenario 1, c) red del escenario 2 y d) red del escenario 3	33
Figura 9.- Comparación de las distribuciones de frecuencia del índice de intermediación (BC) entre los escenarios analizados: a) escenario original vs escenario 1, b) escenario original vs escenario 2; c) escenario original vs escenario 3; d) escenario 1 vs escenario 2; e) escenario 1 vs escenario 3; y f) escenario 2 vs escenario 3..	35

Figura 10.- Distribución de frecuencia del índice de cercanía (CC). A) Escenario original, b) Escenario 1, b) Escenario 2, y d) Escenario 3.36

Figura 11.- Representación gráfica del índice de cercanía (CC) para los cuatro escenarios de BLP. Cada círculo representa a un nodo y su tamaño es proporcional a su valor. a) red del escenario original, b) red del escenario 1, c) red del escenario 2 y d) red del escenario 3..38

Figura 12.- Comparación de las distribuciones de frecuencias del índice de cercanía (CC) entre los escenarios analizados: a) escenario original vs escenario 1, b) escenario original vs escenario 2, c) escenario original vs escenario 3, d) escenario 1 vs escenario 2, e) escenario 1 vs escenario 3 y f) escenario 2 vs escenario 3.40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del número de nodos (S), interacciones (L), porcentaje de interacciones perdidas (%) y conectancia (C) para la red completa y cada uno de los escenarios analizados.	24
Tabla 2.- Resultados del grado del nodo (D) en la red trófica de BLP y los tres escenarios analizados. Se muestran solo los primeros 10 nodos con los valores más altos para cada escenario.....	28
Tabla 3.- Resultados de la comparación de distribuciones de frecuencias del grado del nodo entre la red trófica original de BLP y los tres escenarios analizados. Valores de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (D) en la diagonal inferior y valores de significancia estadística (P) en la diagonal superior.....	29
Tabla 4.- Resultado del índice de intermediación en la red original de BLP y en los tres escenarios analizados. Se presentan los primeros 10 nodos de mayor importancia de cada escenario.	32
Tabla 5.- Resultados de la comparación de distribuciones de frecuencias del índice de intermediación entre la red trófica original de BLP y los tres escenarios analizados. Valores de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, (D) en la diagonal inferior y valores de significancia estadística (P) en la diagonal superior.	34
Tabla 6.- Resultado del índice de cercanía (CC) en la red original de BLP y en los tres escenarios analizados. Se presentan los primeros 10 nodos de mayor importancia de cada escenario.	37
Tabla 7.- Resultados de la comparación de distribuciones de frecuencias del índice de cercanía entre la red trófica original de BLP y los tres escenarios analizados. Valores de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (D) en la diagonal inferior y valores de significancia estadística (P) en la diagonal superior.....	39
Tabla 8.- Resultados del índice de importancia topológica (K) para los escenarios evaluados. Se muestran solo los primeros 10 nodos, en base al valor de importancia topológica (K). K_{bu} = índice de importancia de abajo-arriba, K_{td} = índice de importancia arriba-abajo, K_{dir} = índice de importancia de efectos directos y K_{ind} = índice de importancia de efectos indirectos.	41
Tabla 9.- Resultado del conjunto de nodos clave en los diferentes escenarios.	42

GLOSARIO

Bottom-up: Mecanismo de control ecosistémico en el cual la estructura y función de la red trófica están dominados por los productores primarios.

Cadena trófica: es un esquema lineal que representa la manera cómo se transfieren los nutrientes y la energía a través de las diferentes especies que componen una comunidad. Está representada por los eslabones de: productores, consumidores y descomponedores.

Conectancia: Número real de interacciones dentro de una red, dividido por el número posible de interacciones.

Control ecosistémico: Mecanismo a través de los cuales se determinan la estructura y la función de las redes tróficas.

Depredador tope: Especie que no tiene depredador en la red trófica.

Efectos directos: Efectos que produce un depredador sobre el tamaño poblacional de sus presas por interacción directa (alimentación).

Efectos indirectos: Efecto que produce un depredador sobre el tamaño poblacional de una especie a través de la depredación de las poblaciones de sus depredadores.

Escala libre: Estructura teórica que presentan las redes tróficas y en la cual la mayoría de las especies tienen baja conectividad, y muy pocas, alta conectividad.

Especie basal: Son los productores primarios

Especie clave: Especie cuyo efecto sobre la red trófica es desproporcionado con respecto a su abundancia dentro de la misma.

Grupo funcional: Conjunto de especies que poseen atributos (morfológicos, fisiológicos, conductuales o de historia de vida) que son semejantes y que desempeñan un papel ecológico equivalente.

Trofo-especies: Grupos de organismos que presentan los mismos depredadores y las mismas presas

Índices de centralidad: Son algoritmos matemáticos que han sido diseñados para medir que tan centrales son las especies en una red trófica, los cuales se basan en el número de veces que una especie o nodo participan en las rutas de dispersión de los efectos directo o indirecto dentro de la red.

Red trófica: Es el conjunto de cadenas tróficas interconectadas y representan todas las relaciones de alimentación de una comunidad.

Top-down: Mecanismo de control ecosistémico en el cual la estructura de la red trófica está dominada por los depredadores tope.

Topología: Es el estudio de la disposición de las interacciones (en este caso tróficas) para determinar la estructura de una red compleja, que para efectos de este trabajo se entiende como una red trófica.

RESUMEN

Se han determinado que las redes tróficas pueden presentar atributos estructurales relativamente constantes, entre ellos: un elevado número de relaciones débiles, además de un reducido número de nodos fuertemente conectados. Dichas características permiten identificar los componentes que juegan un papel importante en el mantenimiento de la estructura de la comunidad. El objetivo del trabajo describir la estructura trófica de la Bahía de La Paz, por medio de índices topológicos, que identifican el tipo de control ecosistémico y la importancia de los efectos tróficos directos e indirectos, con especial atención en las interacciones débiles. Para esto se construyó una matriz binaria de las relaciones tróficas a partir de estudios de hábitos alimentarios de diversos grupos realizados dentro y cercanos a la zona de estudio para probar el efecto de la biomasa consumida, por el depredador en su dieta, se analizaron los datos originales y, con base al porcentaje de contribución de las presas, de este modo se simularon tres escenarios posibles, eliminando aquellas interacciones consideradas débiles, representadas por aportes a la dieta menores al 5, 10 y 15%, respectivamente. La red original estuvo representada por un total de 250 nodos y 1 528 interacciones, la cual no se vio afectada por la eliminación de interacciones débiles manteniendo una estructura con características de escala libre. Se destaca la constante presencia del fitoplancton y zooplancton en los índices del Grado del Nudo, Intermediación y Cercanía, lo que permite considerarlos como grupos clave en un control ecosistémico de tipo abajo-arriba y en la transferencia de los efectos indirectos con la mayor cantidad de nodos posibles. La importancia de estos grupos de productores y consumidores primarios, podría ser debida a su representación como grupo trófico más que como especie individual promoviendo la interacción con muchas especies.

ABSTRACT

Trophic networks are characterized by relatively constant presence of structural attributes, like: a great number of weak relationships and a lower number of strongly connected nodes. These characteristics allow to identify those components that play an important role in the maintenance of the community structure. The aim of this study, is to describe the trophic structure of La Paz Bay, through the calculation of topological indexes that allow the determination of the ecosystem control as well as the importance of direct and indirect trophic effects into the network, with special attention to those considered as weak interactions. Thereby, a binary matrix of trophic relationships was performed from feeding studies of different taxa inhabitant in the study area and adjacent ecosystems. To assess the effect of the consumed biomass by the predator, the original data and those based on the contribution percentage by the prey were analyzed; thus, three possible scenarios were simulated by the elimination of weak interactions, which representing contributions lower than 5, 10 and 15%, respectively. The original network was composed by a total of 250 nodes and 1 528 interactions, which was not affected by the elimination of weak interactions maintaining a structure with free scale characteristics. In this structure was constant the presence of phytoplankton and zooplankton in the nodes derived from the betweenness centrality and closeness centrality indexes, which allows them to be considered as key groups in the bottom-up ecosystem control, as well as in the transmission of the indirect effects to the largest number of possible nodes into the network. The importance of producers and primary consumers could be due to their representation as a trophic group rather than as an individual species promoting interaction with many species.

1 INTRODUCCIÓN

Las redes abundan en la naturaleza y pueden ser encontradas en diferentes niveles de organización, desde redes neuronales, hasta niveles de organización mucho mayor, como las redes de comunicación, redes sociales, redes de internet, etc. (Solé, 2009). Es un hecho sobresaliente el que estas redes, tan diferentes en naturaleza y tamaño, presenten propiedades estructurales similares. Esto hace posible que se puedan desarrollar modelos matemáticos, constituidos por nodos (elementos) y aristas (enlaces o conexiones), para entender y explicar las propiedades estructurales de estas redes complejas (Aldana, 2006; Heredia-Doval, 2013).

Diversos estudios sugieren que estas recurrencias estructurales no son producto de un invento humano y que las redes son probablemente la arquitectura más común de los sistemas naturales (Capra, 1998). De esta forma, las redes tróficas han sido abordadas por medio de la evaluación de las relaciones alimentarias entre las diferentes especies de una comunidad, las cuales sustentan flujos de energía y biomasa. Al respecto, Lindeman (1942) propuso la existencia de niveles tróficos organizados a manera de pirámide, donde la energía fluye desde la base, hacia el ápice y, a medida en que asciende, disminuye la cantidad transferida a cada nivel, debido a la baja eficiencia de las transformaciones biológicas. Odum (1953) añadió que las comunidades deberían estar agrupadas en términos de su rol trófico y por lo tanto, funcionar como sistemas que intercambian energía y materia entre sus diferentes niveles tróficos, los cuales están representados por: productores, consumidores primarios, secundarios y terciarios. Esta manera de organización, hace referencia a la función de las especies y no a su categoría taxonómica en sí, pues una misma especie puede ocupar diferentes niveles tróficos a lo largo de su vida.

Posteriormente, Root (1967) consideró que la organización en niveles tróficos era una descripción muy gruesa de la complejidad de un ecosistema, por lo que propuso el término de gremios tróficos, haciendo referencia a que son grupos de especies que explotan un recurso común de manera similar. Aunque este término ha sido considerado sinónimo de grupo funcional, este último representa un concepto más

amplio que incluye, además de la dieta, características morfológicas, de comportamiento y de historia de vida entre otras de las especies analizadas (Blondel, 2003).

Por otra parte, la presencia de un mayor número de especies involucradas en la red sugiere un mayor número de posibles interacciones de cada especie, lo que resulta en valores altos de conectividad (Dunne *et al.*, 2004). Al respecto, Martínez (1992) propone la ley de conectividad constante y postula que el número de interacciones de una red, no incrementa de manera lineal, sino de forma cuadrática y por tanto las redes más diversas tienen mayores niveles de interacción y cadenas alimenticias más largas. Este parámetro de conectividad de las redes tróficas ha sido ampliamente estudiado desde el punto de vista teórico, para establecer la relación entre la diversidad y la estabilidad de las redes tróficas (Montoya *et al.*, 2001; Dunne *et al.*, 2002; Bascompte *et al.*, 2005; Navia, 2011).

En diversos estudios se ha observado que las redes tróficas presentan propiedades relativamente constantes, a pesar de los cambios en el número de especies, y se dice que la red presenta un patrón de escala constante (Briand & Cohen, 1984; Dunne *et al.*, 2002; 2004). Algunos de estos patrones de escala constante incluyen, la proporción constante entre depredadores tope (DT), especies intermedias (EI) y especies basales (EB), que colectivamente reciben el nombre de *leyes de escala de las especies*. Asimismo, las proporciones constantes de interacción entre DT-EI, EI-EB, DT-EB e EI-EI, son llamadas *leyes de escala de las interacciones* (Briand & Cohen, 1984; Cohen *et al.*, 1985).

Las interacciones pueden tener efectos positivos, negativos o incluso ningún efecto sobre las especies presentes en la red. Así, la depredación genera un efecto directo con resultado negativo sobre la población de sus presas y recibe un efecto positivo en el desarrollo de su población. Sin embargo, algunos autores consideran que los efectos directos no son los más importantes para determinar la estructura de la red, por lo que resaltan la preponderancia de los efectos indirectos en la variación de la estructura de las comunidades (Menge, 1995; Navia, 2001). Además de estos efectos, se han descrito fuerzas de interacción entre las especies, predominando interacciones

débiles y pocas interacciones fuertes, además de un reducido número de grupos altamente conectados en las redes alimentarias (Solé & Montoya, 2001; Berlow *et al.*, 2004; Dunne *et al.*, 2004). Bascompte *et al.* (2005) describen que además estos grupos se caracterizan por hábitos omnívoros marcados y permite la persistencia y estabilidad de las redes, así como su capacidad para responder a los diferentes tipos de presiones ambientales y/o antropogénicas (Dunne *et al.*, 2002).

Lo anterior ha permitido desarrollar durante las últimas décadas una de las aproximaciones analíticas de mayor uso en el estudio de las redes tróficas, que se basa en la aplicación de índices topológicos. Estos permiten describir y cuantificar las relaciones estructurales existentes, para lo cual utilizan el número y distribución de las conexiones entre los nodos dentro de una red interconectada (Freeman, 1978; Pimm *et al.*, 1991; Borer *et al.*, 2002; Navia *et al.*, 2012). Estas características permiten abordar las redes tróficas para diferentes propósitos: como el manejo pesquero, para describir los efectos sobre los componentes de la red causados por la alta presión pesquera (Gaichas & Francias, 2008; Navia *et al.*, 2016); la identificación de especies o grupos topológicamente importantes, llegando a descartar, grupos como los tiburones que en primera instancia son considerados como importantes (Navia *et al.*, 2010; Bornatowski *et al.*, 2014); así como aquellos que se mantienen conectados a la red mediante un reducido número de conexiones (Borer *et al.*, 2002; Jordán & Scheruring, 2002), lo que permite definir especies clave, las cuales llegan a influir en el comportamiento dinámico de la red (Power *et al.*, 1996; Jordán *et al.*, 2008; 2009).

2 ANTECEDENTES

2.1 TEORÍA DE REDES TRÓFICAS

En lo general, las redes describen la estructura de un sistema con elementos interactivos (Ronzón-Rodríguez, 2009). Uno de los principales promotores de las primeras aproximaciones cuantitativas y comparativas de las redes tróficas fue Cohen (1977), quien analizó los posibles patrones que rigen la estructura y función de las redes tróficas. Entre las características que Cohen (1977) describe, está el hecho de que la mayoría de las redes tróficas presentan distribuciones entre sus cadenas alimenticias con longitudes cortas, lo que hace referencia al número de pasos o conexiones que hay desde un depredador tope hasta una especie basal. Con base en esta idea, Hall & Raffaelli (1991) analizaron la relación entre la longitud de las cadenas alimenticias y la riqueza de especies, encontrando que a mayor riqueza mayor longitud de la cadena; sin embargo, mencionan que existe un límite en el número de pasos, con un rango que va de entre uno y nueve, y con un promedio de cinco.

Al respecto Martínez (1992) propuso *la regla de la conectividad constante*, a partir de la cual postula que el número de interacciones de una red no incrementa de manera lineal sino de forma cuadrática. Por lo tanto, las redes más diversas tienen mayores valores de interacción y cadenas alimenticias con longitudes más largas. En este contexto se establece, que a mayor número de especies incluidas en la red trófica, mayor es el número de interacciones posibles de cada especie.

Power *et al.* (1996) mencionan que las especies clave tienen fuertes efectos en las comunidades y en ecosistemas. Dichos autores también hacen referencia a las especies con una mayor biomasa, las cuales proporcionan los mayores flujos de energía, pero también consideran aquellas menos abundantes, pues en determinados momentos pueden generar fuertes efectos en las comunidades y ecosistemas, por lo que determinadas circunstancias, también podrían considerarse como especies clave.

Dentro de las redes tróficas, se han estudiado redes con propiedades particulares como la propuesta por Watts & Strogatz (1998), donde la estructura de la red se encuentra relativamente ordenada. Aquí, con la presencia de nodos altamente

agrupados y una distancia entre los nodos muy corta (menor a seis pasos), permite que las velocidades de propagación de los efectos sean muy rápidos en la estructura (Solé *et al.*, 2003; Heredia-Doval, 2013).

Barabási *et al.* (1999), describen otro tipo de red denominada de “escala libre” (*free-scale*), donde la mayoría de los nodos están poco conectados y solo unos cuantos tienen un elevado número de conexiones, lo que ocasiona que las distribuciones del grado presenten una distribución de tipo potencial. Este arreglo de conexiones permite la estabilidad de la estructura de la red, ya que es más probable la pérdida de los nodos menos conectados, pero la estructura se compromete ante la eliminación de los nodos más conectados (*hubs*; Heredia-Doval, 2013). Observaciones similares en otras redes de internet fueron obtenidas por Faloutsos *et al.* (1999) y Broder (2002).

Partiendo del supuesto que la forma en que se organizan e interactúan las especies dentro de una red son importantes para su estabilidad, se ha propuesto que las posibles consecuencias de los patrones estructurales de mundo pequeño y de escala libre, pueden ser de gran importancia en el reconocimiento de la sensibilidad de las especies a perturbaciones ambientales y/o pesqueras (Montoya & Solé, 2002).

El patrón estructural de mundo pequeño ha demostrado ser útil para dar respuesta rápida a diferentes perturbaciones en algunas redes tróficas teóricas, lo que sugiere que este arreglo puede traer beneficios para la resiliencia de las redes. Al respecto, Solé & Montoya (2001) y Montoya & Solé (2002) establecen que las redes tróficas con estructura de mundo pequeño son más resistentes a las extinciones secundarias de especies que las redes de estructura aleatoria.

2.2 ESTUDIOS TOPOLÓGICOS

En la actualidad, los análisis topológicos se han convertido en una importante línea de investigación para la ecológica de comunidades (Williams & Martínez, 2000). Gaichas & Francis (2008) aplicaron este tipo de análisis para la red trófica del ecosistema marino del Golfo de Alaska, donde construyeron dos modelos de red a partir información cuantitativa detallada sobre el contenido estomacal de 57 depredadores, principalmente peces. Las estructuras resultantes presentaron propiedades de mundo

pequeño y de escala libre, lo que sugiere que los impactos en una especie podrían extenderse a muchas especies a través de cadenas con interacción cortas y, que si bien la mayoría de las conexiones de redes alimentarias no son críticas, si lo serían para un conjunto pequeño de especies que estarían altamente conectadas. De acuerdo con esto, dichos autores sugieren que el ordenamiento pesquero en su zona de estudio debería ser dirigido sobre aquellas especies con altos valores de conectividad para así evitar efectos en la estructura.

Por otra parte, Dambacher *et al.* (2010) trataron de realizar predicciones en respuesta al cambio climático, por medio del estudio de la dieta de los principales depredadores presentes en tres regiones del Pacífico ecuatorial. A partir de lo cual, obtuvieron tres redes tróficas con poca uniformidad en su estructura, a pesar que dos de ellas estaban compuestas por cuatro niveles de depredación y una por tres niveles de depredación. Con base en esto, recomiendan que las redes tróficas deben ser construidas con información más detallada para así poder describir adecuadamente los ecosistemas pelágicos, con la finalidad de predecir el comportamiento del ecosistema en función a cambios climáticos.

Navia *et al.* (2010, 2012), mencionan que la trama trófica del Golfo de Tortugas, Colombia, presenta un control ecosistémico dominado por los depredadores tope (e.g., *Carcharhinus leucas*, *Galeocerdo cuvier* y *Sphyrna lewini*) y de tipo de arriba-abajo (*top-down*), en este ecosistema las especies de tiburones son las que presentan la mayor importancia y menor redundancia topológica y, por tanto, establecen que su eliminación tendría fuertes efectos en la estructura de la red.

Bornatowski *et al.* (2014), evaluaron la importancia ecológica de los tiburones y rayas en un ecosistema subtropical de la costa sur de Brasil. Para ello utilizaron el enfoque topológico, encontrando que, *Carcharhinus obscurus*, *Sphyrna zygaena* y *Zapteryx brevirostris* fueron los elementos con los mayores valores de centralidad, lo anterior indica que estos elasmobranquios juegan un papel central en la propagación de efectos indirectos (e.i., cascada trófica), y son considerados elementos clave dentro de la estructura topológica de este ecosistema. A partir de lo anterior, proponen que dichas especies de elasmobranquios sean consideradas como grupos importantes para su

conservación y ordenación pesquera, ya que la integridad del ecosistema podría verse comprometida por la reducción de las poblaciones de estos depredadores.

Con información cualitativa sobre el contenido estomacal de 80 depredadores (elasmobranchios, teleósteos e invertebrados) del Golfo de Tortugas en Colombia, Navia *et al.* (2016) construyeron una red trófica que presentó propiedades de mundo pequeño y de escala libre, donde la participación de los tiburones es fundamental para mantener la estructura de la red trófica, incluso por encima de especies de alto valor comercial como los camarones o pargos (peces de la familia Lutjanidae).

2.3 ESTUDIOS EN LA BAHÍA DE LA PAZ

Bahía de La Paz (BLP), es un sistema biológico que presenta una gran variedad de ambientes costeros, los cuales son utilizados por una gran diversidad de peces e invertebrados (López-Rasgado, 2013). A su vez la fisiografía, la batimetría, el régimen de vientos e influencia de corrientes parecen ser factores en la distribución de larvas con características oceánicas (Silva-Dávila, 1997), dichas propiedades han motivado la realización de estudios de carácter ecológico y pesquero.

De esta manera Arreguín-Sánchez *et al.* (2007), realizaron un estudio con base en datos de pesquerías de pequeña escala, que incluye especies de diferentes niveles tróficos, a partir de lo cual hicieron una descripción de la estructura del ecosistema, utilizando como plataforma de análisis el modelo ECOPATH (modelo de balance de biomasa), concluyendo que el esfuerzo de captura se dirige en áreas naturales protegidas, varios grupos funcionales de depredadores (aves, tiburones y *Lutjanus peru*) se pueden ver beneficiados.

Por su parte, Díaz-Uribe *et al.* (2007), utilizando la misma aproximación, del modelo de balance de masas, como una alternativa analítica para evaluar los impactos tróficos de la pesca a pequeña escala y en su conjunto en el ecosistema marino, reportan que el ecosistema de Bahía de La Paz, se encuentra en una fase de desarrollo. Por otra parte, no se tiene conocimiento de la implementación de otro tipo de modelos que describan la estructura de la trama alimentaria en la Bahía de La Paz, aunque se cuenta con estudios realizados en zonas aledañas, como el realizado por

Irigoyen-Arredondo (2013) quien caracterizó las variación espacio-temporal de la estructura comunitaria y alimentaria de la comunidad de peces de Isla San José, B.C.S., donde identificó grupos tróficos inferiores (detritus, algas, micro-fauna) e invertebrados (cangrejos y camarones) como parte importante en la estructura de la red trófica. A partir de dicho estudio, se sugiere que los grupos de niveles tróficos inferiores son esenciales en la estabilidad de la red y, su pérdida o extirpación, pudiera ocasionar alteraciones o modificaciones importantes en la estructura de la misma.

Por otro lado, Salinas-Mayoral (2014) llevó a cabo el estudio de la red trófica del Parque Nacional Cabo Pulmo, B.C.S., a partir de lo cual pudo identificar al grupo de los crustáceos como el nodo principal en la transferencia del flujo de energía, tanto a los depredadores tope como a los grupos de la base de la trama trófica.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Bahía de La Paz, es considerada una zona de alta diversidad biológica, con un importante capital ecológico. Su particular situación geográfica, la protección que ofrece contra fenómenos meteorológicos y la abundancia de sus recursos naturales, propician que se desarrollen actividades productivas para el sustento de su población, tales como la explotación pesquera de diferentes recursos marinos (teleósteos, elasmobranquios, moluscos y crustáceos; Arreguín-Sánchez, 1994; Vázquez-Hurtado *et al.*, 2010). Como resultado de la actividad antrópica, ha tenido lugar la constante modificación de hábitats y la contaminación que se deriva de la actividad turística y comercial. Estas perturbaciones podrían provocar un desbalance en las abundancias de los diferentes recursos pesqueros por tanto, alterar la función que cada especie desempeña en la red trófica del ecosistema. Dicha función está relacionada con el nicho trófico que ocupa a través de su desarrollo ontogénico, así como con el tipo, número y fuerza de las interacciones mantenidas.

Así, la extracción de recursos marinos altera las comunidades, específicamente en su estructura y función, dando como posible resultado los cambios de estado organizacional de las mismas, modificando así los servicios ecosistémicos que dicha comunidad puede prestar. Considerando todo el conjunto de impactos que experimenta la Bahía de La Paz, es importante determinar el papel ecológico de las especies que conforman las redes, pero también evaluar la importancia de las fuerzas de interacción en los niveles de organización de las mismas.

4 HIPÓTESIS

La presencia de una gran diversidad de especies provoca que las redes tróficas se caractericen por presentar muchas interacciones tróficas débiles y pocas interacciones fuertes. Teóricamente se ha propuesto que este patrón de distribución de las interacciones confiere mayor estabilidad a las redes, por lo que para este trabajo se plantea la hipótesis que la reducción de las interacciones débiles reducirá la complejidad estructural de la red y alterará la conformación estructural de la misma.

5 OBJETIVO

5.1 OBJETIVO GENERAL

Describir la estructura trófica del ecosistema de Bahía de La Paz, identificando el tipo de control ecosistémico y la importancia de los efectos tróficos directos e indirectos en la misma.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar las propiedades estructurales de la red.

Identificar, a partir de la contribución porcentual en la dieta de los depredadores, la importancia de las interacciones tróficas débiles en la estructura de la red.

Identificar los mecanismos de control ecosistémico que determinan la estructura de la red bajo diferentes escenarios de interacciones tróficas.

Identificar las especies o grupos clave dentro de la trama trófica del ecosistema de Bahía de La Paz.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de La Paz, se localiza en la costa sur-oriental de la península de Baja California Sur, entre las coordenadas 24° 06' y 24° 47' de latitud Norte y los meridianos 110° 17' y 110° 40' de longitud Oeste. Se considera como el cuerpo de agua más grande de la costa occidental del Golfo de California, con una superficie aproximada de 1,200 km². Sus aguas son profundas en gran parte de su extensión, con un umbral suave en la boca norte frente a la Isla San José. La profundidad disminuye gradualmente hacia el sur hasta llegar a una parte somera con pendiente suave y playas extensas (Obeso-Nieblas, 2003). Físicamente se encuentra limitada hacia el Norte por la isla San José al sur por la Ensenada de La Paz y al Occidente por el Municipio de La Paz; mientras que hacia el Noroeste por las aguas del Golfo de California y las islas Espíritu Santo y La Partida. Se comunica al Golfo de California a través del Canal de San Lorenzo al Sur y al Norte por el canal de San José, ubicado entre la Cabeza del Mechudo y el extremo Norte de la Isla Partida (Figura 1). La mayor parte de la línea de costa corresponde a sustrato rocoso, con la parte interior y la ensenada formada de sustrato arenoso y algunas zonas de manglar y formaciones coralinas (Osuna-Valdez, 1986; Vázquez-Sánchez, 2005).

El relieve costero que presenta la Bahía de La Paz se caracteriza por ser abrupto, las partes más altas están cercanas a la línea de costa con alturas superiores a los 350 m y va disminuyendo paulatinamente hacia el sur. Por su parte, el relieve submarino se caracteriza por pendientes pronunciadas, sólo suavizadas en aquellos sitios con aporte considerable de sedimentos desde las áreas continentales contiguas (Obeso-Nieblas, 2003). Este aporte de sedimentos ha propiciado al desarrollo de una amplia barrera denominada “El Mogote”, estos sedimentos son aportados principalmente por rocas sedimentarias y volcano-sedimentaria que son transportados por la corriente litoral generada por la marea y el oleaje que en general fluye de norte a sur (Murillo, 1987). La profundidad aumenta hacia el norte, presentando una cuenca a

partir de los 200 m que desembocan en una depresión llamada “San Alfonso” con 400 m de profundidad máxima registrada (Cruz-Orozco *et al.* 1989).

Las corrientes superficiales en la Bahía son influenciadas y generadas por el viento y las mareas. Durante los meses de noviembre a mayo, los vientos soplan por la mañana del noroeste y después del crepúsculo cambian a vientos del sur; durante el resto del año los vientos del sureste y suroeste son los dominantes (Jiménez-Illescas *et al.* 1997).

Las mareas son de carácter semidiurno, y al igual que en la mitad del Golfo de California, el reflujo que se encuentra entre la pleamar y la baja mar inferior es el más intenso. Esto ocasiona corrientes de marea muy fuerte, mayores que las que se observan en el caso del reflujo, lo que permite un constante recambio de agua así como una alta concentración y renovación de nutrientes. La temperatura superficial de la Bahía es elevada durante el mes de julio, no obstante, el canal de San Lorenzo se mantiene con una temperatura menor que el resto del ecosistema. La salinidad durante los meses de verano muestra valores entre 35.1 y 35.4 ups, con una zona de máxima salinidad (36.7 ups) ubicada en la periferia de la Ensenada (Osuna-Valdez, 1996, Jiménez-Illescas *et al.* 1997; Obeso-Nieblas *et al.* 2004).

La región de la Paz se ha clasificado climáticamente como un subtipo de la provincia del suroeste de la península, descrita como un clima seco o desértico cálido, cuya precipitación media anual es de 180mm y la evaporación media anual es de 300 mm, lo cual significa que la evaporación excede a la precipitación, causando un aumento en la salinidad, ya que el aporte de agua dulce por ríos es nulo (Jiménez-Illescas *et al.* 1997).

6.1 CONSTRUCCION DE LA RED

Para este propósito se tomaron como base los modelos de la red trófica de Bahía de La Paz (BLP), desarrollados por Arreguín-Sánchez *et al.* (2004, 2007) y Díaz-Uribe *et al.* (2007), los cuales presentan una red trófica estructurada en grandes grupos taxonómicos. Estos estudios construyeron redes tróficas con tamaños entre 13 y 48 grupos funcionales. En resumen, los tres trabajos incluyeron: 28 grupos de teleósteos,

tres de mamíferos marinos, tres de elasmobranchios, uno de aves marinas, cinco de macroinvertebrados, dos de epifauna, dos de zooplancton, tres productores primarios y uno de detritos. El enfoque de análisis topológico se basa en las relaciones directas

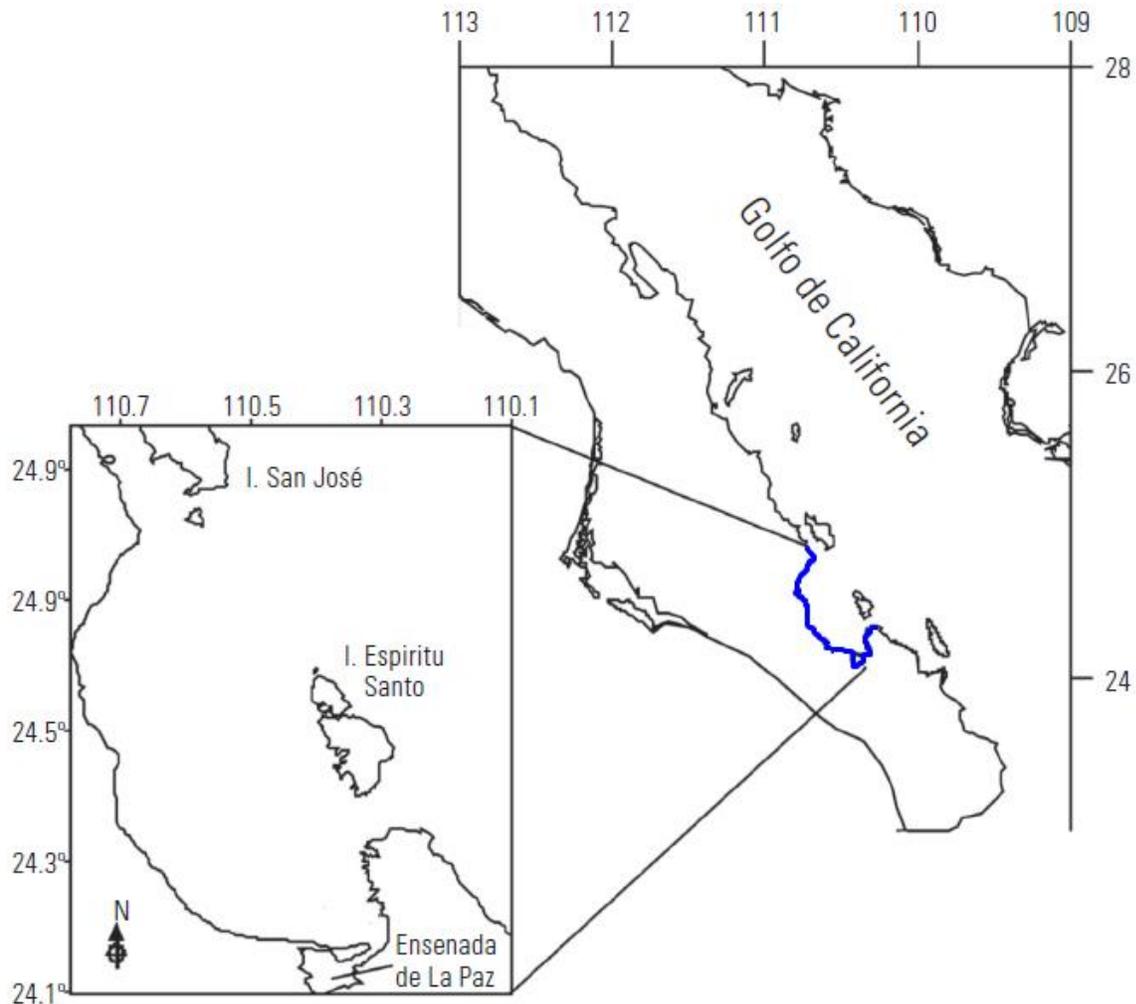


Figura 1. Ubicación geográfica de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.

e indirectas que se establecen entre depredador y presa; y estas propiedades se analizan mejor con redes tróficas de mayor tamaño (Dunne, 2009). Con este principio se procedió a realizar una extensa revisión bibliográfica para incrementar en el mayor número posible, las especies que componen esta red trófica y por tanto, establecer el mayor número posible de interacciones.

Posteriormente, resultado de esta revisión, se procedió a la búsqueda de estudios que detallaran la dieta y ecología trófica de las especies que habitan en la Bahía de La Paz (e.g., Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Garda-Domínguez,

1991; Elorduy-Garay & Caraveo-Patiño, 1994; Elorduy-Garay & Peláez-Mendoza, 1996; Del Ángel-Rodríguez, 1997; Ketchum-Mejía, 2003; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004, 2007; Romero-Ponce, 2004; Vázquez-Sánchez, 2005; Díaz-Uribe *et al.* 2006; Hernández-Trujillo *et al.* 2007; Pérez-Olachea, 2010; Irigoyen-Arredondo, 2012; Siqueiros-Beltrones & Argumedo-Hernández, 2012; Pérez-Ramírez, 2013; Hernández-Almaraz, 2015). Enseguida se amplió el rango geográfico, incluyendo estudios de dieta sobre las especies que no habitan en BLP, pero que hubieran sido realizados en el Golfo de California o en áreas cercanas. Finalmente, cuando fue necesario se incluyó información de zonas geográficas más alejadas, donde se utilizó el criterio de los equivalentes ecológicos (i.e., un camarón tendrá la misma función ecológica en cualquier otro ecosistema en que se encuentre), dando prioridad a la inclusión de presas que pertenecieran a los mismos géneros, familias y órdenes de las encontradas en la dieta de las especies en BLP. Cuando no fue posible, se incluyó el consumo de presas en niveles taxonómicos altos como por ejemplo, Bivalvia, Gastropoda, Fitoplancton, etc. (Romero-Ibarra, 1908; Calkins & Klawe, 1962; Randall, 1967; Yáñez-Arancibia, 1978; Orta-Dávila, 1988; Chávez-Comparán & Hammann, 1989; Chiappa-Carrara *et al.* 1989; Romero-Ibarra & Esquivel-Herrera, 1989; Salazar-Godoy, 1989; Heeger *et al.* 1992; Chiappa-Carrara & Gallardo-Cabello, 1993; Pérez-España, 1994; Cruz-Escalona, 1998; Santamaría-Miranda, 1998; FishBase, 1999; López-Martínez *et al.* 1999; Saucedo-Lozano, *et al.* 1999; Meyer *et al.* 2001; Arreguín-Sánchez *et al.* 2002; Escobar-Sánchez, 2002, 2004; Aguilar-Castro, 2003; Cabrera-Chávez-Costa, 2003; Velasco-Tarelo, 2003; Zetina-Rejón *et al.* 2003; Arizmendi-Rodríguez, 2004; Morales-Zarate *et al.* 2004; Rodríguez-Rojero, 2004; Andrade-González, 2005; Armendáriz-Villegas, 2005; Ryland, 2005; Tecuapetla-Rios, 2005; Tripp-Valdez, 2005; Chong *et al.* 2006; Hacohe-Domené *et al.* 2006; Raymundo-Huizar *et al.* 2006; Salcido-Guevara, 2006; Saucedo-Lozano *et al.* 2006; Valadez-González *et al.* 2006; Alatorre-Ramírez, 2007; Alderete-Macal, 2007; Amezcua-Gómez, 2007; Downton-Hoffmann, 2007; Hacohe-Domené, 2007; Medina *et al.* 2007; Rosas-Luis, 2007; Sampson-Tenorio, 2007; Armendáriz-Villegas, 2008; Blaskovic *et al.* 2008; Hernández-Aguilar, 2008; McNaughton, 2008; Raymundo-Huizar & Saucedo Lozano, 2008; Bolaño-Martínez, 2009; Díaz-Gambia, 2009; Esposito *et al.* 2009; Zúñiga-Flores, 2009; Moreno-Sánchez,

2009; Aguilar-Palomino & González-Sansón, 2010; Amezcua & Portillo, 2010; Ainsworth *et al.* 2010; Cruz-Escalona *et al.* 2010, 2013; Flores-Ortega *et al.* 2010, 2013, 2014, 2015; Jiménez-Pinedo, 2010; Rodríguez-Barón, 2010; Calvo-Marcilese *et al.* 2011; Morales-Zárate *et al.* 2011; Moreno-Sánchez *et al.* 2011; Ruiz, 2010; Zavala-Leal, 2011; Baque-Menoscal *et al.* 2012; Hernández-Padilla, 2012; Navarro-González *et al.* 2012; Olavarrieta-García, 2012; Cure-Escala, 2013; Pérez-Ramírez, 2013; Simental-Anguiano, 2013; Trujillo-Retana, 2014)

La estrategia de combinar información primaria (datos del sitio de muestreo) con información secundaria (literatura), para la construcción y análisis de redes tróficas, ha sido ampliamente utilizada y ha demostrado ser útil en este tipo de investigaciones (Martínez, 1991, 1992; Gaichas & Francis, 2008; Navia *et al.* 2010, 2012, 2016; Bornatowski *et al.* 2014).

6.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ

Dada la gran variabilidad de aplicación de los índices reportados para la cuantificación de la dieta en los estudios revisados (frecuencia, número, peso, volumen o importancia relativa) y considerando que ninguno de éstos fue común a todos los estudios, los valores cuantitativos de los índices seleccionados para cada especie (número, peso y frecuencia en su orden), fueron reemplazados por información binaria de presencia (1) o ausencia (0) de cada presa en la dieta del depredador. Con dicha información se construyó una matriz de doble entrada (especie x especie) en la cual se identificaron los depredadores (columnas) y las presas (renglones), así como la interacción trófica existente entre cada par de especies bajo un esquema de presencia-ausencia.

6.3 ANÁLISIS DE LA RED TRÓFICA

Para tener una descripción inicial de los componentes de la red trófica y su organización en términos funcionales, se calculó el nivel trófico de cada uno de los depredadores analizados. Para ello se utilizaron los valores cuantitativos de porcentaje en número, obtenidos de la literatura y aplicados en la fórmula de Cortés (1999):

$$NT = 1 + \left(\sum_{j=1}^n P_j \times NT_j \right)$$

Donde, P_j es la proporción que cada categoría de presa tiene en la dieta del depredador y NT es el nivel trófico de cada categoría de presa j . Los niveles tróficos de las categorías de presas fueron tomados de *Sea Around Us Project Data Base* (www.seaaroundus.org)

Para evaluar la importancia posicional de los diferentes nodos de la red trófica de la zona de estudio e inferir la importancia estructural de las especies, se utilizaron diferentes índices, cuya aplicación en análisis topológicos de redes tróficas ha sido ampliamente estudiada (Jordán, 2001; Jordán & Scheuring, 2002; Jordán *et al.* 2006).

6.3.1 Índice de escala global

Este índice permitió evaluar una propiedad global de la red: la conectancia, que representa la fracción de todas las posibles interacciones y una medida estándar de la red. Su cálculo, se llevó a cabo mediante la expresión L/S^2 ; donde L representa el número de interacciones y S el número de nodos presentes en la red (Martínez, 1992).

6.3.2 Índices de centralidad

El primer índice cuantificado fue el Grado del nodo (D) de cada uno de los elementos constituyentes de la red, siendo este un índice con propiedades locales y uno de los menos informativos. El grado del nodo tiene en cuenta el número de otros nodos que están conectados al nodo i . Así el grado de un nodo i (D_i) es la suma de sus presas (in-degree, $D_{in,i}$) y sus depredadores (out-degree, $D_{out,i}$; Jordán *et al.* 2006). El grado del nodo fue calculado mediante la siguiente expresión, usando el software NetDraw (Borgatti, 2002).

$$D_i = D_{in,i} + D_{out,i}$$

Para determinar si la red presentó patrón de escala libre, se analizó la distribución de frecuencia del grado del nodo (D), fijando la misma en diferentes distribuciones de probabilidad (Poisson, exponencial y potencial). Los parámetros de las distribuciones fueron estimados a través de pruebas de verosimilitud, para así determinar cuál de las

distribuciones describió mejor las observaciones. El desempeño de cada una de las distribuciones fue comparado usando el criterio de información de Akaike (AIC; Burham & Anderson, 2002).

Para evaluar la participación de los nodos en la dispersión de efectos tróficos dentro de la red, se aplicaron dos índices de alcance intermedio o “mesoescala”, a saber:

El primer índice es el “Índice de intermediación (*betweenness centrality*; BC)”, el cual se basa en cuantificar qué tan frecuentemente un nodo i , es la vía más corta entre cada par de nodos j y k . Este índice se calculó usando el software UCINET 4 (Borgatti *et al.* 1996). El índice estandarizado para BC_i es:

$$BC_i = \frac{2 \times \sum_{j < k} g_{jk}^{(i)}}{(N-1)(N-2)g_{ik}}$$

Donde $i \neq j$ y k , g_{jk} es el número de pasos más cortos e iguales entre nodos j y k , y $g_{jk}^{(i)}$ es el número de estos pasos en los cuales el nodo i es incidente (g_{jk} podría ser igual a uno). El denominador es dos veces en número de pares de nodos sin el nodo i . Este índice enfatiza en el control de comunicación entre otros vértices, lo que da una aproximación de la importancia de un nodo como conector dentro de la red. Así, si el valor del BC_i es grande para el nodo i , su eliminación provocaría que la conexión entre muchos nodos se haga más lejana.

El segundo índice de centralidad utilizado fue el o de “Cercanía (*Closeness centrality*; CC)”, el cual permite cuantificar qué tan cortos son los pasos mínimos de un nodo dado a todos los otros nodos (Wassermann & Faust, 1994). Fue calculado con el software UCINET 4 (Borgatti *et al.* 1996), siendo su versión estandarizada (CC_i):

$$CC_i = \frac{N-1}{\sum_{j=1}^N d_{ij}}$$

Donde $i \neq j$, d_{ij} es la longitud de los pasos más cortos entre los nodos i y j en la red. Este índice mide qué tan cercano es un nodo a los demás. Valores bajos de éste índice es propio de aquellos nodos que al ser eliminados afectan a la mayoría de los otros grupos (Borgatti *et al.* 2002).

6.3.3 Índice de importancia topológica (K_i)

Se utiliza para caracterizar la importancia de especies en el ecosistema, de acuerdo a su posición en la red trófica. Este índice considera información adicional a los nodos directamente conectados entre sí y ha sido definido con detalle por Jordán (2001) y Jordán *et al.* (2006). Se explica a continuación:

$$K_i = \sum_{c=1}^n \frac{1}{d_c} (1 + K_{bc}) + \sum_{e=1}^m \frac{1}{f_e} (1 + K_{te})$$

Donde n es el número de depredadores de la especie i , d_c es el número de presas de este depredador c^{th} . Simétricamente m es el número de presas de la especie i , f_e es el número de depredadores de la presa e^{th} y K_{te} es el índice de importancia de arriba hacia abajo (*top-down*) de la presa e^{th} . Para el nodo i la primera suma cuantifica los efectos de abajo-riba (*bottom-up*, K_{bu}), mientras que la segunda lo hace con los efectos “top-down” (K_{td}).

Los productos que contienen los valores de K ($\sum K_{bc}/d_c + \sum K_{te}/f_e$), se refieren a los efectos indirectos (K_{indir}) y aquellos que no contienen K ($\sum 1/d_c + \sum 1/f_e$), se refieren a los efectos directos (K_{dir}); las sumas de estos valores de efectos ($K_{bu} + K_{td}$) y ($K_{indir} + K_{dir}$) es igual a K .

$$K_i = K_{bu,i} + K_{td,i} = K_{indir,i} + K_{dir,i}$$

Este índice, además de aportar información sobre el número de conexiones entre nodos, informa sobre cómo estos vecinos se conectan entre sí (Jordán *et al.* 2006), enfatizando las interacciones verticales sobre interacciones horizontales (e.g., cascadas tróficas vs competencia aparente); así mismo, caracteriza la importancia posicional, separando efectos directos e indirectos, así como efectos de abajo hacia arriba de

efectos de arriba hacia abajo en la red trófica (Jordán, 2001). Este índice fu calculado usando el software FLKS 1.1 (Jordán, 2001; Jordán *et al.*, 2006).

6.3.4 Conjunto de especies clave (Key Player Problem)

Para determinar si un nodo pertenece al grupo de elementos clave dentro de un sistema estudiado, definidos como complejos de especies topológicamente relevantes (*topological keystone specie complexes*) por Jordán *et al.* (2006) y Libralato *et al.* (2006), se utilizó la aproximación “*Key Player Problem*” (Borgatti, 2003a). Este enfoque es usado para determinar la importancia de diferentes combinaciones de especies, en mantener la integridad de una red. En este trabajo se usó el Key Player Problem 2 (KPP-2), que utiliza un algoritmo que analiza bajo el supuesto de “si se dispersa información desde un nodo n , ¿cuáles y cuantos nodos han de ser seleccionados para alcanzar a los demás de la manera más rápida en una red intacta?” (Benedek *et al.* 2007). Para este análisis se utilizó el software Key Player 1.1

6.4 Escenarios

Para probar la importancia de las interacciones tróficas débiles en la estructura de la red trófica de BLP se diseñaron diferentes escenarios. Para efectos de este trabajo se consideraron interacciones tróficas débiles aquellas presas que representaron bajos porcentajes (< 15%) de aporte a la dieta de cada depredador estudiado y que suelen ser catalogadas como presas ocasionales o incidentales. Con base en esto los escenarios analizados fueron:

Escenario original: se consideraron todas las presas presentes en la dieta del depredador.

Escenario 1: Se excluyeron todas las interacciones tróficas (presas) que presentaron aportes porcentuales menores a 5% del total de la dieta de cada depredador.

Escenario 2: Se excluyeron todas las interacciones tróficas (presas) que presentaron aportes porcentuales menores a 10% del total de la dieta de cada depredador. Esto incluyó todas las que ya habían sido excluidas en el escenario 1.

Escenario 3: Se excluyeron todas las interacciones tróficas (presas) que presentaron aportes porcentuales menores a 15% del total de la dieta de cada depredador. Esto incluyó todas las que ya habían sido excluidas en los escenarios 1 y 2.

6.5 Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Por último, se llevó a cabo la prueba no paramétrica de Kolmogórov-Smirnov que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad. Se probaron la semejanza de las distribuciones de frecuencias del grado del nodo, intermediación y cercanía entre escenarios (E. original vs E1, E. Original vs E. 2, E. Original vs E. 3, E. 1 vs E. 2, E. 1 vs E. 3, E. 2 vs E.3).

7 RESULTADOS

7.1 MODELO INICIAL DE LA RED TRÓFICA

La búsqueda de información detallada de las dietas para las especies registradas en los modelos base, para la BLP, permitió compilar 21 referencias bibliográficas que pertenecen estrictamente a estudios para la zona de BLP (Anexo 1). Con base en esto, se obtuvo información detallada de la dieta de 101 especies (12 de invertebrados, 84 de peces óseos, una de tiburones, una de aves marinas y tres de mamíferos marinos). Posteriormente para ampliar la matriz, se agregaron 92 especies que corresponden a 12 estudios cercanos al ecosistema de BLP (77 de peces óseos, nueve de rayas y seis de tiburones; Anexo 2) y 68 referencias que describen especies de áreas más lejanas, pero con equivalencia ecológica para las especies de BLP (Anexo 3).

Dado que la mayoría de los estudios no presentaron niveles homogéneos de identificación taxonómica de las presas, en algunos casos y para mantener el mayor número de interacciones, fue necesario estandarizar los ítems alimentarios en categorías taxonómicas más amplias: 66 categorías (40 de invertebrados, cinco productores primarios, uno de detritos, nueve de peces óseos y uno de reptiles marinos; Anexo 4). Con base en lo anterior, el modelo de mayor tamaño que se construyó, presentó 250 nodos entre depredadores y presas.

7.2 ESTRUCTURA DE LA RED

La estructura general de la red trófica de la BLP estuvo compuesta por 250 nodos, distribuidos en cinco niveles tróficos. Predominan los consumidores primarios (52%), seguidos por herbívoros (28%); mientras que los depredadores tope y los productores primarios tuvieron una menor representación con 0.4% y 2.4%, respectivamente (Figura 2). Lo anterior puede representarse de acuerdo a la distribución de frecuencias de los niveles tróficos de los nodos de la red, donde predominan valores de 3 a 3.5 que corresponden a los consumidores primarios (Figura 3).

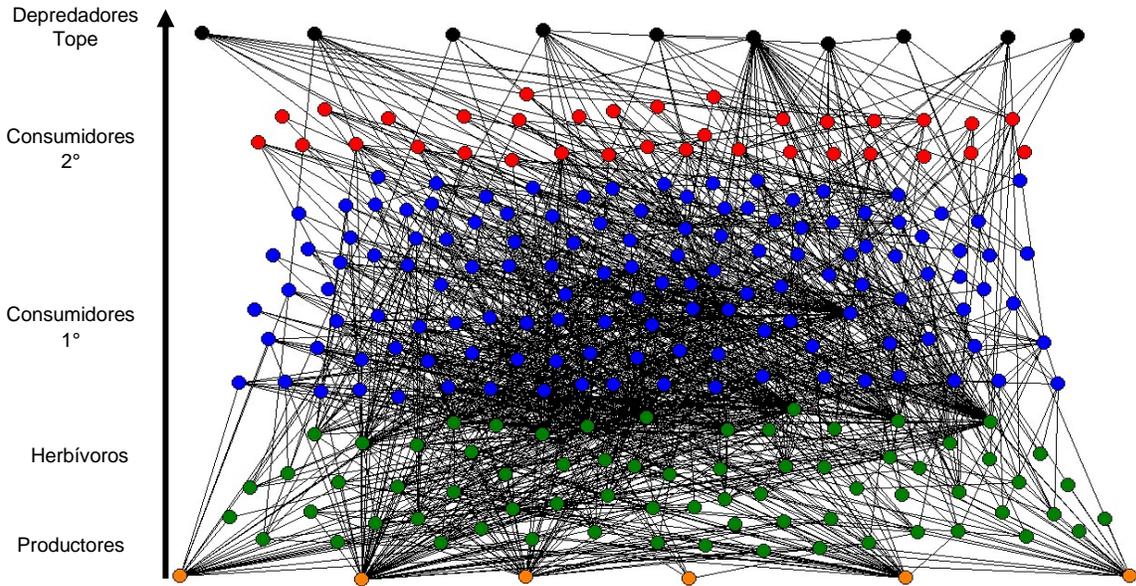


Figura 2. Esquema de la red trófica, los colores representan la función de cada nodo dentro de la estructura; naranja= productores primarios, verde= herbívoros, azul= consumidores primarios, rojo= consumidores secundarios y negro= depredadores tope.

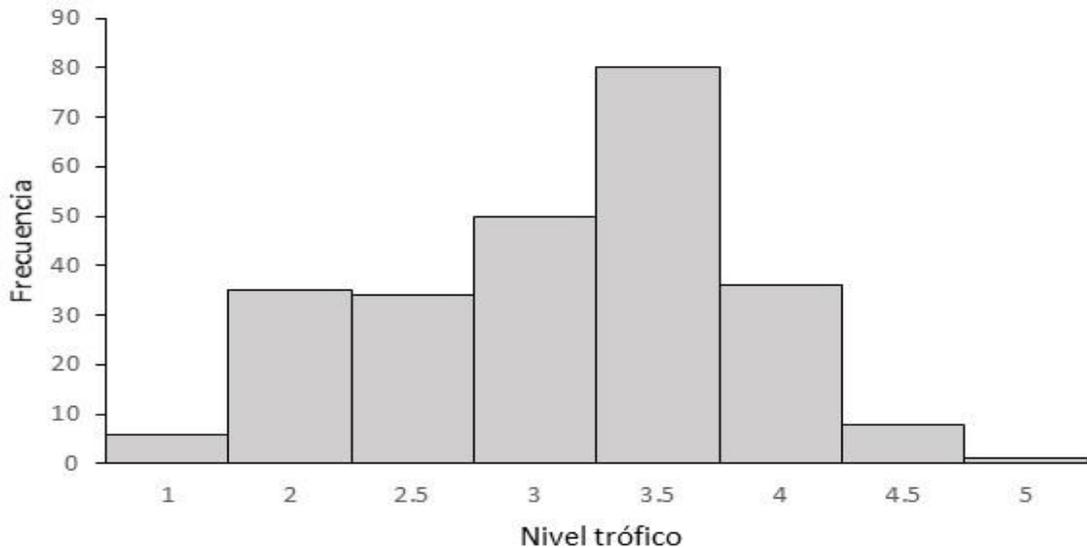


Figura 3. Distribución de frecuencias de los niveles tróficos que ocupa cada nodo de la red trófica.

Con los 250 nodos presentes en la estructura de la red trófica de BLP, se obtuvieron un total de 1 528 interacciones depredador-presa, con una conectancia de

0.040. A medida que se eliminaron las presas con interacciones débiles se observó una reducción en el número de interacciones y en el valor de la conectancia para cada escenario (Tabla 1). Por otra parte, se determinó en los escenarios 2 y 3 una reducción de 3 y 7 nodos, respectivamente; lo cual se presentó por la pérdida total de conectividad (desconexión total entre depredadores y estas presas) con los demás nodos de la red. Los nodos que se perdieron en cada uno de los escenarios, se listan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del número de nodos (S), interacciones (L), porcentaje de interacciones perdidas (%) y conectancia (C) para la red completa y cada uno de los escenarios analizados.

Escenarios	S	L	%	C	Nodos perdidos
Original	250	1 528	0	0.08	0
Escenario 1	250	928	39.20	0.13	0
Escenario 2	247	654	57.20	0.18	Anomura Nettastomatidae <i>Caranx melampygus</i>
Escenario 3	243	497	67.00	0.24	Anomura Nettastomatidae <i>C. melampygus</i> Asteroidea <i>Decapterus macarellus</i> <i>Malacotenus hubbsi</i> <i>Sulflamen verres.</i>

7.2.1 Índices de escala local

7.2.1.1 Grado del nodo

La distribución de frecuencia del grado del nodo (*D*) para la red original fue claramente sesgada, al presentar el 69% de los nodos con baja conectividad (<10 conexiones); mientras que solamente el 8% de los nodos estuvieron altamente conectados (>30 conexiones). Para estos patrones de distribución se encontró un coeficiente de determinación intermedio ($r^2= 0.62$), con un modelo de mejor ajuste a los datos de tipo exponencial ($A/C= 1005.8$; Figura 4a), lo que corresponde al ajuste esperado para redes tróficas de conectancia media y difiere de lo esperado para redes aleatorias.

En el resto de los escenarios analizados, la distribución de frecuencia de grado del nodo (D) presentó coeficientes de determinación medios y altos, cuyo mejor ajuste correspondió también al modelo exponencial. En todos los casos se presentaron valores de AIC más bajos que aquellos obtenidos a partir del modelo potencial y de Poisson, respectivamente (Figura 4)

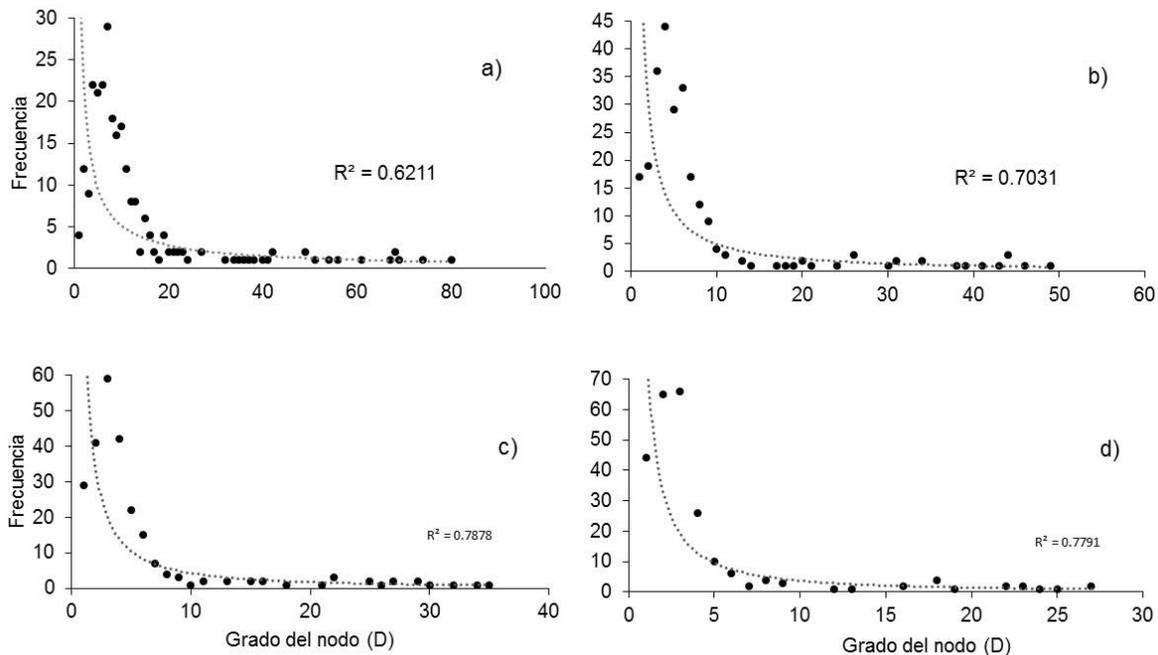


Figura 4.- Distribución de frecuencias de grado del nodo (D): y ajuste al modelo exponencial: a) escenario original; b) escenario 1; c) escenario 2; y d) escenario 3.

En relación al grado del nodo en la red original, los nodos con los valores más altos correspondieron a los invertebrados, que se definieron como presa y cuyos niveles de identificación taxonómica fueron altos (Gastropoda $D= 80$, Polychaeta $D= 74$, Crustacea $D= 69$, Bivalvia $D= 68$ y Penaeoidea $D= 68$; Tabla 2). Por su parte, los nodos con el menor grado fueron para Monoplacofora ($D= 1$), *Chiones californiensis* ($D= 1$), *Mugil curema* ($D= 1$) y *Mycteroperca xenarca* ($D= 1$). De manera gráfica se observó que la mayor conectividad de la red se encuentra en los niveles tróficos bajos (2 - 2.9), que corresponden principalmente a los herbívoros (Figura 5a).

En cuanto a los grupos de los peces, se destacaron el pez vela *Istiophorus platypterus* ($D= 37$) y *Lutjanus argentiventris* ($D= 35$), los cuales se identificaron como grandes depredadores, motivo por el cual se consideró que la mayoría de sus interacciones fueron como depredadores (Figura 5a)

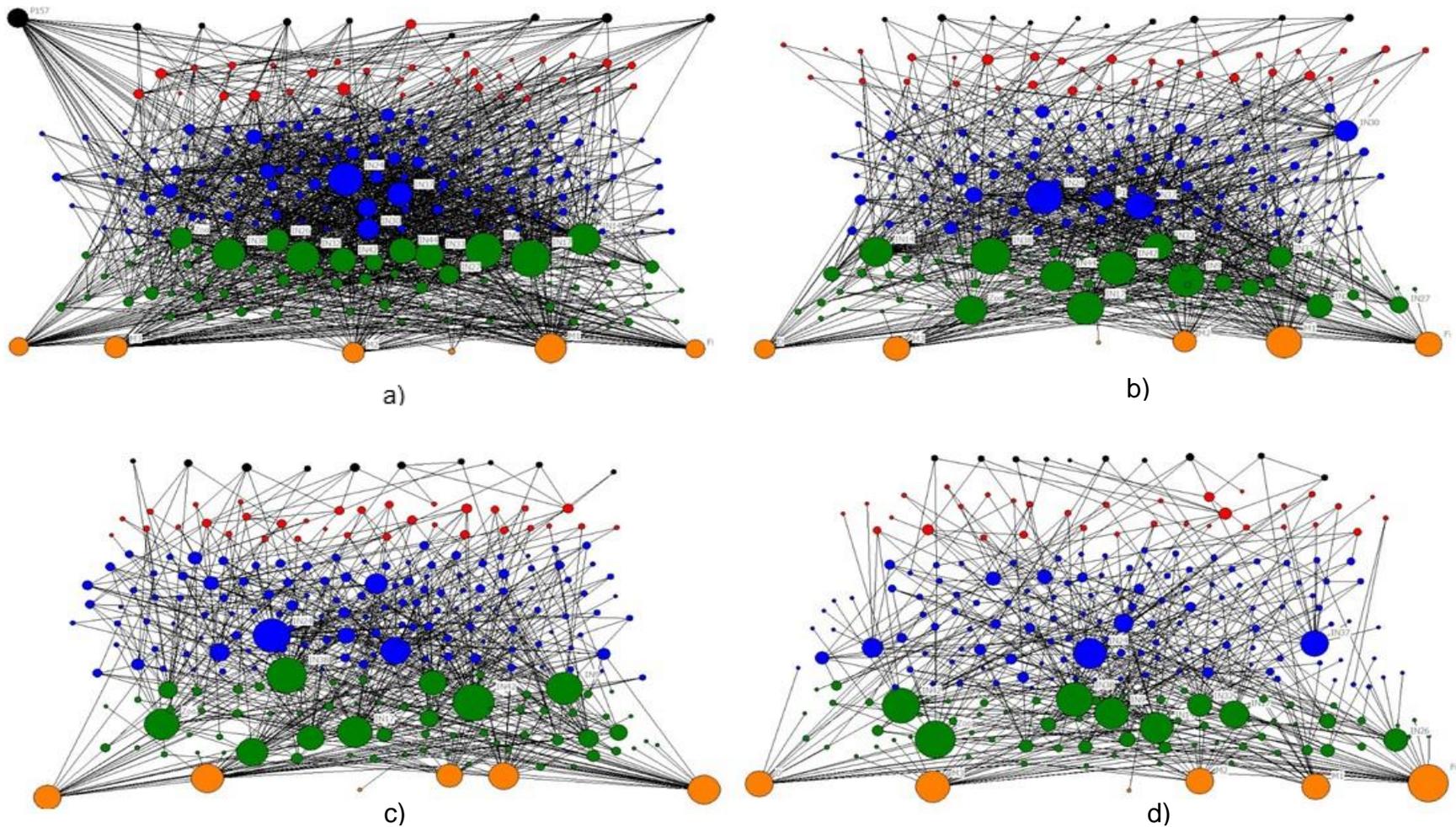


Figura 5.- Representación gráfica del grado de nodo (D) para los cuatro escenarios, el arreglo de la estructura representa en la base, a los productores primarios y en la parte superior a los consumidores tope. Cada círculo representa a un nodo y su tamaño es proporcional a su valor del grado del nodo. a) Red original, b) escenario 1, c) escenario 2 y d) escenario 3.

Tabla 2.- Resultados del grado del nodo (*D*) en la red trófica de BLP y los tres escenarios analizados. Se muestran solo los primeros 10 nodos con los valores más altos para cada escenario.

Grado del nodo (<i>D</i>)								
	Original	<i>D</i>	Escenario 1	<i>D</i>	Escenario 2	<i>D</i>	Escenario 3	<i>D</i>
1	Gastropoda	80	Penaeoidea	49	Brachyura	35	Fitoplancton	27
2	Polychaeta	74	Brachyura	46	Penaeoidea	34	Zooplancton	27
3	Crustacea	69	Polychaeta	44	Crustacea	32	Brachyura	25
4	Bivalvia	68	Gastropoda	44	Polychaeta	30	Penaeoidea	24
5	Penaeoidea	68	Crustacea	44	Zooplancton	29	Rodoficeae	23
6	Amfipoda	67	Cloroficeae	43	Gastropoda	29	Polychaeta	23
7	Cloroficeae	61	Equinodermata	41	Fitoplancton	27	Bivalvia	22
8	Isopoda	56	Bivalvia	39	Rhodophyceae	27	Crustacea	22
9	Equinodermata	54	Zooplancton	38	Bivalvia	26	Gastropoda	19
10	Brachyura	51	Amfipoda	34	Cloroficeae	25	Detritos	18

En el escenario 1, al eliminar las relaciones tróficas que representan un aporte menor al cinco por ciento de una presa en la dieta de un depredador, se perdieron un total de 600 conexiones, lo que indica la existencia de 39.2% de interacciones tróficas débiles dentro de la red original. No obstante los nodos de mayor grado se mantuvieron constantes, pero en diferente orden de importancia (Tabla 2). Del mismo modo que lo obtenido en el escenario original, los grupos importantes se ubicaron entre los herbívoros y productores primarios (Figura 5b).

En el escenario 2 se perdieron un total de 874 conexiones, lo que equivale a la existencia de un 57% de interacciones débiles. Bajo este escenario tres nodos quedaron desconectados del resto de los componentes de la trama, dichos nodos son: Anomura, peces de la familia Nettastomatidae y el jurel de aleta azul *Caranx melampygus*. Los nodos de mayor grado se reacomodaron (Tabla 2). De igual manera como en el escenario original, los nodos con función de herbívoros dominaron en la estructura de la red trófica de BLP (Figura 5c).

En el escenario 3, se observó una pérdida del 67% de conexiones con respecto a la red completa, así como la existencia de siete nodos desconectados: Anomura, Asteroidea, Nettastomatidae, la macarela caballa *Decapterus macarellus*, *Caranx melampygus*, *Malacotenus hubbsi* y *Suflamen verres*. Los nodos con mayor grado fueron: Fitoplancton ($D= 27$), Zooplancton ($D= 27$), Brachyura ($D= 25$), Penaeoidea ($D= 24$) y Rodoficeae ($D= 23$), ubicando a los productores primarios como los nodos con mayor número de conexiones y en segundo término los herbívoros (Figura 5d).

De acuerdo con la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Figura 6), la eliminación de las interacciones débiles produjo diferencias significativas ($p < 0.001$) entre las distribuciones de frecuencias del grado de nodo de la red original y de todos los escenarios analizados, así como entre todos estos (Tabla 3).

Tabla 3.- Resultados de la comparación de distribuciones de frecuencias del grado del nodo entre la red trófica original de BLP y los tres escenarios analizados. Valores de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (D) en la diagonal inferior y valores de significancia estadística (P) en la diagonal superior.

Escenario	Original	1	2	3
Original	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001
1	0.352	-	< 0.001	< 0.001
2	0.512	0.24	-	< 0.001
3	0.644	0.44	0.2	-

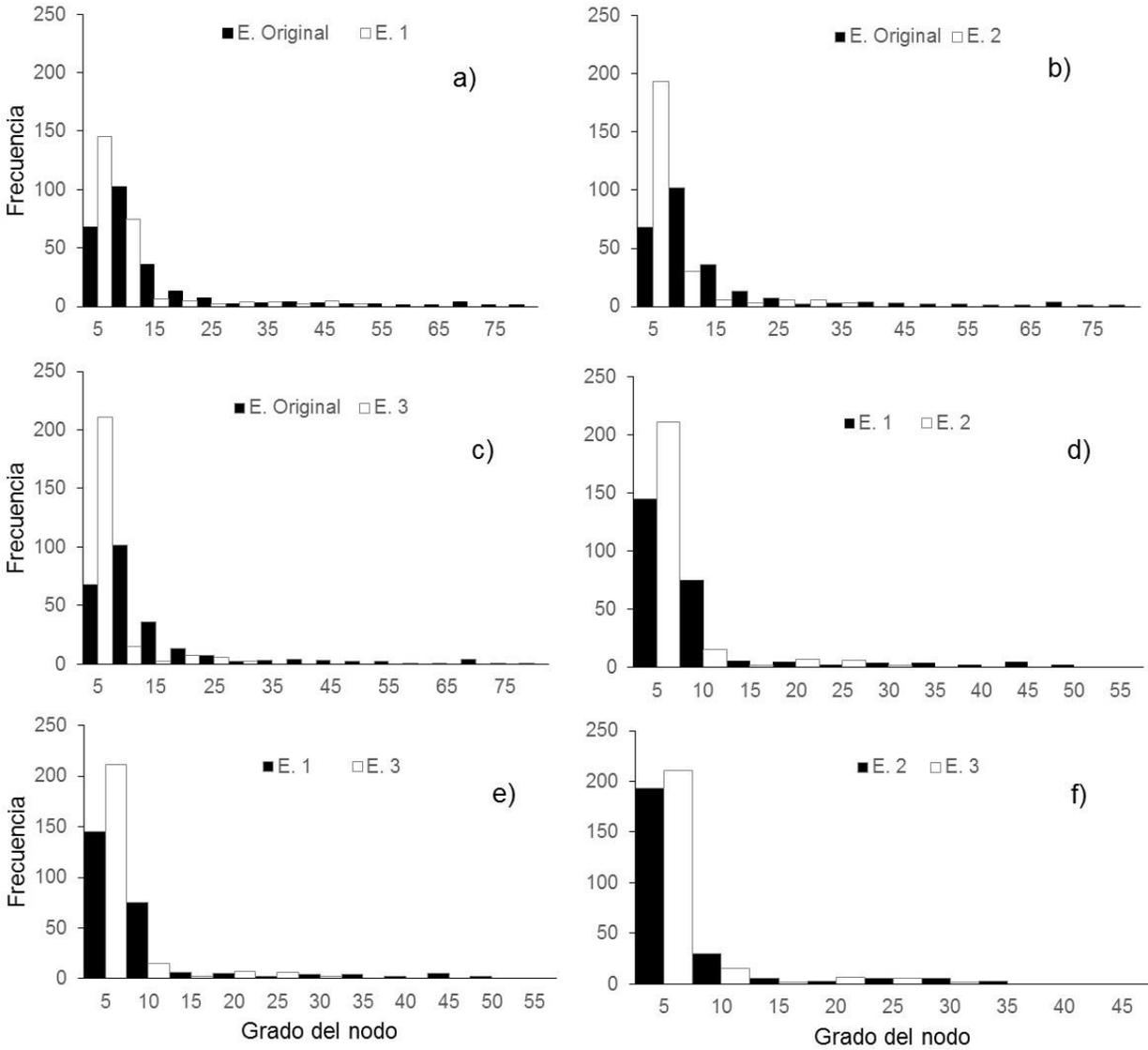


Figura 6.- Comparación de las distribuciones de frecuencia del grado del nodo entre los escenarios analizados: a) escenario original vs escenario 1; b) escenario original vs escenario 2; c) escenario original vs escenario 3; d) escenario 1 vs escenario 2; e) escenario 1 vs escenario 3; y f) escenario 2 vs escenario 3.

7.3 Mesoescala

7.3.1 Índice de intermediación (BC)

Los valores de intermediación (BC) presentaron un comportamiento similar al observado en la distribución de los valores del grado del nodo, con muchos nodos con valores de intermediación bajos y pocos nodos con valores altos, este comportamiento se observó tanto en el escenario original como en el resto de los escenarios simulados (Figura 7).

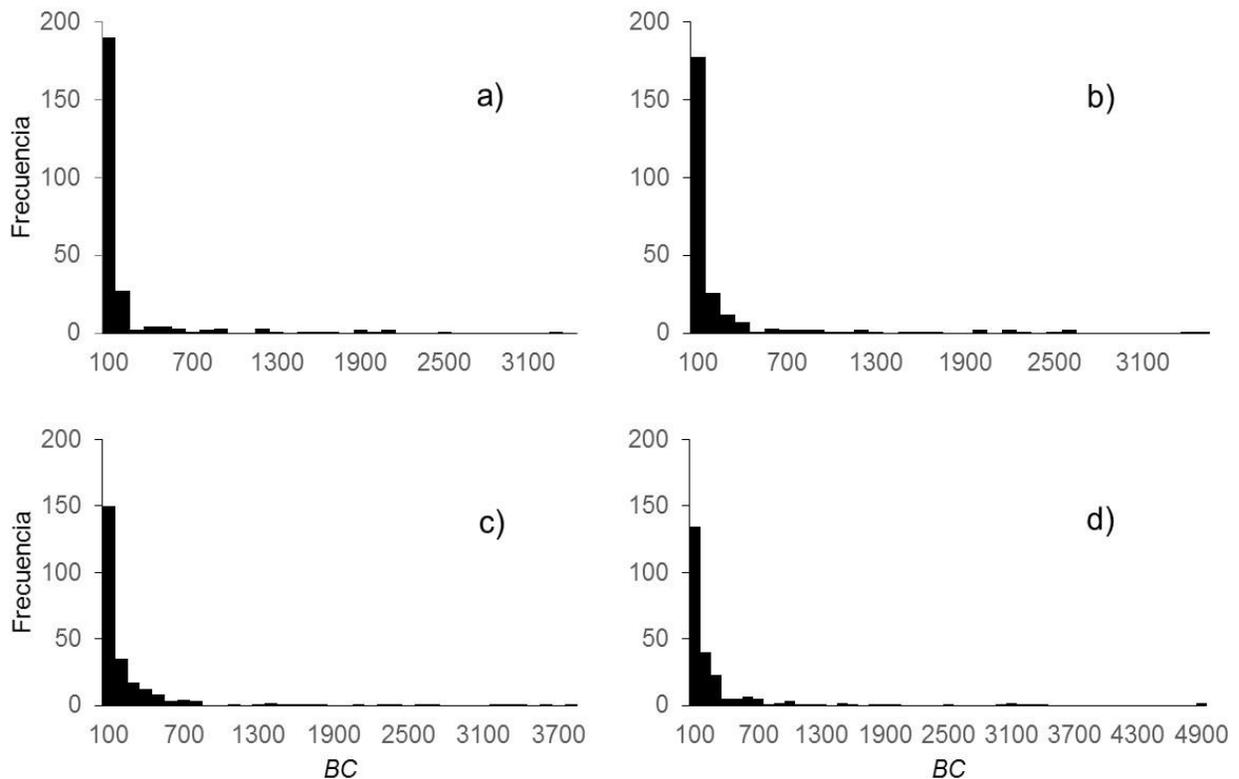


Figura 7.- Histograma de frecuencias del índice de intermediación (BC). a) escenario original, b) escenario 1, c) escenario 2 y d) escenario 3.

En el escenario original, los nodos con mayor aporte a la dispersión de los efectos indirectos correspondieron a los invertebrados: Penaeoidea ($BC= 3,270$), seguido por Gastropoda ($BC= 2,432$), Crustacea ($BC= 2,071$) y Polychaeta ($BC= 2,028$). De manera gráfica se observó que la mayor dispersión de los efectos indirectos fue realizada por el grupo de los herbívoros, con valores tróficos de 2-2.9 (Figura 8a). En

contraste, los grupos con valores de intermediación baja, fueron aquellos cuyos nodos tuvieron niveles tróficos mayores a 4. El nodo de los Penaeoidea participó de manera importante en todos los escenarios, por lo que se consideró como uno de los nodos con mayor contribución en la dispersión de los efectos indirectos. Por su parte, el Fitoplancton y el Zooplancton, reflejan una participación muy importante dentro de la red, al ser posibles presas de muchos depredadores (Tabla 4).

Tabla 4.- Resultado del índice de intermediación en la red original de BLP y en los tres escenarios analizados. Se presentan los primeros 10 nodos de mayor importancia de cada escenario.

Intermediación (BC)								
	Original	BC	Escenario 1	BC	Escenario 2	BC	Escenario 3	BC
1	Penaeoidea	3 270	Penaeoidea	3 475	Zooplancton	3 765	Zooplancton	4 865
2	Gastropoda	2 432	Zooplancton	3 300	Fitoplancton	3 506	Fitoplancton	4 806
3	Crustacea	2 071	Crustacea	2 598	Penaeoidea	3 374	Penaeoidea	3 370
4	Polychaeta	2 028	Fitoplancton	2 535	Brachyura	3 222	Brachyura	3 171
5	Amfipoda	1 909	Equinodermata	2 496	Crustacea	3 190	Detritos	3 108
6	Bivalvia	1 886	Cloroficeae	2 249	Detritos	2 679	Polychaeta	3 063
7	Cloroficeae	1 836	Gastropoda	2 176	Polychaeta	2 596	Bivalvia	2 985
8	Zooplancton	1 692	Bivalvia	2 127	Bivalvia	2 317	Crustacea	2 437
9	Fitoplancton	1 568	Brachyura	1 981	Gastropoda	2 299	Rodoficeae	1 921
10	Copépoda	1 483	Polychaeta	1 964	Rodoficeae	2 014	Cloroficeae	1 811

Para el escenario 1, el grupo de los Penaeoidea se mantuvo ($BC= 3 475$), como el mayor dispersor de efectos indirectos, pero el resto de los grupos se modificó, apareciendo el Zooplancton ($BC= 3 300$), como el segundo de mayor importancia. Le siguen en orden de importancia: Crustacea ($BC= 2 598$) y Fitoplancton ($BC= 2 535$), se determinó que de igual manera los herbívoros son los que dispersan la mayor cantidad de efectos indirectos (Figura 8b). Para el escenario 2 y 3, los grupos de mayor importancia conservaron su posición de importancia, aunque su valor de intermediación difiere, a saber: Zooplancton, Fitoplancton, Penaeoidea y Brachyura (Tabla 4).

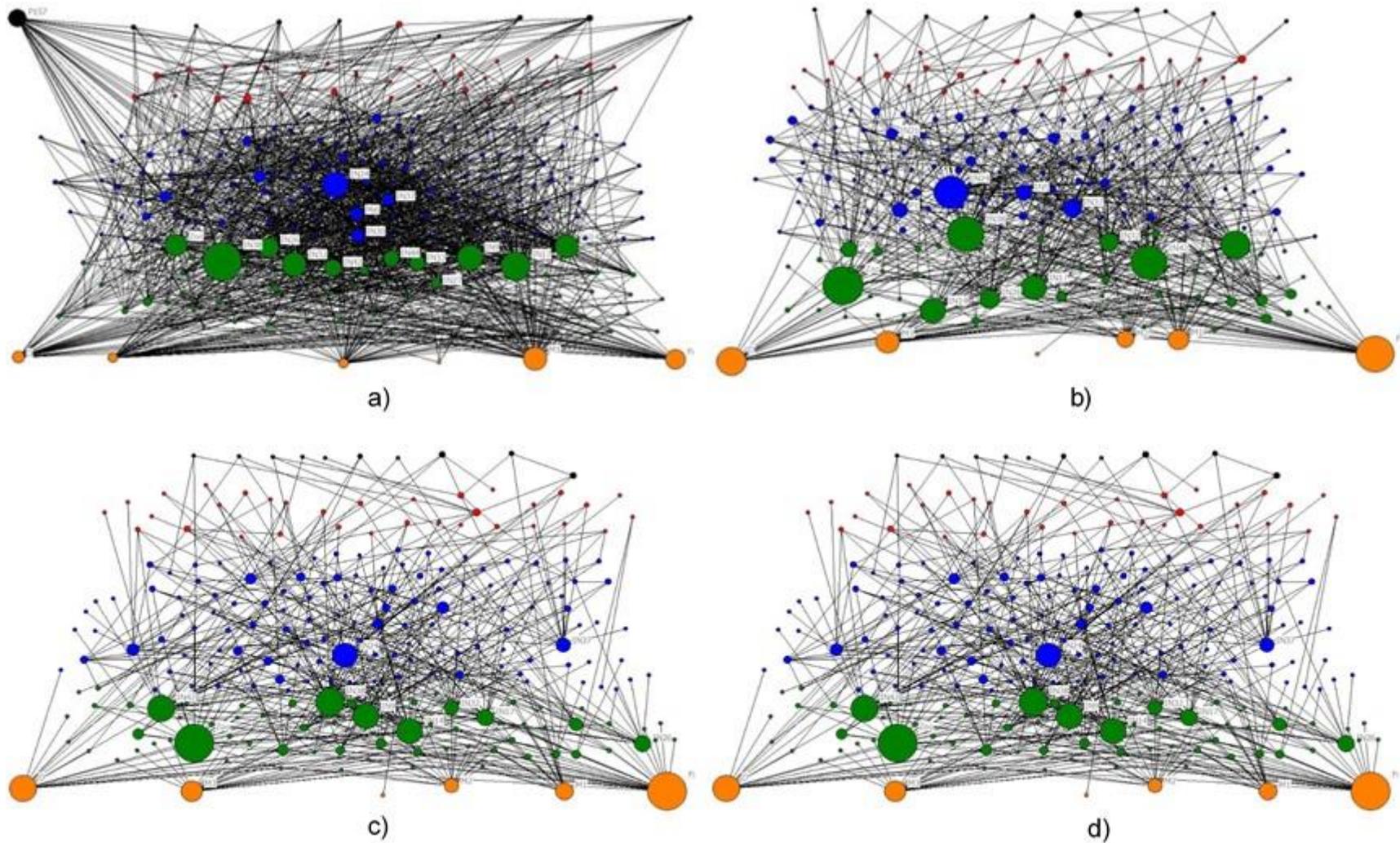


Figura 8.- Representación gráfica del índice de intermediación (BC) para los cuatro escenarios de BLP. Cada círculo representa a un nodo y su tamaño es proporcional a su valor BC . a) red del escenario original, b) red del escenario 1, c) red del escenario 2 y d) red del escenario 3.

Mediante la aplicación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se determinó que las distribuciones de los valores del índice de intermediación de los escenarios 2 y 3 son iguales (Figura 9); en tanto que, para el resto de los escenarios, las distribuciones fueron diferentes y los nodos más importantes se mantuvieron (Tabla 5).

Tabla 5.- Resultados de la comparación de distribuciones de frecuencias del índice de intermediación entre la red trófica original de BLP y los tres escenarios analizados. Valores de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, (*D*) en la diagonal inferior y valores de significancia estadística (*P*) en la diagonal superior.

Escenario	Original	1	2	3
Original	-	< 0.01	< 0.01	< 0.01
1	0.136	-	< 0.01	< 0.01
2	0.215	0.15	-	0.05
3	0.224	0.18	0.07	-

7.3.2 Índice de cercanía (CC)

El índice toma como referencia a los nodos con valores más bajos, como los de mayor importancia dentro de la red, siendo aquellos que se encuentran concentrados en los primeros intervalos de los histogramas, de manera que transmiten los efectos directos, a muchos nodos en el menor tiempo posible. Por consiguiente y de acuerdo con la información generada en este trabajo, se determinó que la mayoría de los nodos presentan una velocidad media de dispersión de los efectos tróficos, con una distribución de tipo Gausiana, similar en todos los escenarios analizados (Figura 10).

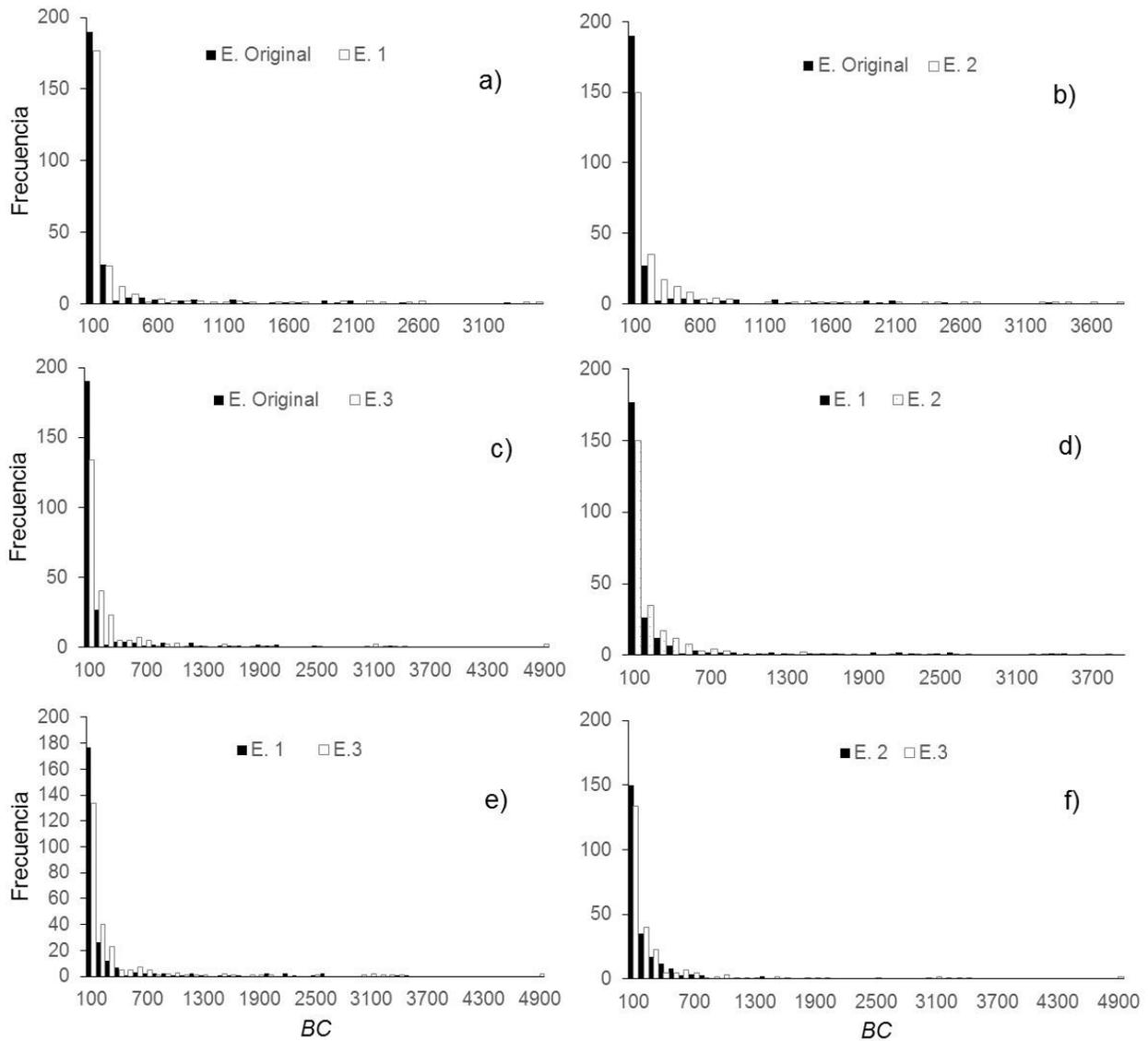


Figura 9.- Comparación de las distribuciones de frecuencia del índice de intermediación (*BC*) entre los escenarios analizados: a) escenario original vs escenario 1, b) escenario original vs escenario 2; c) escenario original vs escenario 3; d) escenario 1 vs escenario 2; e) escenario 1 vs escenario 3; y f) escenario 2 vs escenario 3.

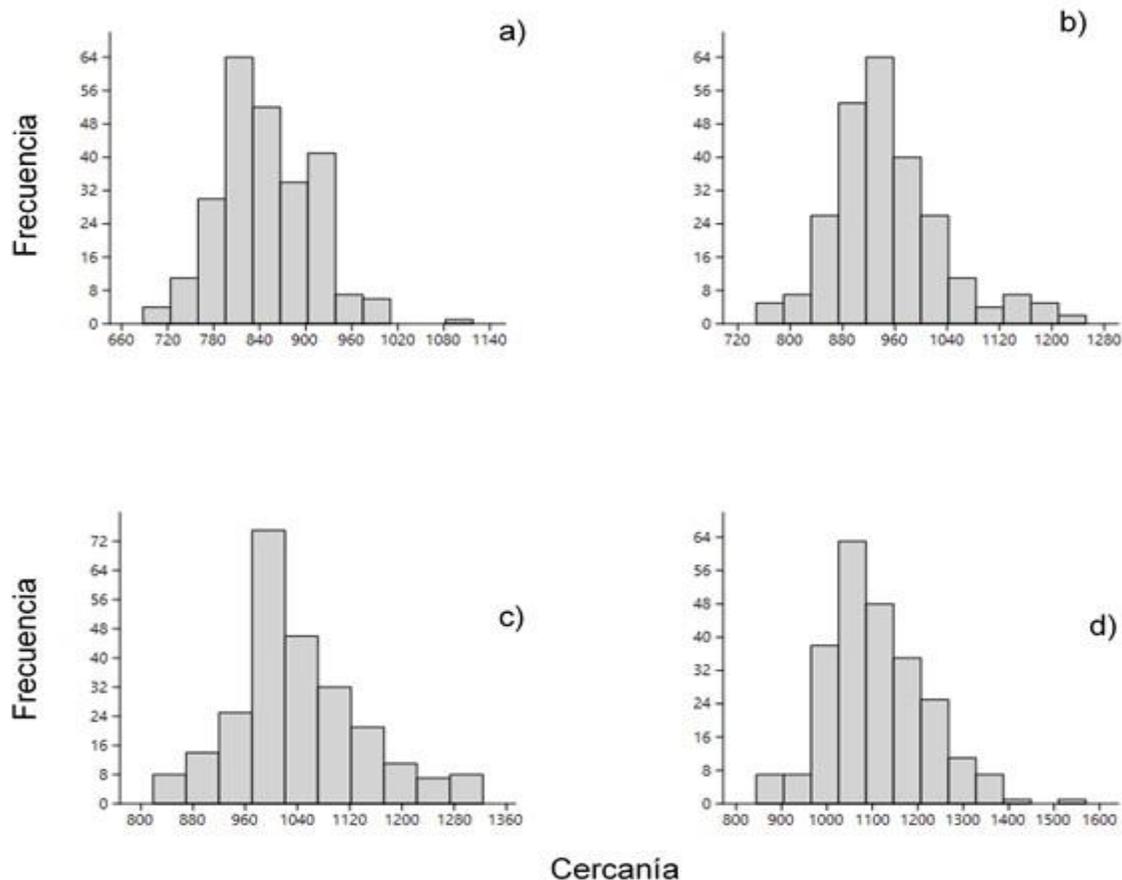


Figura 10.- Distribución de frecuencias del índice de cercanía (CC). a) escenario original, b) escenario 1, b) escenario 2, y d) escenario 3.

En cada escenario, el índice de cercanía (CC) mostró un reacomodo importante de los nodos de mayor centralidad. En el escenario original el nodo de mayor importancia fue *Penaeoidea* (CC= 688), que resultó ser el nodo de mayor influencia para la velocidad de dispersión de los efectos tróficos; le siguen en orden de importancia: *Equinodermata* (CC= 711), *Polychaeta* (CC= 712), *Gastropoda* (CC= 716) y *Crustacea* (CC= 742; Figura 11a).

En el escenario 1 se observó un reacomodo estructural de los nodos que conforman la red, esto es, el nodo *Equinodermata* (CC= 748) pasó a ser el de mayor importancia, seguido por *Penaeoidea* (CC= 768), *Zooplankton* (CC= 775) y *Fitoplancton* (CC= 781, Figura 11b). En lo referente al escenario 2, se estableció que la mayor

importancia de productores primarios es resultado de la pérdida de interacciones. Se observó una reorganización en la estructura de la red, donde el Detritos (CC= 819) fue el nodo de mayor importancia, seguido por el Zooplancton (CC= 825), Fitoplancton (CC= 828) y Penaeoidea (CC= 850); que se convierten en los grupos de mayor influencia en la velocidad de dispersión de los efectos tróficos (Figura 11c). En el escenario 3, a pesar que se observó un reacomodo de los nodos, se mantienen los tres primeros nodos del escenario anterior, el Zooplancton (CC= 844) resultó ser el que más contribuye en la velocidad de dispersión de los efectos, seguido en orden de importancia por el Detritos (CC= 848) y el Fitoplancton (CC= 855). También mostraron valores importantes de cercanía los Bivalvia (CC= 872) y Polychaeta (CC= 882); todos estos grupos desempeñan funciones de productores y herbívoros, respectivamente (Figura 11d; Tabla 6).

Tabla 6.- Resultado del índice de cercanía (CC) en la red original de BLP y en los tres escenarios analizados. Se presentan los primeros 10 nodos de mayor importancia de cada escenario.

		Cercanía (CC)						
Original	CC	Escenario 1	CC	Escenario 2	CC	Escenario 3	CC	
1	Penaeoidea	688	Equinodermata	748	Detritos	819	Zooplancton	844
2	Equinodermata	711	Penaeoidea	768	Zooplancton	825	Detritos	848
3	Polychaeta	712	Zooplancton	775	Fitoplancton	828	Fitoplancton	855
4	Gastropoda	716	Fitoplancton	781	Penaeoidea	850	Bivalvia	872
5	Crustacea	742	Crustacea	786	Brachyura	850	Polychaeta	882
6	Amfipoda	730	Detritos	795	Polychaeta	851	Penaeoidea	887
7	Zooplancton	731	Polychaeta	798	Bivalvia	860	Crustacea	900
8	Brachyura	732	Bivalvia	802	Crustacea	862	Brachyura	913
9	Cloroficeae	736	Brachyura	812	Gastropoda	874	Malacostraca	938
10	Bivalvia	736	Gastropoda	816	Hidrozoa	877	Gastropoda	941

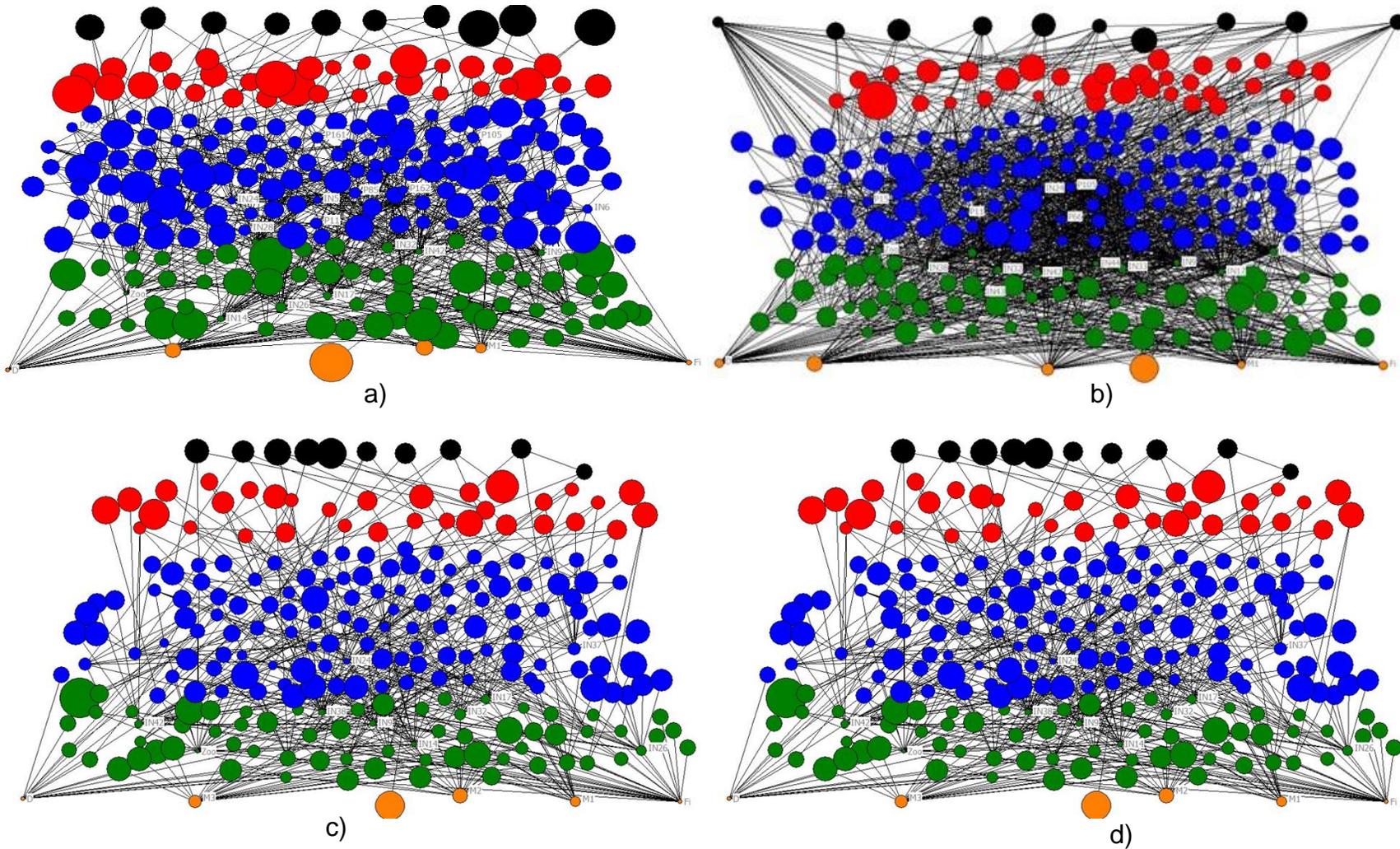


Figura 11.- Representación gráfica del índice de cercanía (CC) para los cuatro escenarios de BLP. Cada círculo representa a un nodo y su tamaño es proporcional a su valor. a) red del escenario original, b) red del escenario 1, c) red del escenario 2 y d) red del escenario 3.

Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, fue posible observar que las distribuciones de la cercanía de todos los escenarios difieren entre sí (Tabla 7; Figura 12).

Tabla 7.- Resultados de la comparación de distribuciones de frecuencias del índice de cercanía entre la red trófica original de BLP y los tres escenarios analizados. Valores de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (D) en la diagonal inferior y valores de significancia estadística (P) en la diagonal superior.

Escenario	Original	1	2	3
Original	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001
1	0.536	-	< 0.001	< 0.001
2	0.835	0.50	-	< 0.001
3	0.913	0.68	0.32	-

7.1 Índice de importancia topológica (K)

El índice de importancia topológica (K) mostró una constante entre los cuatro escenarios analizados, es decir, destacan por su relevancia el Fitoplancton ($K= 97.23$), Detritos ($K= 73.91$), Zooplancton ($K= 55.17$) y Cloroficeae ($K= 29.44$), con los valores más altos (Tabla 8), esto sugiere un control ecosistémico de tipo de abajo-arriba. De este modo, se pudo establecer que la eventual extirpación de estos elementos dentro de la estructura de la red, podría resultar en un cambio de control ecosistémico. Lo anterior debido a que por debajo de Cloroficeae se encuentran nodos con características de depredadores tope, pasando así a un posible control ecosistémico de tipo arriba-abajo, los nodos *Istiophorus platypterus*, Delfines y el pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* son los depredadores de mayor importancia topológica (Tabla 8). En cuanto a los efectos tróficos, la dispersión de efectos indirectos fue mayor entre los productores y consumidores primarios; mientras que los efectos tróficos directos dominaron en los depredadores (Tabla 8). También se destaca la participación de Phaeophyceae en los escenarios 2 y 3, por lo que se estable el predominio de los productores primarios en el control ecosistémico de la red de BLP.

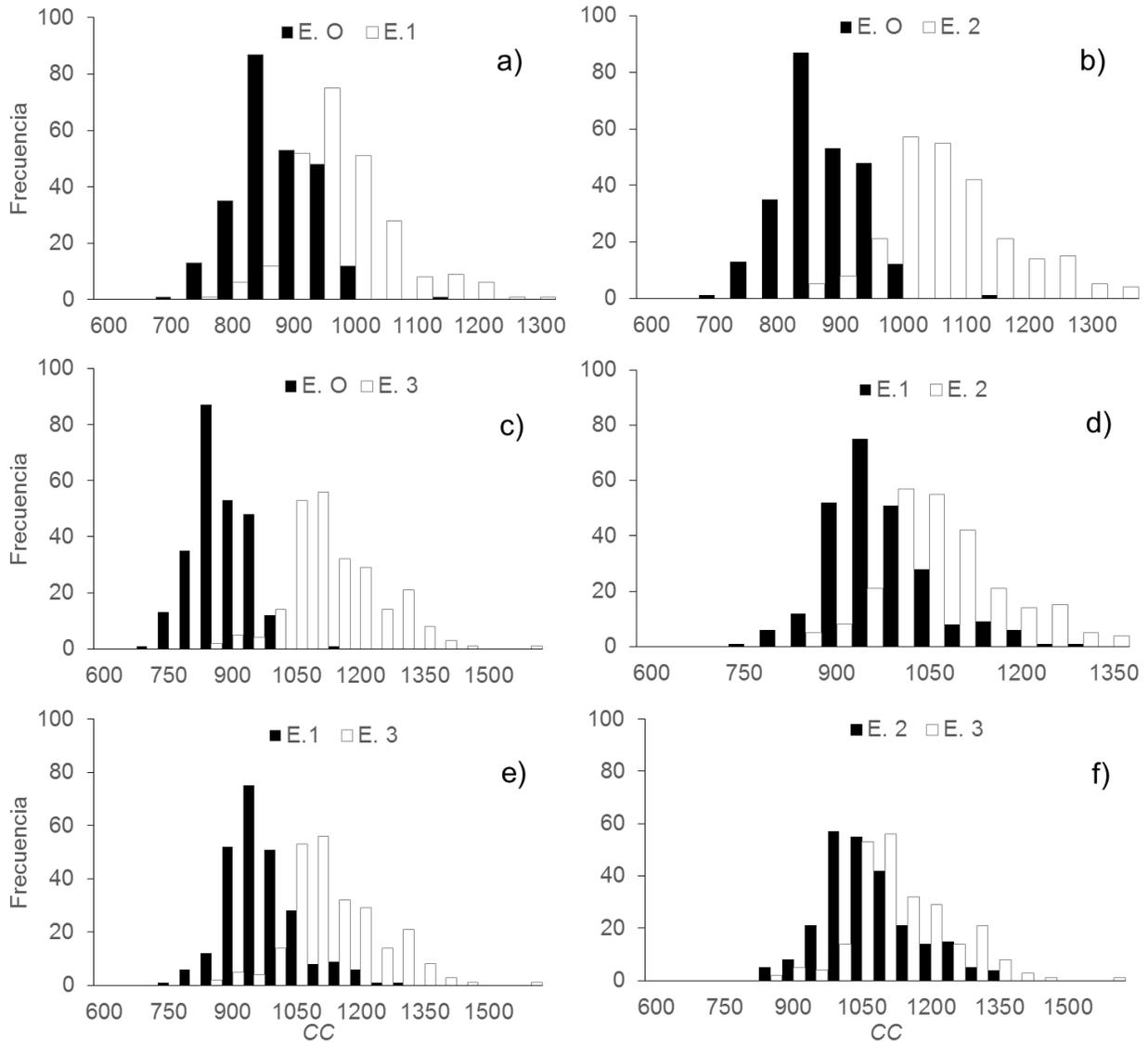


Figura 12.- Comparación de las distribuciones de frecuencias del índice de cercanía (CC) entre los escenarios analizados: a) escenario original vs escenario 1, b) escenario original vs escenario 2, c) escenario original vs escenario 3, d) escenario 1 vs escenario 2, e) escenario 1 vs escenario 3 y f) escenario 2 vs escenario 3.

Tabla 8.- Resultados del índice de importancia topológica (K) para los escenarios evaluados. Se muestran solo los primeros 10 nodos, en base al valor de importancia topológica (K). K_{bu} = índice de importancia de abajo-arriba, K_{td} = índice de importancia arriba-abajo, K_{dir} = índice de importancia de efectos directos y K_{indir} = índice de importancia de efectos indirectos.

Escenario Original							Escenario 1						
No	Nodos	K_{bu}	K_{td}	K_{dir}	K_{indir}	K	No	Nodos	K_{bu}	K_{td}	K_{dir}	K_{indir}	K
1	Fitoplancton	97.24	0.00	17.01	80.22	97.23	1	Fitoplancton	99.21	0.00	16.57	82.65	99.21
2	Detritos	73.91	0.00	10.07	63.8	73.91	2	Detritos	67.95	0.00	9.70	58.25	67.95
3	Zooplancton	55.11	0.05	14.04	40.77	55.17	3	Zooplancton	53.27	0.07	15.19	38.16	53.34
4	Cloroficeae	29.44	0.00	10.54	18.89	29.44	4	Cloroficeae	31.34	0.00	11.91	19.43	31.34
5	<i>I. platypterus</i>	0.00	20.67	13.67	7.06	20.67	5	Polychaeta	17.95	0.60	9.63	8.92	18.54
6	Delfines	0.00	17.73	3.93	13.80	17.73	6	Copepoda	18.09	0.03	8.57	9.55	18.12
7	Poliquetos	17.19	0.50	10.68	7.00	20.67	7	Penaeoidea	15.43	0.23	10.41	5.25	15.66
8	<i>L. argentiventris</i>	0.48	16.64	10.58	6.53	17.12	8	Crustacea	14.04	0.03	8.49	5.58	14.07
9	Copepoda	17.05	0.03	9.41	7.67	17.08	9	Gastropoda	13.63	0.06	10.79	2.90	13.69
10	Gastropoda	16.49	0.05	12.34	4.20	16.54	10	Bivalvia	11.75	0.10	7.97	3.89	11.86

Escenario 2							Escenario 3						
No	Nodos	K_{bu}	K_{td}	K_{dir}	K_{indir}	K	No	Nodos	K_{bu}	K_{td}	K_{dir}	K_{indir}	K
1	Fitoplancton	79.00	0.00	16.35	62.65	79.00	1	Fitoplancton	78.14	0.00	16.78	61.35	78.14
2	Detritos	66.92	0.00	10.78	56.14	66.92	2	Detritos	64.28	0.00	10.67	53.61	64.28
3	Zooplancton	42.04	0.08	12.49	29.63	42.12	3	Zooplancton	39.68	0.09	12.87	26.89	39.77
4	Cloroficeae	20.36	0.00	7.84	12.52	20.36	4	Cloroficeae	20.47	0.00	7.25	13.22	20.47
5	Phaeophyceae	16.49	0.00	9.14	7.35	16.49	5	Poliquetos	16.41	0.61	8.64	8.38	17.02
6	Penaeoidea	14.77	0.08	10.03	4.82	14.85	6	Phaeophyceae	16.98	0.00	9.00	7.98	16.98
7	Polychaeta	13.69	0.59	8.36	5.92	14.28	7	Penaeoidea	14.43	0.13	11.19	3.37	14.56
8	Gastropoda	12.49	0.09	9.80	2.77	12.57	8	Rodoficeae	12.84	0	11.37	1.47	12.84
9	Brachyura	12.20	0.14	10.11	2.22	12.34	9	Copepoda	11.58	0.04	7.95	3.67	11.62
10	Rodoficeae	12.14	0.00	11.03	1.10	12.14	10	Bivalvia	10.66	0.13	8.13	2.67	10.80

7.2 Conjunto de especies clave (KPP)

De acuerdo con el método de expansión (*KPP-2*), solo dos nodos fueron necesarios en el escenario original para que los efectos pudieran ser propagados a toda la estructura de la red de BLP. Estos fueron, Caridae y Ascidiacea, efecto del elevado número de interacciones que presentan dentro de la red (Tabla 9). A medida que el número de las interacciones débiles fue reducido en cada escenario, se requirió de un mayor número de nodos para poder propagar los efectos a toda la red. Por consiguiente, para el escenario 1 fue necesaria la participación de seis nodos, donde un efecto que parte del Fitoplancton alcanzó en dos pasos a más del 83% del total de nodos de la red (Tabla 9).

En el escenario 2 se requirieron de 10 nodos para alcanzar el 100% de la red, el Fitoplancton es el nodo que dispersó la mayor cantidad de efectos, con un 63.6% (Tabla 9). Para el escenario 3, fueron 12 los nodos requeridos para alcanzar el 100% de dispersión, y en donde el Detritos y el Fitoplancton conectaron con el 72.4% de la red. Al igual que en los demás escenarios, los nodos de los productores y los consumidores primarios fueron los dominantes en el conjunto de especies clave (Tabla 9).

Tabla 9.-Resultado del conjunto de nodos clave en los diferentes escenarios.

Red original			
Nodos	Código	No. nodos alcanzados	% de nodos alcanzados
Caridae	IN32	242	96.8
Ascidiacea	IN44	250	100
Escenario 1			
Fitoplancton	Fi	209	83.6
Zooplancton	Zoo	231	92.4
Poliquetos	IN9	243	97.2
Crustacea	IN24	247	98.8
Decápoda	IN44	249	99.6
Restos de peces	P1	250	100

Tabla 9.- Continua.

Red original			
Nodos	Código	No. nodos alcanzados	% de nodos alcanzados
Escenario 2			
Fitoplancton	Fi	157	63.6
Cefalópoda	IN19	201	81.4
Crustacea	IN24	224	90.7
Misidacea	IN31	232	93.9
Brachyura	IN42	238	96.4
Myctofidae	P9	241	97.6
Ariidae	P11	243	98.4
<i>E. labriformis</i>	P45	245	99.2
<i>S. faviatus</i>	P102	246	99.6
<i>L. dalli</i>	P141	247	100
Escenario 3			
Detritos	D	128	52.7
Fitoplancton	FI	176	72.4
Cloroficeae	M1	199	81.9
Zooplancton	Zoo	211	86.8
Lolinidae	IN22	220	90.5
Crustacea	IN24	227	93.4
Malacostraca	IN28	232	95.1
Penaeoidea	IN38	236	96.7
Equinodermata	IN44	238	97.9
<i>B. panamense</i>	P9	240	98.8
<i>P. viola</i>	P80	241	99.2
<i>A. xanthopterus</i>	P144	243	100

8 DISCUSIÓN

A través de un enfoque topológico se exploró la estructura de la red trófica de la BLP, con lo cual fue posible evaluar la importancia posicional de los diferentes nodos dentro de la red. En este sentido, la base de datos que se utilizó para el desarrollo del presente estudio incluyó información detallada de depredadores tope, de especies intermedias y de especies basales, resultando en una matriz de 250 nodos. El grado de detalle alcanzado en la dieta de los depredadores permitió obtener 1 528 interacciones, lo cual posiciona este modelo como uno de los de mayor detalle en cuanto a interacciones tróficas. En comparación con otros estudios como el de, Navia *et al.* (2016), quienes reportan una red trófica de 256 nodos y 647 interacciones; mientras que, Gaichas & Francis (2008), reportan una red trófica de 406 nodos y 1 507 interacciones tróficas. La diferencia entre el número de nodos que reportan los estudios y el número de interacciones, se basa en la información que éste disponible para la zona de estudio, así como el detalle de las dietas para especies, más que para grupos de especies, de igual forma se ha observado la importancia de integrar información proveniente de áreas distantes, siempre y cuando las especies presenten equivalencias ecológicas, esto permite el poder ampliar la matriz de análisis.

Lo anterior sustenta la confiabilidad de los resultados, si bien este modelo no fue construido solo con estudios de dieta de la Bahía de La Paz, la información utilizada fue tomada en su mayoría de estudios realizados en zonas aledañas y dentro del Golfo de California, cumpliendo siempre en la medida de lo posible el criterio de los equivalentes ecológicos.

Al complementar la información de los nodos en sus relaciones suele limitarse al hecho de saber si es comido o no; aunque sabemos que en el ecosistema pueden interactuar con más de una especie (Bascompte & Jordan, 2008). Sin embargo no fue tan sencillo poder contar con toda la información requerida, ya que algunos estudios, solo se limitan a las interacciones de los depredadores (Gaichas & Francis, 2008), o utilizan técnicas para homogenizar las redes alimenticias, tales como reducir la complejidad de especies taxonómicas a gremios tróficos o grupos funcionales. Esto provoca descartar especies que pudiesen estar bien conectadas o que la información se

concentre en niveles tróficos altos (Martínez, 1991; Gaichas & Francis, 2008; Navia *et al.* 2016). Lo anterior se vio reflejado en los resultados obtenidos, pues solo se afectaron drásticamente siete nodos (Anomura, Nettastomatidae, Asteroidea, *C. melampygus*, *D. macarellus*, *M. hubbsi*, *S. verres*) que se desconectaron de la red al eliminar a aquellos grupos que carecen de información que los pueda relacionar con un número alto de especies. Así se determinó que los niveles tróficos bajos resultaron ser los mayormente conectados, ya que son los que presentaron los más altos grados de agrupación (e.g. Gasterópoda, Fitoplancton, Zooplancton), y su participación está en función de ser consumidos, más que funcionar como depredadores. Sin embargo, el tener estas agrupaciones tan densas, pueden diluir o enmascarar la verdadera participación que si estuviesen de manera individual cada una de las especies. Si esto fuera el caso, las redes podrían llegar a una expansión sin límites (Bascompte & Jordan, 2008).

Los resultados de nuestro análisis sugieren que la red trófica de BLP presenta propiedades de escala libre, debido a los patrones en la distribución exponencial que manifiesta el grado del nodo (D). Lo anterior indica el hecho que muchos nodos se encuentran pobremente conectados y pocos están altamente conectados. Este comportamiento en la distribución de las interacciones de los nodos se conservó para los tres escenarios alternos (aunque cada uno de ellos significó la eliminación de interacciones), lo que manifiesta que la estructura permanece estable ante perturbaciones no selectivas, las cuales estarían dadas en la eliminación de cualquier nodo sin importar su condición de interacción. Esta conducta ha sido observada en redes de distinta naturaleza como redes de internet o redes metabólicas, lo que demuestra que estas características no son propias de los ecosistemas marinos, así como su condición de recuperarse ante eventos azarosos (Solé & Montoya 2001; Camacho *et al.* 2002; Montoya & Solé 2002).

En el caso de la BLP sugiere que la estructura de esta red podría verse afectada, por la eliminación dirigida a nodos como Gastropoda, Polychaeta, Crustacea, Bivalvia y Penaeoidea, que son los nodos más conectados de la red. Sin embargo no se analizó a detalle los potenciales efectos de la eliminación de dichas especies. Por el contrario, los nodos correspondientes a Anomura, Nettastomatidae, Asteroidea, *C. melampygus* *D.*

macaruellus, *M. hubbsi* y *S. verres*, con forme se eliminaron interacciones, desaparecieron sin que la estructura de la red se viera afectada, esto se les atribuye por ser nodos pobremente conectados. La alta conectividad que llegan a presentar algunos nodos, los hace acreedores para considerarlos como especies clave (Solé & Montoya, 2001; Dunne *et al.* 2002a).

En comparación con una red del Pacífico Colombiano (Navia, 2013), se obtuvo un resultado contrario a la predicción teórica, ya que al eliminar cuatro de los nodos más conectados de la red (Penaeidae) se mantuvo el patrón de escala libre. Esto fue posible, debido a la naturaleza de los nodos, ya que al eliminarlos, se desconectaron un 9.6% de los nodos de la nueva red, así como el 26.8% de las interacciones, pero esta pérdida corresponde a nodos que son las presas de los camarones y muchas de las interacciones perdidas, son entre los camarones y sus depredadores. En este caso una alta conectividad del nodo no implica que sea considerada con una alta importancia estructural (Allesina & Bodini, 2005). Esto sugiere, que al momento de eliminar nodos de manera selectiva, se debe considerar sus funciones como presas o como depredadores, lo que podría disminuir los efectos de su eliminación (Mengué, 1995).

Los resultados de Bahía de La Paz mostraron que a medida que disminuye el número de interacciones (en este caso las consideradas débiles), la conectancia aumentó, pasando de 0.081 en el escenario original a 0.134 en el escenario 1 y de 0.188 en el escenario 2 hasta 0.244 en el escenario 3. En comparación con lo reportado por Dunne *et al.* (2004) y Cruz-Escalona *et al.* (2013), se obtuvieron valores de conectividad más altos, (0.22-0.27), en redes con menos de 100 nodos. Al respecto, Navia *et al.* (2016) reportaron valores de conectividad mucho más bajos (0.0098) para el Golfo de Tortugas con 256 nodos, cuyos resultados contrastan de modo importante con los valores aquí reportados. Esta variación en los reportes de conectividad, podría deberse al grado de detalle de cada una de las redes anteriormente descritas, ya sea en la agrupación de especies o por el número de enlaces presentes en la estructura (Dunne *et al.*, 2002; Montoya & Solé 2002; Navia, 2013). Trabajos previos sobre la relación entre la conectancia y tamaño de la red son contradictorios entre sí, ya que reportan que la conectancia es relativamente sensible (Martínez, 1991) o incluso muy

sensible (Thompson & Townsed, 2000), al incremento de la agregación de especies y al decremento de la diversidad.

En este estudio, se encontró que la estructura de la red esta soportada principalmente en los organismos de niveles tróficos medios y bajos (Penaeoidea, Gastropoda, Crustacea y Polychaeta), especialmente en los procesos de dispersión de los efectos indirectos (intermediación). A pesar de la eliminación de las interacciones débiles, estos grupos permanecieron siempre en los primeros puestos de intermediación, mientras que los depredadores tope no participaron de manera tan significativa.

Lo anterior coincide con lo reportado por Navia *et al.* (2010) para el Pacífico de Colombia, donde destacaron la participación de nodos de niveles tróficos intermedios como los camarones, braquiuros y estomatópodos, en la dispersión de los efectos indirectos. La participación de estos nodos en el presente estudio, refleja la función que desempeñan tanto en la red de BLP y la red del Pacífico Colombiano, que no es solo como presas sino que además tienen una gran importancia como depredadores de otros invertebrados. Por otra parte, la poca participación en los efectos indirectos de nodos con características de depredadores tope o mesodepredadores, pueda estar en función a la falta de información de la dieta en la zona de estudio y de la dieta de sus presas, ya que Bornatowski *et al.* (2014), reportaron a *Zapteryx brevirostris* como un nodo de gran importancia para el suroeste de Brasil y debido a que en la BLP, se encuentra presente una especie con características similares (*Pseudobatos productus*), esta presentó efectos muy por debajo de otros nodos. Lo anterior podría estar dado en función de que los adultos consumen en menor cantidad las presas de sus crías, lo que reduce el número de interacciones y la cantidad de caminos entre los que participan (Navia, 2013). Por lo tanto, es determinante la participación de nodos que representen los estadios juveniles de las especies, debido que es la fase más vulnerable de su ciclo de vida convirtiéndose en las presas de muchos depredadores que en un futuro, estos depredadores se convertirán en las presas.

Con respecto a la velocidad de dispersión de los efectos (índice de cercanía) en la mayoría de los escenarios se identificaron grupos similares: Penaeoidea,

Equinodermata, Zooplancton y Fitoplancton. Estos mostraron mayor participación en la velocidad de dispersión de los efectos a través de la red, con un reducido número de pasos necesarios para que un efecto que parte desde ellos, se traslade o alcance a cualquier otro nodo de la red. La importancia de estos nodos podría deberse al alto grado de agregación (taxonómica) que presentan, ocasionando la constante interacción de los mismos con el resto de los nodos. Sin embargo, no se descarta el hecho de que dentro de estos grandes grupos se encuentre un elevado número de especies con un alto número de interacciones débiles como el caso de productores primarios o grupos de invertebrados con función de herbívoros. Claramente este efecto se debe al nivel de identificación alcanzado en cada uno de los estudios de contenidos estomacales. Un caso específico es el nodo del detritus que a pesar de no ser un organismo vivo, su importancia en la dispersión de los efectos directos destaca a medida que las interacciones débiles se eliminan. A pesar que solo interactúa con un número limitado de especies de peces (*M. curema*, *Thalassoma grammaticum*, *Acanthurus triostegus*), se encuentra en una constante interacción entre los nodos de niveles tróficos bajos, y con grados de agregación alto (e.g. Bivalvia, Polychaeta, entre otros) los cuales sirven de conexión entre el detritus y los niveles tróficos medios y altos.

De igual forma se observó que en BLP, tanto la estructura de mesoescala de la red como el índice de importancia topológica, está dominada por organismos de niveles tróficos bajos. En otras palabras la bahía presentó un control ecosistémico de abajo hacia arriba, donde se destacó la presencia del fitoplancton, el detritus, algas, poliquetos y camarones como nodos clave en los cuatro escenarios analizados lo anterior coincide con lo reportado por Irigoyen-Arredondo (2013) que destaca su importancia como parte fundamental de la estructura de la red trófica de Isla San José. Este comportamiento del efecto de abajo hacia arriba, también se presentó en las investigaciones realizadas por Arreguín-Sánchez *et al.* (2004) y Díaz-Uribe *et al.* (2007), este último también hace referencia al control de cintura de avispa, por la importante participación de los pelágicos menores.

Estudios de comunidades marinas, que documentan la existencia de un control ecosistémico de abajo hacia arriba, han sido referidos a zonas intermareales que se encuentran bajo la influencia de un importante estrés ambiental (Menge, 2000).

Mientras que para zonas con características ambientales más estables como los arrecifes estarían influenciados por un control ecosistémico de arriba-abajo, dado por los depredadores tope. Salinas-Mayoral (2014), determino este tipo de control ecosistémico en el arrecife rocoso de Cabo Pulmo estando regulado por los tiburones, sin embargo menciona que la zona pudiese estar influenciada por un control ecosistémico de abajo-arriba por parte del fitoplancton y el detritos, la presencia de ambos controles ecosistemicos estaría dado por las condiciones estacionales. Por lo tanto, se establece que las condiciones ambientales y geográficas de la BLP, como de otras zonas, juegan un papel importante en la estructura de la comunidad (Díaz-Uribe *et al.* 2007).

Los estudios de Arreguin-Sánchez *et al.* (2004) y Díaz-Uribe *et al.* (2007), estuvieron enfocados al efecto pesquero que se ejerce sobre algunas especies de importancia comercial como son: el huachinango (*Lutjanus peru*) y algunos tiburones (*Carcharinus limbatus*, *Carcharinus falciformes*, *Sphyrna lewini* y *S. zygaena*). Dichas especies en la trama trófica, no son necesariamente las más importantes de la red, lo cual podría ser consecuencia de los efectos (de arriba hacia abajo) que ocasiona la sobrepesca, a través de un efecto positivo en las poblaciones de sus presas.

Un aspecto fundamental para este trabajo, fue el considerar la biomasa que aporta cada presa a la dieta de los depredadores, ya que no todas las presas presentes en la dieta son de alto valor energético para la estrategia alimentaria del depredador (Sommerville *et al.*, 2011). Al respecto, Bascompte *et al.* (2005) mencionan que la estabilidad de las comunidades ecológicas depende en gran medida de la fuerza de interacción entre los depredadores y sus presas, asimismo que las tramas alimentarias se caracterizan por muchas interacciones débiles y pocas interacciones fuertes, tal y como ha sido propuesto en otros trabajos ecológicos (e.g., Raffaelli & Hall, 1995; Berlow *et al.*, 2004; Bascompte, 2008). Lo anterior coincide con lo obtenido para Bahía de La Paz, ya que de las 1 528 interacciones presentes en la red, 1 031 se consideraron débiles por aportar menos del 15% de biomasa en la dieta de los depredadores. Lo anterior equivale a que el 67% de las interacciones está en función de que los depredadores tienen muchas presas, lo que los caracteriza como omnívoros. Este comportamiento según Emmerson & Yearsley (2003), permitiría que la estructura de la

red aumente su probabilidad de presentar un equilibrio estable, dado que las especies presentes no se enfocarían a un solo recurso y pudiesen estar evolucionando para tener interacciones débiles.

Lo anterior, queda de manifiesto en lo establecido por Bascompte (2008), quien menciona que las interacciones de dependencia recíproca fuerte son muy escasas y que el vínculo de las interacciones débiles y asimétricas favorecen la persistencia de las especies en la comunidad. Si cada especie de cada par dependiera fuerte y simétricamente de la interacción con la otra especie, provocaría que al disminuir la población de una, la otra también disminuiría. Esto resultaría en un efecto de cascada y por consiguiente daría paso a una extinción, lo que es improbable cuando se presentan las interacciones débiles y asimétricas.

Con base en todo lo anterior, surge la necesidad de explorar con mayor detalle los efectos de las fuerzas de interacción, de manera que los nodos presentes en la red puedan incorporar características ecológicas intrínsecas de cada una de las distintas especies que los conforman (Emmerson & Yearsley, 2003; Bascompte, 2008)

9 CONCLUSIONES

La presencia de una alta cantidad de interacciones débiles es efecto del grado de detalle en la descripción sobre las tasas de consumo en las dietas, tanto de los depredadores como de sus presas, así como la alta diversidad presente en la BLP lo que permite el uso de una mayor cantidad de recursos para las especies.

La red trófica estudiada cumple con los patrones estructurales de escala libre, lo que sugiere una alta resistencia a efectos ambientales o antrópicos aleatorios que se puedan ejercer sobre todo el conjunto, pero que a su vez podría ser sensible a la pérdida de especies con alta centralidad o importancia topológica.

Los resultados ratifican la importancia de los productores primarios y especies de niveles tróficos bajos en la estructura vertical de la red, además que presentan gran importancia en los procesos de mesoescala, lo cual determina que la estructura de la trama trófica este regulada por un tipo de control ecosistémico de abajo hacia arriba.

10 LITERATURA CITADA

- Allesina, S. & A. Bodini. 2005. Food web networks: Scaling relation revisited. *Ecological Complexity*, 2,323-338
- Arreguín-Sánchez F, A. Hernández-Herrera, M. Ramírez-Rodríguez & H. Pérez-España. 2004. Optimal management scenarios for the artisanal fisheries in the ecosystem of La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Ecological Modelling*. 172(2), 373–382.
- Arreguín-Sánchez, F., P. del Monte-Luna, J. G. Díaz-Uribe, M. Gorostieta, E. A. Chávez & R. Ronzón-Rodríguez. 2007. Trophic model for the ecosystem of La Paz Bay, Southern Baja California Peninsula, México. *Fisheries Centre Research Reports*, 15(6), 134–160
- Aldana, M. 2006. Redes complejas. Publicación en línea. 33 p.
- Bascompte, J., C. J. Melián & E. Sala. 2005. Interaction strength combinations and the overfishing of a marina food web. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(15), 5443-5447.
- Bascompte, J. & P. Jordano. 2008. Redes mutualistas de especies. *Investigación y Ciencia*, 384, 50-59.
- Berlow, E. L., A. M. Neutel, J. E. Cohen, P. C. De Ruiter, B. O. Ebenman, M. Emmerson, J. W. Fox, V. A. Jansen, J. Iwan-Jones, G. D. Kokkoris & D. O. Logofet. 2004. Interaction strengths in food webs: issues and opportunities. *Journal of animal ecology*, 73(3), 585-598.
- Blondel, J. 2003. Guilds of functional groups: does it matter?. *Oikos*, 100(2), 223-231.
- Borgatti, S. P. & C. Jones. 1996. A measure of past collaboration. *Connections* 19(1):58-60.
- Borgatti, S. P. 2002. *NetDraw: graph visualization software*. Harvard: Analytic Technologies.

- Borgatti, S. P. 2003. The Key Player Problem, 241-252. In Dynamic social network modeling and analysis: workshop summary and paper.
- Borgatti, S. P., M. G. Everett & L. C. Freeman. 2002. Unicet for Windows: software for social network analysis.
- Borer, E.T., K. Anderson, C. A. Blanchette, B. Broitman, S. D. Cooper, B. S. Halpern, E. W. Seabloom & J. B. Shurin. 2002. Topological approaches to food web analyses: a few modifications may improve our insights. *Oikos*, 99(2), 397-401.
- Bornatowski, H., A. F. Navia, R. R. Braga, V. Abilhoa & M. F. Correa. 2014. Ecological importance of sharks and rays in a structural food web analysis in southern Brazil. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 71(7), 1586-1592.
- Breiger, R., K. Carley & P. Pattison. (Eds.). 2003. Dynamic social network modeling and analysis: workshop summary and paper. National Academies Press, Washington DC. 376 p.
- Briand, F. & J. E. Cohen. 1984. Community food webs have scale invariant structure. *Nature*, 308, 330-334.
- Broder, A., R. Kumar, F. Maghoul, P. Raghavan, S. Rajagopalan, R. Stata, A. Tomkins & J. Wiener. 2000. Graph structure in the web. *Computer networks*, 33(1), 309-320.
- Camacho, J., R. Guimerá & L. A. Nunes-Amaral. 2002. Robust patterns in food web structure. *Physical Review Letters*. 88(22), 228102.
- Capra, F. 1998. *La trama de la vida: Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Editorial Anagrama. Barcelona. 345 p.
- Cohen, J. E. 1977. Food webs and the dimensionality of trophic niche space. *Proceedings of the National of the Academy of Sciences* 74(10), 4533-4563.
- Cohen, J. E., C. M. Newman & F. Briand. 1985. A stochastic theory of community food webs. II. Individual webs. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 224, 449-461.

- Cruz-Orozco, R., P. Rojo-García, L. Godídez-Orta & E. Nava-Sánchez. 1989. Topografía, hidrología y Sedimentos de las Márgenes de la Laguna de La Paz, BCS. *Revista de Investigación Científica UABCS* 1(3), 3-16.
- Cruz-Escalona, V. H., M. V. Morales-Zarate, A. F. Navia, J. M. Rguez-Baron & P. Del Monte-Luna. 2013. Análisis funcional de la red trófica de Bahía Magdalena Baja California Sur, México. *Latin America Journal of Aquatic Research*, 41(3), 519-544.
- Dambacher, J. M., J. W. Young, R. J. Olson, V. Allain, F. Galván-Magaña, M. J. Lansdell, N. Bocanegra-Castillo, V. Alatorre-Ramírez, S. P. Cooper & L. M. Duffy. 2010. Analyzing pelagic food webs leading to top predators in the Pacific Ocean: A graph-theoretic approach. *Progress in Oceanography*, 86(1), 152-165.
- Díaz-Uribe, J., F. Arreguín-Sánchez & M. A. Cisneros-Mata. 2007. Multispecies perspective for small-scale fisheries management: A trophic analysis of La Paz Bay in the Gulf of California, Mexico. *Ecological Modelling*, 201, 205-222.
- Dunne, J. A., R. J. Williams & N. D. Martinez. 2002. Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecology letters*, 5(4), 558-567.
- Dunne, J. A., R. J. Williams & N. D. Martinez. 2004. Network structure and robustness of marine food webs. *Marine Ecology Progress Series*, 273, 291-302.
- Dunne, J. A. & R. J. Williams. 2009. Cascading extinctions and community collapse in model food webs. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1524), 1711-1723.
- De-Silva-Dávila, R. 1997. Abundancia y distribución d los eufáusidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* Hasen, en la Bahía de la Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 112 p.
- Emmerson, M. & J. M. Yearsley. 2004. Weak interactions, omnivory and emergent food-web properties. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 271(1537), 397-405.

- Faloutsos, M., P. Faloutsos & C. Faloutsos. 1999, August. On power-law relationships of the internet topology. In ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 29 (4), 251-262.
- Freeman, L. C. 1978. Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239.
- Gaichas, S. K. & R. C. Francis. 2008. Network models for ecosystem-based fishery analysis: a review of concepts and application to the Gulf of Alaska marine food web. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(9), 1965-1982.
- Hall, S. J. & D. Raffaelli. 1991. Food-web patterns: lessons from a species-rich web. *The Journal of Animal Ecology*, 823-841.
- Heredia-Doval, D. 2013. Redes de sistemas y evolución: hacia una nueva biología. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Madrid. 420 p.
- Ings, T. C., J. M. Montoya, J. Bascompte, N. Blüthgen, L. Brown, C. F. Dormann, F. Edwards, D. Figueroa, U. Jacob, J. I. Jones & R. B. Lauridsen. 2009. Review Ecological networks-beyond food webs. *Journal of Animal Ecology*, 78(1), 253-269.
- Jiménez-Illescas, A., M. Obeso-Nieblas y D. Salas-de León. 1997. Oceanografía física de La Bahía de La Paz, B.C.S. En J. Urbán-Ramírez y M. Ramírez-Rodríguez, (eds.) La Bahía de La Paz investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. México. 31-41.
- Jordan F. 2001. Trophic fields. *Community Ecology*, 2(2), 181-185.
- Jordán, F. & I. Scheruring. 2002. Searching for keystone in ecological networks. *Oikos* 99(3), 607-612.
- Jordán, F., W. Liu & A. J. Lewis. 2006. Topological keystone species: measures of positional importance in food webs. *Oikos*, 112, 535-546.
- Lindeman, R. L. 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 23(4), 157-176.

- Libralato, S., V. Christensen & D. Pauly. 2006. A method for identifying keystone species in food web models. *Ecological Modelling*, 195(3), 153-171.
- López-Rasgado, F. J. 2013. Cambios en la estructura de la comunidad íctica en tres sistemas de manglar áridos del Golfo de California: 1980-81 *versus* 2009-10. Tesis de Doctorado. CIBNOR. 80p.
- Martinez, N. D. 1991. Artifacts or attributes? Effects of resolution on the little rock lake food web. *Ecological monographs*. 61(4), 367-392.
- Martinez, N. D. 1922. Constant connectance in community food webs. *American Naturalist*, 139(6), 1208-1218.
- May, R. M. 1974. *Stability and complexity in model ecosystems*. Princeton University Press, 263 p.
- Menge, B. A. 1995. Indirect effects in marina rocky intertidal interaction webs: patterns and importance. *Ecological Monographs*, 65(1), 21-74.
- Menge, B. A. 2000. Top-down and bottom-up community regulation in marine rocky intertidal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250, 257-289.
- Montoya, J. M, R. Solé & M. A. Rodríguez. 2001. La arquitectura de la naturaleza: complejidad y fragilidad en redes ecológicas. *Ecosistemas*, 10(2).
- Montoya, J. M. & R. Solé. 2002. Small world patterns in food webs. *Journal of Theoretical Biology*, 214(3): 405-412.
- Navia-López, A. F. 2011. Alteraciones de las redes tróficas marinas por efectos de la pesca. Ensayo Pre-doctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 55p.
- Navia-López, A. F. 2013. Función ecológica de tiburones y rayas en un ecosistema costero del pacifico colombiano. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México, 170 p.

- Navia, A. F., E. Cortés & P. A. Mejía-Falla. 2010. Topological analysis of the ecological importance of elasmobranch fishes: a food web study on the Gulf of Tortugas, Colombia. *Ecological Modelling*, 221(24), 2918-2926.
- Navia, A. F., E. Cortés, F. Jordán, V. H. Cruz-Escalona & P. A. Mejía-Falla. 2012. Changes to marine trophic networks caused by fishing. 417-452 p. in: Mahamane, A. (Ed.), *Diversity of Ecosystems*. Intech, Croatia.
- Navia A. F., V. H. Cruz-Escalona, A. Giraldo & A. Barausse. 2016. The structure of a marine tropical food web, and its implications for ecosystem-based fisheries management. *Ecological Modelling*, 328(24), 23-33.
- Obeso-Nieblas, M. 2003, Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 337 p.
- Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago, L. Sánchez-Velasco & J. H. Gaviño-Rodríguez. 2004. Hydrographic variability in Bahía de La Paz, BC S, México, during the 1997-1998 El Niño. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(6), 689-710.
- Odum, E. P. 1953. *Fundamentals of ecology*. Saunders, Philadelphia. 387 pp.
- Odum, E. 1985. *Fundamentos de ecología*. Interamericana. México. 422 pp.
- Osuna-Valdez, I. 1986. Evolución holocénica de la laguna de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Biólogo Marino, Universidad Autónoma de Baja California sur. 57p.
- Pascual, M. & A. Dunne. 2006. *Ecological networks: linking structure to dynamics in food webs*. Oxford University Press. 275p.
- Pimm, S. L., J. H. Lawton & J. E. Cohen. 1991. Food web patterns and their consequences. *Nature*, 350, 669-674.

- Power, M. E., D. Tilman, J. A. Estes, B. A. Menge, W. J. Bond, L. S. Mills, G. Daily, J. C. Castilla, J. Lubchenco & R. T. Paine. 1996. Challenges in the quest for keystones. *BioScience*, 46(8), 609-620.
- Raffaelli, D. & L. E. Hall. 1995. In *food webs: Integration of patterns and dynamics*, eds. Polis, G. & K. Winemiller (Chapman & Hall, New York), 185-191.
- Ramírez-Rodríguez, M., 1997. La producción pesquera en Bahía de La Paz, B.C.S. La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 273–282.
- Ronzón Rodríguez, R., 2009. Desempeño de indicadores para evaluar perturbaciones en ecosistemas arrecifales Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 130 p.
- Root, R. B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37(4), 317-350.
- Salcido-Guevara, L. A., F. Arreguín-Sánchez, L. Palmeri & A. Barausse. 2012. Metabolic scaling regularity in aquatic ecosystems. *Oceánides*, 27(2), 13-26.
- Sommerville, E., M. E. Platell, W. T. White, A. A. Jones & I. C. Potter. 2011. Partitioning of food resources by four abundant, co-occurring elasmobranch species: relationships between diet and both body size and season. *Marine and Freshwater Research*, 62(1), 54-65.
- Solé, R. V., 2009. *Redes complejas: del genoma a internet*. Tusquets editores. 19-22.
- Solé, R. V. & J. M. Montoya. 2001. Complexity and fragility in ecological networks. *Proceedings of the Royal Society of London. B: Biological Sciences* 268, 2039-2045
- Strogatz, D. 2005. Exploring complex networks. *Nature*, 410:268-276.
- Thompson, R. M. & C. R. Townsend. 2000. Is resolution the solution?: the effect of taxonomic resolution on the calculated properties of three stream food webs. *Freshwater Biology* 44(3), 413-422.

Vázquez-Sánchez, R. I. 2005. Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 123 pp.

Watts, D. J. & S. H. Strogatz. 1998. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(6684), 440-442.

Wasserman, S. & K. Faust. 1994. *Social network analysis: Methods and applications* (Vol. 8). Cambridge university press.

Williams, R.J. & N.D. Martinez. 2000. Simple rules yield complex food webs. *Nature*. 404(6774), 180-183.

www.seaaroundus.org

11 ANEXOS

ANEXO 1. Lista de referencias bibliográficas, que indican estudios de especies presentes en BLP, para construir la matriz de interacciones.

- Arreguín-Sánchez, F., A. Hernández-Herrera, M. Ramírez-Rodríguez & H. Pérez-España. 2004. Optimal management scenarios for the artisanal fisheries in the ecosystem of La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Ecological Modelling* 172(2), 373-382.
- Arreguín-Sánchez, F., P. del Monte-Luna, J. G. Díaz-Uribe, M. Gorostieta, E. A. Chávez & R. Ronzón-Rodríguez. 2007. Trophic model for the ecosystem of La Paz Bay, Southern Baja California Peninsula, Mexico. *Fisheries Centre Research Reports*, 15(6), 134-160.
- Bermúdez-Almada B. R. & G. García-Luna. 1985. Hábitos alimenticios de los peces de zonas rocosas de la Bahía de La Paz, B.C.S., Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 256 pp.
- Caraveo-Patiño. J. 1991. Hábitos alimenticios de la pierna *Caulolatilus princeps* Jenyns, 1842 (Pisces: Branchiostegidae) Bahía de La Paz, B. C. S. México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 75 p.
- Del Ángel-Rodríguez, J. A. 1997. Hábitos alimentarios y distribución espacio-temporal de los rorcuales común (*Balaenoptera physalus*) y azul (*Balaenoptera musculus*) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 78p.
- Díaz-Uribe, J., F. Arreguín-Sánchez & M. A. Cisneros-Mata. 2006. Multispecies perspective for small-scale fisheries management: A trophic analysis of La Paz Bay in the Gulf of California, Mexico. *Ecological Modelling* 201(2), 205-222.
- Elorduy-Garay, J. F. & J. Caraveo-Patiño. 1994. Feeding Habits of the Ocean Whitefish, *Caulolatilus Princeps* Jenyns 1842 (Pisces: Branchiostegidae), In La Paz Bay, BCS, Mexico. *Ciencias Marinas*, 20(2), 199-218.

- Elorduy-Garay, J. F. & A. K. Peláez-Mendoza. 1996. Hábitos alimentarios de *Caulolatilus affinis* (Perciformes: Branchiostegidae) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Revista Tropical/International Journal of Tropical Biology and Conservations*. 44(1), 241-249.
- García-Rodríguez, F. J. 1995. Ecología alimentaria del Lobo Marino de California, *Zalophus californianus*, en los Islotes, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 106 p.
- Garda-Domínguez, F. A. 1991. Distribución, abundancia, reproducción y fauna asociada de la Almeja Roñosa, *Chione californiensis*, en la Ensenada de La Paz, B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 75p.
- Hacohen-Domené, A. 2007. Ecología alimentaria del tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Smith 1828) en la costa occidental del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 57p.
- Hernández-Almaraz, P. 2015. Bioacumulación de Cd, Pb, Cu, Zn y Fe en un Gasteropodo y dos especies de Erizo por consumo de macro-algas asociadas a mantos de *Sargassum spp.*, en Bahía de La Paz Baja California Sur, México. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 102p
- Hernández-Trujillo S., A. Zárate-Villafranco, R. Pacheco-Chávez, G. Esqueda-Escárcega, J. Reyes Hernández-Alfonso y G. Aceves-Medina. 2007. Pastoreo del mesozooplancton sobre fitoplancton en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. *Hidrobiológica* 17(3), 225-231.
- Irigoyen-Arredondo, M.S. 2012. Estructura comunitaria y trófica de ictiofauna capturada con redes agalleras en Isla San José, B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 103p.

- Jiménez-Castro, C. M. 1988. Hábitos alimenticios, requerimiento energético y consumo alimenticio del pelicano café en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. Tesis de Licenciatura, 62 p.
- Ketchum-Mejía, J.T. 2003. Distribución espacio-temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes en el suroeste del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 91p.
- Peláez-Mendoza. A. K. 1997. Hábitos alimenticios de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosácea* Streets, 1877. (Pisces:Serranidae) en La Bahía de La Paz B.C.S. y zonas adyacentes. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 62 p.
- Pérez-Ramírez, J. M. 2013. Aspectos preliminares de los hábitos alimentarios de biológicos del lenguado *Paralichthys woolmani* (Jordan y Williams, 1897) (Perciformes: Paralichthyidae), en la Bahía de La Paz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 48 p.
- Romero-Ponce, R. 2004. Ecología trófica y dinámica poblacional de *Scorpaenodes xyris* (Jordan y Gilbert, 1882) (Scorpaniformes:Scorpaenidae) en la comunidad arrecifal de peces crípticos de la Bahía de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 79 p.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. & U. Argumedo-Hernández. 2012. Diversidad de diatomeas en la dieta *in situ* de *Chiton virgulatus* (Mollusca: Polyplacophora) de Baja California sur, México. *Hidrobiológica*, 22(3): 267-281.
- Vázquez-Sánchez, R. I. 2005. Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 114 p.

ANEXO 2. Lista de referencias bibliográficas, que indican especies en áreas cercanas al ecosistema de Bahía de La Paz.

- Aguilar-Castro, N. A. 2003. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 113 p.
- Ainsworth, C. H., I. C. Kaplan, P. S. Levin & M. Mengel. 2010. A statistical approach for estimating fish diet compositions from multiple data sources: Gulf of California case study. *Ecological Applications*, 20(8), 2188-2202.
- Amezcuca F. y A. Portillo. 2010. Hábitos alimenticios del lenguado panámico *Cyclopsetta panamensis* (Pallichthyidae) en el Sureste del Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 45(2), 335-340.
- Armendáriz-Villegas, E. V. 2005. Hábitos alimenticios del calamar gigante (*Dosidiscus gigas*, Orbigny, 1835), en el centro del Golfo de California durante los años del 2002-2003. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Baja California Sur.
- Escobar-Sánchez, O. 2002. Hábitos alimentarios del marlín rayado *Tetrapturus audax* (philippi, 1887) en el área de los cabos, Baja California Sur, México, durante el periodo 1994-1995. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Baja California Sur. 76 p.
- Escobar-Sánchez, O. 2004. Hábitos alimentarios del tiburón ángel *Squatina californica* (Ayres, 1859) en el suroeste del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 99p.
- Jiménez-Pinedo, N.C. 2010. Hábitos alimentarios y relación interespecífica entre la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) y la ballena de aleta (*B. physalus*) en el suroeste del golfo de california. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 78p.
- Moreno-Sánchez, X. G. 2009. Estructura y organización trófica de la ictiofauna del arrecife de los frailes, B.C.S. México. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 143p.

- Olavarrieta-García, T. 2012. Hábitos alimenticios de rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) en el Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 38 p.
- Tecuapetla-Rios, J. A. 2005. Hábitos alimenticios de algunos de los peces más abundantes, capturados con red agallera, en el parque marino Bahía de Loreto, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Tripp-Valdez, A. 2005. Ecología trófica del dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) en dos áreas del sur del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 125p.
- Trujillo-Retana, G. 2014. Comparación de los hábitos alimentarios del Huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Perciformes: Lutjanidae), en el sur del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 72p.

ANEXO 3. Lista de referencias bibliográficas, referentes a zonas geográficas lejanas pero con especies de equivalencia ecológica.

- Aguilar-Palomino, B. y G. González-Sansón. 2010. Composición y superposición de dietas de cuatro especies de *Diplectrum* (Perciformes: Serranidae) en el Pacífico central mexicano. Revista de Biología Tropical, 58(4), 1189-1198.
- Alderete-Macal, M. J. 2007. Hábitos alimenticios del tiburón horma *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) en Salina Cruz, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Baja California Sur. 68 p.
- Alatorre-Ramírez, V. A. 2007. Hábitos alimenticios del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y barrilete *Katsuwonus pelamis* en cardúmenes mixtos del Océano Pacífico oriental tropical. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 86p.
- Amezcu-Gómez, C. A. 2007. Relaciones tróficas entre el pez vela (*Istiophorus hippurus*) y el dorado (*Coryphaena hippurus*) en la costa occidental de los estados de Jalisco y

- Colima, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 93p.
- Andrade-González, Z. D. S. 2005. Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 121p.
- Arizmendi-Rodríguez, D. I. 2004. Hábitos alimenticios del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) en el área de Mazatlán Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 91 p.
- Armendáriz-Villegas, E.V. 2008. Ecología trófica de *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 (Cephalopoda: octopodidae) en Bahía de los Ángeles, B.C., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 139p.
- Arreguín-Sánchez, F., E. Arcos & E. A. Chávez. 2002. Flows of biomass and structure in an exploited benthic ecosystem in the Gulf of California, Mexico. *Ecological Modelling*, 156(2), 167-183.
- Baque-Menoscal, J., D. Páez-Rosas & M. Wolff. 2012. Hábitos alimentarios de dos peces pelágicos *Thunnus albacares* y *Acanthocybium solandri* de la Reserva Marina de Galápagos. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(1), 1-11.
- Blaskovic, V., P. Espinoza, C. Fernández, D. Castillo & I. Navarro. 2008. Espectro alimentario de las principales especies demersales de importancia comercial y sus relaciones interespecíficas en el 2007. Dirección de investigaciones en peces demersales y litorales. Unidad de investigación en Biodiversidad. 38 pp.
- Bolaño-Martínez, N. 2009. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en la aguas Ecuatorianas. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 126p.
- Cabrera-Chávez-Costa, A. A. 2003. Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de

- Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 77p.
- Calkins, T. P. & W. L. Klawe. 1963. Synopsis of biological data on black skipjack *Euthynnus lineatus* Kishinouye 1920. FAO Fisheries Reports, 6(2), 130-146
- Calvo-Marcilese, L., G. C. Cusminsky & E. A. Gómez. 2011. Asociación de foraminíferos bentónicos en secciones holocenas del estuario de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina): caracterización paleoambiental. *Ameghiniana*, 48(2), 210-225.
- Chávez-Comparán, J. C. & M. G. Hammann. 1989. Dieta de las mojarra *Gerres cinereus* y *Diapterus peruvianus* (Pisces:Gerreidae) en la Laguna de Cuyutlán, Colima, México. Durante el verano. *Ciencias Marinas*. 15 (3), 71-89.
- Chiappa-Carrara, X., M. Gallardo-Cabello & M. Jacob-Cervantes. 1989. Análisis del régimen alimentario de tres poblaciones de la anchoveta *Engraulis morax* Girard (Pisces: Engraulidae), en el Norte de Baja California. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Contribución No. 665 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México
- Chiappa-Carrara, X. & M. Gallardo-Cabello. 1993. Feeding behavior and dietary composition of the northern anchovy, *Engraulis mordax* Girard (Pisces: Engraulidae), off Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas*. 19(3), .285-305.
- Chong J., K. Sepúlveda & C. M. Ibáñez. 2006. Variación temporal en la dieta del congriado colorado, *Genypterus chilensis* (Guichenot, 1881) frente al litoral de Talcahuano, Chile (36°32'S-36°45'S). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 41(2): 195-202.
- Cure-Escala, A. C. 2013. Relación aspectos reproductivos de *Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899). Tesis Biólogo en Hidrobiología y Pesquería. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 102 pp.

- Cruz-Escalona, V. H. 1998. Análisis trófico de la ictiofauna de la Laguna San Ignacio, B.C.S. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 128p.
- Cruz-Escalona, V. H., L. Campos-Dávila, L. A. Abitia-Cárdenas y M. J. Zetina-Rejón. 2010. Repartición de recursos alimentarios entre la ictiofauna dominante de una laguna templada de Baja California Sur, México. *Oceánides*, 25(1), 1-15.
- Cruz-Escalona, V. H., M. V. Morales-Zárate, A. F. Navia, J. M. Rguez-Baron & P. del Monte-Luna. 2013. Análisis funcional de la red trófica de Bahía Magdalena Baja California Sur, México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(3), 519-544.
- Díaz-Gambia, R. E. 2009. Relaciones tróficas de los cetáceos teutófagos con el calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 103 P.
- Downton-Hoffmann, C. A. 2007. Biología del pez guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856), en Baja California Sur, México. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 194p.
- Esposito, V., P. Battaglia, L. Castriota, M.G. Finoia, G. Scotti & F. Andaloro. 2009. Diet of Atlantic lizardfish, *Synodus saurus* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Synodontidae) in the central Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 73(2), pp.369-376.
- FishBase. 1999. FishBase 99 CD-ROM. ICLARM, Manila.
- Fitzgerald, S. I. 2004. Los metales pesados en cuatro especie de tortugas marinas de Baja California, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 109 p.
- Flores-Ortega, J.R., E. Godínez-Domínguez, J.A. Rojo-Vázquez. A. Corgos, V. H., Galván-Piña & G. González Sansón. 2010. Interacciones tróficas de las seis especies de peces más abundantes en la pesquería artesanal en dos bahías del Pacífico Central Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 383-397.

- Flores-Ortega, J. R., E. Godínez-Domínguez, G. González-Sansón, J. A. Rojo-Vázquez, A. C. López-Prado & M. Y. Morales-Jauregui. 2013. Abundancia, distribución, hábitos alimentarios e interacciones tróficas de cinco especies de lenguados (Pleuronectiformes) en el Pacífico central mexicano. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(3), 423-439.
- Flores-Ortega, J.R., E. Avila-Castro, H.J. Haro-Preciado & E. Godínez-Domínguez. 2014. Hábitos alimentarios e interacciones tróficas de *Anisotremus interruptus* (Pisces: Haemulidae) y *Lutjanus argentiventris* (Pisces: Lutjanidae) en el Pacífico Central Mexicano. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(1), 276-282.
- Flores-Ortega, J. R., E. Godínez-Domínguez, J. A. Rojo-Vázquez, A. Corgos, V. H. Galván-Piña & G. González-Sansón. 2010. Interacciones tróficas de las seis especies más abundantes en la pesquería artesanal en dos bahías del Pacífico Central Mexicano. *Revista de Biología Tropical*. 58(1): 383-397
- Flores-Ortega, J. R., E. Godínez-Domínguez & G. González-Sansón. 2015. Ecología trófica de siete especies de batoideos (Batoidea) en el Pacífico Central Mexicano. *Revista de biología marina y oceanografía*, 50(3), 521-533.
- Hacohen-Domené, A., F. Galván-Magaña & J. Ketchum-Mejía. 2006. Abundance of whale shark (*Rhincodon typus*) preferred prey species in the southern Gulf of California, Mexico. *Cybium*, 30(4), 99-102.
- Heeger, T., U. Piatkowski. & H. Möller. 1992. Predation on jellyfish by the cephalopod *Argonauta argo*. *Marine Ecology-Progress Series*, 88, .293-293.
- Hernández-Aguilar, S. B. 2008. Espectro trófico del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 79p.
- Hernández-Padilla, J. C. 2012. Estructura trófica del ecosistema bentónico del sur de Sinaloa en dos épocas (1994/95 y 2006/07). Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 111p.

- López-Martínez, J., M.O. Nevárez-Martínez, R.E. Molina-Ocampo & F.A. Manrique-Colchado. 1999. Overlap in the type and size of the prey that compose the diet of the Pacific sardine *Sardinops caeruleus* (Girard, 1856), thread herring *Opisthonema libertate* (Gunther, 1867) and Northern Anchovy *Engraulis mordax* (Girard, 1856) in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 25(4), 541-556.
- McNaughton, B.D., 2008. A biological and social examination of opelu (*Decapterus* spp.) fisheries in West Hawaii, Hawaii Island. University of Hawai'i at Hilo. 55p.
- Meyer, C.G., K.N. Holland, B.M. Wetherbee & C.G. Lowe. 2001. Diet, resource partitioning and gear vulnerability of Hawaiian jacks captured in fishing tournaments. *Fisheries Research*, 53(2), 105-113.
- Medina, M., H. Arancibia & S. Neira. 2007. Un modelo trófico preliminar del ecosistema pelágico del norte de Chile (18°20'S-24°00'S). *Investigaciones Marinas*. 35(1), 25-38.
- Morales-Zarate, M.V., F. Arreguín-Sánchez, J. López-Martínez & S.E. Lluch-Cota. 2004. Ecosystem trophic structure and energy flux in the Norther Gulf of California, México. *Ecological Modelling* 174(4), 331-345.
- Morales-Zárate, M.V., S.E. Lluch-Cota, E. Serviere-Zaragoza & S. Guzmán-del Próo. 2011. Modeling an exploited rocky coastal ecosystem: Bahía Tortugas, Mexico. *Ecological Modelling*, 222(2), 1185-1191.
- Moreno-Sánchez, X. G., C. Quiñonez-Velázquez., L. A. Abitia-Cárdenas & J. Rodríguez-Romero. 2011. Diet of the Pacific sierra *Scomberomorus sierra* (Perciformes: Scombridae) in two areas of north-west Mexico coast. *Aqua: Interational of Ichthyology*, 17(4),185-192.
- Navarro-González, J. A., J. Bohórquez-Herrera, A. F. Navia, & V. H. Cruz-Escalona. 2012. Diet composition of batoids on the continental shelf off Nayarit and Sinaloa, México Composición trófica de batoideos en la plataforma continental frente a Nayarit y Sinaloa, México. *Ciencias Marinas*, 38(2), 347-362.
- Orta-Dávila, F. 1988. Hábitos alimenticios y censos globales del lobo marino (*Zalophus californianus*) en el islote el Raciro, Bahía de las Animas, Baja California Sur México

- durante octubre 1986-1987. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 59 p.
- Pérez-España., H. 1994. Hábitos alimentarios del ángel rey *Holacanthus passes* Valenciennes, 1846 y del ángel del cortex *Pomacanthus zonipectus* Gill, 1863 (Osteichthyes: Pomacanthidae) en la costa sur-occidental del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 71p.
- Pérez-Olachea. L. A. 2010. Hábitos alimenticios de *Tegula eiseni* (Jordan, 1936) (Gasteropoda: Trochidae) en tres arrecifes rocosos de Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 44 p.
- Randall, J.E., 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. Institute of Marine Sciences, University of Miami. 665-847p.
- Raymundo-Huizar, A. R., M. Saucedo-Lozano & C. Valadez-González. 2006. Dieta de siete especies de peces de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. (Capítulo de Libro) Los Recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA, 235-249.
- Raymundo-Huizar, A. R. & M. Saucedo Lozano. 2008. Hábitos alimentarios del pez triglido *Prionotus ruscarius* (Gilbert & Starks, 1904) durante 1996, en las costas de Jalisco y Colima, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 43(1), 7-15.
- Rodríguez-Barón, J. M. 2010. Afinidad trófica de alimentación de la Tortuga Verde (*Chelonia mydas*) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 98 p.
- Rodríguez-Rojero. A. 2004. Hábitos alimentarios de las jaibas *Callinectes bellicosus* Stimpson y *C. arcuatus* Ordway (Brachyura: Portunidae) en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 111p.

- Romero-Ibarra, N. 1908. Alimentación de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Gunther) en el área de Bahía Magdalena B.C.S. México, Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 54p
- Romero-Ibarra, N. & A. Esquivel Herrera. 1989. Análisis del contenido gástrico de adultos de *Opisthonema libertate*, y su comparación con el plancton circundante. Investigaciones Marinas. CICIMAR, 4(2)
- Rosas-Luis, R. 2007. Descripción de la alimentación del calamar gigante *Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835 en la costa occidental de la península de Baja California. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 100 p.
- Ruiz, L., 2010. Morfología del tracto digestivo y hábitos alimentarios de *Thalassophryne maculosa* (Pisces: Batrachoididae) en la Bahía de Mochima, Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 44(1).
- Ryland, J. S., 2005. Bryozoa: an introductory overview. Denisa16, zugleich Kataloge. 28, 9-20.
- Salazar-Godoy, A. B. 1989. Hábitos alimenticios, distribución y tamaño poblacional del lobo marino *Zalophus californianus* es isla de cedros, B.C.S. México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 74 p.
- Sampson-Tenorio, L. 2007. Dieta, posición trófica y variación en la señal isotópica de *Mobula thurstoni* y *Mobula japanica* en el suroeste del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 60p.
- Santamaría-Miranda, A. 1998. Hábitos alimenticios y ciclo reproductivo del Huachinango, *Lutjanus peru*, (Nichols y Murphy, 1922) Pisces: Lutjanidae en Guerrero, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 64p.
- Saucedo-Lozano, M., G. González-Sansón & X. Chiappa-Carrara.1999. Alimentación natural de juveniles de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Lutjanidae:

- Perciformes) en la costa de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 25(3):381-400.
- Salcido-Guevara, L.A. 2006. Estructura y flujos de biomasa en un ecosistema bentónico explotado en el sur de Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 84p.
- Saucedo-Lozano, M., A. R. Raymundo-Huizar & C. Valadez-González. 2006. Comparación de los hábitos alimentarios de juveniles de *Lutjanus peru* y *Lutjanus guttatus* en la Costa de Jalisco y Colima, México (1995-1996). (Capítulo de Libro) Los Recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA, 209-218.
- Simental-Anguiano, M. D. R. 2013. Ecología trófica de *Raja velezi* (Chirichigno, 1973), en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 68p.
- Valadez-González, C., M. Saucedo-Lozano & A. R. Raymundo-Huizar. 2006. Aspecto trófico de las rayas bentónicas de Jalisco y Colima. (Capítulo de Libro) Los Recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA, 219-234.
- Velasco-Tarelo, P.M. 2003. Hábitos alimenticios del dorado, *Cooryphaena hippurus*, Linnaeus 1758. (Osteichthy: Coryphaenidae), Capturado en punta lobos y los barriles, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 75 p.
- Yáñez-Arancibia, A., 1978. Patrones ecológicos y variación cíclica de la estructura trófica de las comunidades nectónicas en lagunas costeras del Pacífico de México. *Revista de Biología Tropical*, 26(Supl 1), 191-218.
- Zavala-Leal, O.I. 2011. Desarrollo morfológico de las estructuras involucradas en la primera alimentación exógena y evaluación de la eficiencia alimenticia de las larvas del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1922). Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 90p.

Zetina-Rejón, M.J., Arreguín-Sánchez & E.A. Chávez. 2003. Trophic structure and flows of energy in the Huizache-Caimanero lagoon complex on the Pacific coast of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57(5): 803-815.

Zúñiga-Flores, M.S. 2009. Dinámica poblacional del dorado (*Coryphaena hipurus*) en Baja California Sur, México: implicaciones para su manejo. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. 203p.

ANEXO 4.- Referencia de la información en la matriz de dietas para el modelo del ecosistema de BLP.

Grupo trófico y especie	Clave del nodo	Referencia
Detritos	D	
Fitoplancton	Fi	Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> 2004, 2007; Díaz-Uribe, 2006.
Chlorophyceae	M1	
Phaeophyceae	M2	
Rhodophyceae	M3	
Cynophyceae	M4	
Zooplancton	Zoo	Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> 2004, 2007; Díaz-Uribe, 2007.
Radiolarios	IN1	
Foraminifero	IN2	
Porifera	IN3	Salcido-Guevara, 2006
Filo: Bryozoa	IN4	Ryland, 2005
Clase: Hydrozoa	IN5	Díaz-Uribe, 2007
Clase: Anthozoa	IN6	
Filo: Nemertea	IN7	
Filo: Annelida	IN8	
Clase: Polychaeta	IN9	Zetina-Rejón <i>et al.</i> , 2003; Arreguín <i>et al.</i> 2004; Morales-Zarate <i>et al.</i> , 2004; Salcido-Guevara, 2006
Filo: Sipuncula	IN10	
Filo: Mollusca	IN11	
Clase: Polyplacophora	IN12	Siqueiros-Beltrones & Argumedo-Hernandez, 2012
Clase Monoplacophora	IN13	Siqueiros-Beltrones & Argumedo-Hernandez, 2012
Clase Bivalvia	IN14	Zetina-Rejón <i>et al.</i> , 2003; Salcido, 2006
Familia: Veneridae		Díaz-Uribe, 2007
<i>Megapitaria aurantiaca</i> (Sow, 1835)	IN15	
Familia: Veneridae		Garda-Domínguez, 1991
<i>Chione californiensis</i> (Broderip, 1835)	IN16	
Clase: Gasteropoda	IN17	Salcido-Guevara, 2006; Pérez-Olachea, 2010; Hernández-Almaraz, 2015
Suborden: Nudibranchia	IN18	
Clase: Cephalopoda	IN19	Salcido-Guevara, 2006
Familia: Argonautidae		Heeger <i>et al.</i> , 1992
Argonauta spp	IN20	
Familia: Octopidae	IN21	Armendáriz-Villegas, 2008
Familia: Lologinidae	IN22	Rosas-Luis, 2007

Grupo trófico y especie	Clave del nodo	Referencia
Familia: Ommastrephidae		
<i>Dosidicus gigas</i> (Dorbigny, 1835)	IN23	Rosas-Luis, 2007; Díaz-Gambia, 2009
Subfilo: Crustacea	IN24	
Infraclase: Cirripedia	IN25	
Subclase: Copepoda	IN26	
Clase: Ostracoda	IN27	
Clase: Malacostraca	IN28	
Orden: Leptostraca	IN29	
Orden: Stomatopoda	IN30	Morales-Zarate <i>et al.</i> , 2004; Salcido-Guevara, 2006
Orden: Mysidacea	IN31	
Orden: Amphipoda	IN32	
Orden: Isopoda	IN33	
Orden: Tanaidacea	IN34	
Orden: Cumacea	IN35	
Orden: Eufausiacea	IN36	
Orden: Decapoda	IN38	
Super familia: Penaeoidea	IN39	Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> , 2004; Salcido-Guevara, 2006
Infraorden: Caridea	IN40	
Infraorden: Palinura	IN41	Salcido-Guevara, 2006
Infraorden: Anomura	IN42	
Infraorden: Brachyura	IN43	Salcido-Guevara, 2006
Superfamilia: Portunidae	IN44	Rodríguez, 2004; Salcido-Guevara, 2006
Filo: Equinodermata	IN45	Salcido-Guevara, 2006
Clase: Equinoideos		Hernández (2015)
<i>Tripneustes depressus</i>	IN46	
Clase: Equinoideos		Hernández (2015)
<i>Eucidaris thouarsii</i>	IN47	
Clase: Asteroidea	IN48	
Clase: Ophiuroidea	IN49	
Clase: Holoturoidea	IN50	Morales-Zarate <i>et al.</i> , 2011
Clase: Ascidiacea	IN51	
Restos de peces	P1	
Familia: Muraenidae	P2	Moreno-Sánchez, 2009
Familia: Muraenidae		Salcido-Guevara, 2006; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Muraena lentiginosa</i> (Jenyns, 1842)	P3	
Familia: Labridomidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Malacoctenus hubbsi</i> (Springer, 1959)	P4	
<i>Malacoctenus gigas</i> (Springer, 1959)	P5	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Labrisomus xanti</i> (Gill, 1860)	P6	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Paraclinus beebei</i> (Hubs, 1952)	P7	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Xenomedeia rhodopyga</i> (Rosenbatt & Taylor, 1971)	P8	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
Familia: Mycophidae		
<i>Benthoosema panamense</i> (Taning, 1932)	P9	

Grupo trófico y especie	Clave del nodo	Referencia
Familia: Ophichthidae	P10	Randall, 1967
Familia: Ariidae	P11	Zetina-Rejón <i>et al.</i> , 2003; Salcido, 2006
Familia: Congridae	P12	Randall, 1967
Familia: Nettastomatidae	P13	
Familia: Priacanthidae		
<i>Pristigenys serrula</i> (Gilbert, 1891)	P15	
Familia: Engraulidae		Chiappa-Carrara <i>et al.</i> , 1989; Chiappa-Carrara & Gallardo-Cabello, 1993
<i>Engraulis mordax</i> (Girard, 1854)	P16	
Familia: Clupeidae		Romero-Ibarra, 1908; Romero-Ibarra & Esquivel-Herrera, 1989
<i>Opisthonema libertate</i> (Günther, 1867)	P17	
<i>Etrumeus teres</i> (De Kay, 1842)	P18	
<i>Sardinops sagax</i> (Jenyns, 1842)	P19	López-Martínez <i>et al.</i> , 1999
<i>Sardinops caeruleus</i> (Girard, 1854)	P20	López-Martínez <i>et al.</i> , 1999
<i>Harengula thrissina</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	P21	López-Martínez <i>et al.</i> , 1999
<i>Lile stolifera</i> (Jordan & Gilbert, 1884)	P22	
<i>Synodus scituliceps</i>		Esposito <i>et al.</i> 2009
Familia: Ophidiidae	P23	Chong <i>et al.</i> 2006
Familia: Phosichthyidae		Cure-Escalante, 2013
<i>Vinciguerria lucetia</i> (Garman, 1899)	P24	
Familia: Batrachoididae		Ruiz-Luis, 2010
<i>Porichthys analis</i> (Hubbs & Schultz, 1939)	P25	
<i>Porichthys margaritatus</i> (Richardson, 1884)	P26	Ruiz-Luis, 2010
Familia: Mugilidae	P27	Yañez-Arancibia 1978; Salcido-Guevara, 2006
Familia: Mugilidae		Salcido-Guevara, 2006
<i>Mugil curema</i> (Valenciennes, 1836)	P28	
Familia: Sphyraenidae	P29	Randall, 1967
Familia: Hemiramphidae		
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (Ranzani, 1841)	P30	
Familia: Exocoetidae		
<i>Exocoetus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	P31	
Familia: Belonidae	P32	
Familia: Belonidae		
<i>Tylosurus pacificus</i> (Steindachner, 1876)	P33	
Familia: Holocentridae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Adioryx subobitalis</i> (P34	
<i>Myripristis leiognathus</i> (Valenciennes, 1846)	P35	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Sargocentron suborbitalis</i> (Gill, 1863)	P36	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
Familia: Fisularidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Fistularia commersonii</i> (Rüpell, 1838)	P37	
Familia: Scorpaenidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Scorpaena guttata</i> (Girard, 1854)	P38	
<i>Scorpaena russula</i> (Jordan & Bollman, 1890)	P39	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Salcido-Guevara, 2006
<i>Scorpaena mystes</i> (Jordan & Starks, 1895)	P40	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985

Grupo trófico y especie	Clave del nodo	Referencia
<i>Scorpaenodes xyris</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	P41	
Familia Triglididae		Raymundo-Huizar & Saucedo-Lozano, 2008
<i>Prionotus ruscarius</i> (Gilbert & Starks, 1904)	P42	
<i>Prionotus stephanophrys</i> (Lockington, 1881)	P43	Salcido-Guevara, 2006; Blaskovi <i>et al.</i> , 2008
Familia Serranidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Epinephelus afer</i> (Bloch, 1793)	P44	
<i>Epinephelus labriformis</i> (Jenyns, 1840)	P45	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Epinephelus panamensis</i> (Steindachner, 1877)	P46	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Mycteroperca rosácea</i> (Streets, 1877)	P47	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Mycteroperca xenarcha</i> (Jordan, 1888)	P48	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Paranthias colonus</i> (Valenciennes, 1846)	P49	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Serranus fasciatus</i> (Forsskal, 1775)	P50	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Serranus psittacinus</i> (Gilbert, 1890)	P51	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Iphestes multiguttatus</i> (Günther, 1867)	P52	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Cephalopholis panamensis</i> (Steindachner, 1877)	P53	Moreno-Sánchez, 2009
Familia: Apogonidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Apogon retrocella</i> (Gill, 1862)	P54	
Familia: Nematistidae		
<i>Nematistius pectoralis</i> (Gill, 1862)	P55	Salcido-Guevara, 2006
Familia: Carangidae		McNaughton, 2008
<i>Decapterus macarellus</i> (Cuvier, 1833)	P56	
<i>Caranx caballus</i> (Günther, 1868)	P57	Tecuapetla-Rios, 2005; Flore-Ortega <i>et al.</i> , 2009
<i>Caranx caninus</i> (Günther, 1867)	P58	
<i>Caranx melampygus</i> (Cuvier, 1833)	P59	Meyer <i>et al.</i> , 2001
<i>Caranx sexfasciatus</i> (Quoy & Gaimard, 1825)	P60	Meyer <i>et al.</i> , 2001
<i>Gnathanodon speciosus</i> (Forsskal, 1775)	P61	
<i>Trachinotus rodophus</i> (Gill, 1863)	P62	
<i>Seriola lalandi</i> (Valenciennes, 1833)	P63	
Familia: Coryphaenidae		Velasco-Tarelo, 2003; Tripp-Valdez, 2005; Zuñiga-Flores, 2009
<i>Coryphaena hippurus</i> (Linnaeus, 1758)	P64	
Familia: Lutjanidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Hoplopagrus guentherii</i> (Gill, 1862)	P65	
<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869)	P66	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Zetina-Rejón <i>et al.</i> , 2003; Vázquez, 2005; Flores-Ortega <i>et al.</i> , 2014
<i>Lutjanus colorado</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	P67	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Lutjanus novemfasciatus</i> (Gill, 1862)	P68	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Zetina-Rejón <i>et al.</i> , 2003
<i>Lutjanus peru</i> (Nichols & Murphy, 1922)	P69	Santamaría-Miranda, 1998; Saucedo-Lozano <i>et al.</i> , 1999; Díaz <i>et al.</i> , 2007; Zavala-Leal, 2011; Trujillo, 2014
<i>Lutjanus viridis</i> (Valenciennes, 1846)	P70	Moreno-Sánchez, 2009

Grupo trófico y especie	Clave del nodo	Referencia
Familia: Gerreidae <i>Eucinostomus spp</i>	P71	Chávez-Comparán & Hammann, 1989; Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> , 2004; Salcido-Guevara, 2006
Familia: Haemulidae <i>Anisotremus interruptus</i> (Gill, 1862)	P72	Bermúdez & García, 1985; Zetina-Rejón <i>et al.</i> , 2003; Salcido-Guevara, 2006
<i>Anisotremus taeniatus</i> (Gill, 1862)	P73	
<i>Haemulon sexfasciatum</i> (Gill, 1862)	P74	
<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	P75	
<i>Hemulon flaviguttatum</i> (Gill, 1862)	P76	Moreno-Sánchez, 2009; Ortega <i>et al.</i> , 2010
<i>Haemulon maculicauda</i> (Gill, 1862)	P77	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Microlepidotus inornatus</i> (Gill, 1862)	P78	Moreno-Sánchez, 2009
Familia: Sparidae <i>Calamus brachysomus</i> (Lockington, 1880)	P79	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
Familia: Scianidae <i>Pereques viola</i> (Gilbert, 1898)	P80	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
Familia: Mullidae <i>Pseudopeneus grandisquamis</i> (Gill, 1863)	P81	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Tecuapetla-Rios, 2005; Flores-Ortega, 2009
<i>Pseudopeneus grandisquamis</i> (Gill, 1863)	P82	
Familia: Chaetodontidae <i>Forcipiger flavissimus</i> (Jordan & McGregor, 1898)	P83	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Johnrandallia nigrirostris</i> (Gill, 1862)	P84	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Chaetodon humeralis</i> (Günther, 1860)	P85	Moreno-Sánchez, 2009
Familia: Kyphosidae <i>Kyphosus elegans</i> (Peters, 1869)	P86	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Tecuapetla, 2005
<i>Kyphosus analogus</i> (Gill, 1862)	P87	
<i>Girella simplicidens</i> (Osburn & Nichols, 1916)	P88	
Familia: Pomacanthidae <i>Holacanthus passer</i> (Valenciennes, 1846)	P89	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Pérez-España, 1994; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Pomacanthus zonipectus</i> (Gill, 1862)	P90	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Pérez-España, 1994
<i>Holacanthus clarionensis</i> (Gilbert, 1891)	P91	Moreno-Sánchez, 2009
Familia: Cirrhitidae <i>Cirrhitichthys oxycephalus</i> (Bleeker, 1855)	P92	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Cirrhitus rivulatus</i> (Valenciennes, 1846)	P93	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
Familia: Pomacentridae <i>Stegastes rectifraenum</i> (Gill, 1862)	P94	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Abudefduf troschelii</i> (Gill, 1862)	P95	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009

Grupo trófico y especie	Clave del nodo	Referencia
<i>Microspathodon dorsalis</i> (Gill, 1862)	P96	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Microspathodon bairdii</i> (Gill, 1862)	P97	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Chromis atrilobata</i> (Gill, 1862)	P98	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Chromis limbaughi</i> (Greenfield & Woods, 1980)	P99	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Stegastes acapulcoensis</i> (Fowler, 1944)	P100	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Stegastes rectifraenum</i> (Gill, 1862)	P101	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Stegastes favilatus</i> (Gill, 1862)	P102	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Stegastes leucorus</i> (Gilbert, 1892)	P103	Moreno-Sánchez, 2009
Familia: Malacanthidae		Elorduy & Caraveo, 1994
<i>Caulolatilus affinis</i> (Gill, 1865)	P104	
Familia: Labridae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Bodianus diplotaenia</i> (Gill, 1862)	P105	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Halichoeres dispilus</i> (Günther, 1864)	P106	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Halichoeres nicholsi</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	P107	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Halichoeres semicinctus</i> (Ayres, 1859)	P108	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Halichoeres chierchiae</i> (di Caporiacco, 1947)	P109	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Thalassoma lucasanum</i> (Gill, 1862)	P110	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Thalassoma grammaticum</i> (Gilbert, 1890)	P111	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Novaculichthys taeniorus</i> (Lacepède, 1801)	P112	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Xyrichtys pavo</i> (Valenciennes, 1840)	P113	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Scarus ghobban</i> (Forskål, 1775)	P114	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Scarus perrico</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	P115	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Scarus rubroviolaceus</i> (Bleeker, 1847)	P116	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Scarus compressus</i> (Osburn, & Nichols, 1916)	P117	Moreno-Sánchez, 2009
Familia: Tripterygiidae		Moreno-Sánchez, 2009
<i>Crocodilichthys gracilis</i> (Allen & Robertson, 1991)	P118	
Familia: Blenniidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Hypsoblennius brevipinnis</i> (Günther, 1861)	P119	
<i>Hypsoblennius gentilis</i> (Girard, 1854)	P120	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Hypsoblennius jenkinsi</i> (Jordan & Evermann, 1896)	P121	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Ophioblennius steindachneri</i> (Jordan & Evermann, 1898)	P122	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
Familia Labridomidae		Moreno-Sánchez, 2009
<i>Malacoctenus hubbsi</i> (Springer, 1959)	P123	
<i>Malacoctenus gigas</i> (Springer, 1959)	P124	Moreno-Sánchez, 2009

Grupo trófico y especie	Clave del nodo	Referencia
<i>Labrisomus xanti</i> (Gill, 1860)	P125	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Paraclinus beebei</i> (Hubs, 1952)	P126	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Xenomedea rhodopyga</i> (Rosenbatt & Taylor, 1971)	P127	Moreno-Sánchez, 2009
Familia Chaenopsidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Acanthemblemaria crockery</i> (Beebe & Tee-Van, 1938)	P128	
<i>Acanthemblemaria macrospilus</i> (Brock, 1940)	P129	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Coralliozetus angelicus</i> (Böhlke & Mead, 1957)	P130	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Coralliozetus boehlkei</i> (Stephens, 1963)	P131	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985)
<i>Coralliozetus micropes</i> (Beebe & Tee-Van, 1938)	P132	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
Familia Gobiesocidae	P133	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Tomicodon boehlkei</i> (Briggs, 1955)		
<i>Tomicodon humeralis</i> (Gilbert, 1890)	P134	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Tomicodon zebra</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	P135	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
Familia Gobiidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Bathygobius ramosus</i> (Ginsburg, 1947)	P136	
<i>Chriolepis zebra</i> (Ginsburg, 1938)	P137	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Elacatinus digueti</i> (Pellegrin, 1901)	P138	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Elacatinus puncticulatus</i> (Ginsburg, 1938)	P139	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985)
<i>Gobiosoma chiquita</i> (Jenkins & Evermann, 1889)	P140	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Lytripnus dalli</i> (Gilbert, 1890)	P141	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
Familia Ehippididae	P142	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Chaetodipterus zonatus</i> (Girard, 1858)		
Familia Zanclidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985
<i>Zanclus cornutus</i> (Linnaeus, 1758)	P143	
Familia Acanthuridae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985;
<i>Acanthurus xanthopterus</i> (Valenciennes, 1835)	P144	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Acanthurus nigricans</i> (Linnaeus, 1758)	P145	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Acanthurus triostegus</i> (Linnaeus, 1758)	P146	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Prionurus laticlavus</i> (Valenciennes, 1846)	P147	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Prionurus punctatus</i> (Gill, 1862)	P148	Moreno-Sánchez, 2009
Familia Scombridae		Calkins & Klawe, 1963
<i>Euthynnus lineatus</i> (Kishinouye, 1920)	P149	
<i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788)	P150	Alatorre-Ramírez, 2007; Baque-Menoscal <i>et al.</i> , 2012
<i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788) juvenil	P151	Alatorre-Ramírez, 2007; Baque-Menoscal <i>et al.</i> , 2012
<i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus, 1758)	P152	Alatorre-Ramírez, 2007
<i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus, 1758) Juvenil	P153	Alatorre-Ramírez, 2007
<i>Auxis spp</i>	P154	
<i>Scomberomorus sierra</i> (Jordan & Starks, 1895)	P155	Salcido-Guevara, 2006; Moreno-Sánchez <i>et al.</i> , 2011

Grupo trófico y especie	Clave del nodo	Referencia
<i>Scomber japonicas</i> (Houttuyn, 1782)	P156	
Familia Istiophoridae		Arizmendi-Rodríguez, 2004; Amezcua-Goméz, 2007
<i>Istiophorus platypterus</i> (Shaw, 1792)	P157	
Familia Paralichthyidae		Pérez-Ramírez, 2013
<i>Paralichthys woolmani</i> (Jordan & Williams, 1897)	P158	
Familia Bothidae		
<i>Bothus leopardinus</i> (Günther, 1862)	P159	
Familia: Cynoglossidae	P160	
Familia Balistidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Salcido-Guevara, 2006; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Balistes polylepis</i> (Steindacher, 1876)	P161	
<i>Suflamen verres</i> (Gilbert & Starks, 1904)	P162	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Pseudobalistes naufragium</i> (Jordan & Starks, 1895)	P163	Moreno-Sánchez, 2009
Familia Tetraodontidae		Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Arothron meleagris</i> (Lacèpede, 1798)	P164	
<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842)	P165	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Salcido-Guevara, 2006; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Sphoeroides lobatus</i>	P166	Moreno-Sánchez, 2009
<i>Canthigaster punctatissima</i> (Günther, 1870)	P167	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
Familia Diodontidae		Moreno-Sánchez, 2009
<i>Diodon holocanthus</i> (Linnaeus, 1758)	P168	
<i>Chilomycterus reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	P169	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
<i>Diodon hystrix</i> (Linnaeus, 1758)	P170	Bermúdez-Almada & García-Luna, 1985; Moreno-Sánchez, 2009
Familia: Elopidae		Zetina-Rejón, 2003
Elops affinis	P171	
Familia: Narcinidae	R1	Flores-Ortega <i>et al.</i> , 2010, 2015
<i>Narcine entemedor</i> (Jordan & Starks, 1895)		
Familia: Urotrygonidae	R2	Flores-Ortega <i>et al.</i> , 2010, 2015
<i>Urobatis halleri</i> (Cooper, 1863)		
<i>Urotrygon rogersi</i> (Jordan & Starks, 1895)	R3	Navarro-González <i>et al.</i> , 2012; Flores-Ortega <i>et al.</i> , 2010, 2015
Familia: Dasyatidae		
<i>Hypanus dipterurus</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	R4	Flores-Ortega <i>et al.</i> , 2010, 2015
Familia: Myliobatidae	R5	Navarro-González <i>et al.</i> , 2012
<i>Rhinoptera steindachneri</i> (Evermann & Jenkins, 1891)		
Familia: Rhinobatidae	R6	Navarro-González <i>et al.</i> , 2012
<i>Pseudobatos glaucostigma</i> (Jordan & Gilbert, 1883)		
<i>Pseudobatos productus</i> (Ayres, 1854)	R7	Downton-Hoffman, 2007

Grupo trófico y especie	Clave del nodo	Referencia
Familia: Myliobatidae	R8	Sampson-Tenorio, 2007
<i>Mobula thursoni</i> (Lloyd, 1908)		
<i>Mobula japonica</i> (Müller & Henle, 1841)	R9	Sampson-Tenorio, 2007
Familia: Rhincodontidae	T1	Ketchm-Mejía, 2003; Hacohe-Domené <i>et al.</i> , 2006
<i>Rhincodon typus</i> (Smith, 1828)		
Familia: Carcharhinidae	T2	Cabrera-Chávez, 2003; Andrade-González, 2005
<i>Carcharhinus falciformis</i> (Müller & Henle, 1839)		
<i>Carcharhinus limbatus</i> (Müller & Henle, 1839)	T3	
Familia Sphyrnidae	T4	Aguilar-Castro ,2003
<i>Sphyrna lewini</i> (Griffith & Smith, 1834)		
<i>Sphyrna zygaena</i> (Linnaeus, 1758))	T5	Bolaño-Martínez, 2009
Familia: Triakidae	T6	
<i>Mustelus californicus</i> (Gill, 1864)		
Familia: Squatinidae	T7	Escobar-Sánchez, 2004
<i>Squatina californica</i> (Linnaeus, 1758)		
Delfines	DEL	Díaz <i>et al.</i> , 2007
<i>Tursiops truncatus</i>		
<i>Globicephala macrorhynchus</i>		
Ballenas	B	Olavarrieta-García, 2012; Jiménez-Pinedo, 2010), Del Angel (1997)
<i>Balaenoptera edeni</i>		
<i>Balaenoptera physalus</i>		
<i>Balaenoptera musculus</i>		
Lobo marino	LM	Orta-Dávila, 1988; Salazar-Godoy, 1989, Salazar (2006)
<i>Zalophus californianus</i>		
Aves marinas	AV	Jiménez-Castro, 1998
<i>Pelecanus occidentalis californicus</i>		
Tortugas marinas	TM	Fitzgerald, 2004; Rodríguez-Barón,2010
<i>Chelonia mydas</i>		