

Patrones de distribución de la riqueza de macroalgas del litoral de Jalisco y su relación con variables ambientales

Diversity of macroalgae of the Jalisco coast and its relationship with some environmental variables

Recepción del artículo: 28/03/2023 • Aceptación para publicación: 10/05/2023 • Publicación: 30/06/2023

<https://doi.org/10.32870/ecucba.vi20.291>

Ildefonso Enciso-Padilla

Eduardo Ríos-Jara

Ma. del Carmen Esqueda-González

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Departamento de Ecología Aplicada. Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura.

Zapopan, Jalisco, México.

Rosalba Mireya Hernández-Herrera*

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Departamento de Botánica y Zoología.

Zapopan, Jalisco, México.

Ernesto López-Uriarte

Eduardo Juárez-Carrillo

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Departamento de Ecología Aplicada. Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura.

Zapopan, Jalisco, México.

*Autor para correspondencia: rosalba.hernandez@academicos.udg.mx

Resumen

El litoral de Jalisco presenta una gran heterogeneidad de ambientes que proporcionan las condiciones necesarias para el establecimiento y desarrollo de las macroalgas; estos ambientes son descritos en el presente estudio, relacionándolos con la diversidad de macroalgas registradas y colectadas en 19 localidades de la costa de Jalisco de 2000 a 2018. Los resultados muestran que las características y condiciones muy particulares y heterogéneas en cada una de las localidades fueron determinantes para que la riqueza y distribución de especies fuera diferente a lo largo de la costa de Jalisco. La localidad con la mayor riqueza de especies fue Chamela, con 105 especies registradas siendo el sustrato rocoso en donde se encontró la mayoría de las especies, independientemente de la época del año (lluvias y secas). A través de un análisis de clasificación, basado en presencia/ausencia de especies, y un escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS se reconocieron tres zonas geográficas en el litoral de Jalisco: norte, centro y sur siendo ésta la que registró el mayor número de especies (193).

Palabras clave: Flora, ambientes, sustrato, estacionalidad, ensamblaje de especies.

Abstract

The Jalisco coast presents a great heterogeneity of environments that provide the necessary conditions for the establishment and development of macroalgae; These environments are described in the present study, relating them to the diversity of macroalgae recorded and collected in 19 locations on the Jalisco coast from 2000 to 2018. The results show that the very particular and heterogeneous characteristics and conditions in each of the locations were determinants for the richness and distribution of species to be different along the coast of Jalisco. The locality with the highest species richness was Chamela, with 105 registered species, being the rocky substrate where most of the species were found, regardless of the time of year (rainy and dry season). Through a classification analysis, based on the presence/absence of species, and a non-metric multidimensional scaling (NMDS), three geographical zones were recognized on the Jalisco coast: north, center and south, this being the one that registered the highest number of species. (193).

Keywords: Flora, environments, substrate, seasonality, assemblage of species.

Introducción

Las costas rocosas son ambientes heterogéneos que mantienen ensamblajes de organismos sésiles y móviles. Uno de sus principales componentes son las macroalgas, consideradas como los productores primarios más importantes de las aguas poco profundas (Neushul y Coon 1971). Además, son importantes porque regulan la estructura de la comunidad mediante procesos de competencia por espacio, alterando la cantidad y calidad de la luz que alcanza el sustrato, proporcionando alimento, refugio y protección contra la desecación (Jenkins *et al.*, 1999), forman matrices tridimensionales para la supervivencia de macroinvertebrados y peces en ambientes de elevado estrés (Liuzzi, 2010). Una característica de los ensamblajes de macroalgas de estos sistemas rocosos es que la composición de especies y su distribución vertical cambia en diferentes localidades de una misma región (López-González, 2001). Además, presentan importantes variaciones temporales conforme cambian las condiciones ambientales a lo largo del año (López-Rodríguez y Pérez-Cirera, 1998). Esta variación en las condiciones estacionales afecta asimismo el reclutamiento, crecimiento y mortalidad de las macroalgas, esto explica la variabilidad espacial y temporal en los patrones de abundancia y distribución (Underwood, 1981).

Los litorales rocosos del norte, centro y sur de Jalisco son ambientes con una gran heterogeneidad ambiental donde la posición y orientación de las rocas respecto a las corrientes marinas y el oleaje influyen directamente sobre las condiciones en las que se desarrollan las macroalgas, prevaleciendo distintos grados de desecación, exposición a la luz solar y oleaje, temperatura y salinidad. Se ha observado que los cambios bruscos e intensos de estas condiciones determinan en mayor o menor medida la composición de los ensamblajes de macroalgas, constituidos principalmente por especies tolerantes a estos cambios (González-Medina *et al.*, 2006).

Los factores ambientales también juegan un papel importante en los cambios espaciales y temporales de las macroalgas, al igual que los tipos de sustratos y los factores fisicoquímicos del medio, los cuales, tienden a definir las estructuras comunitarias intermareales y/o submareales para la ficoflora béntica (Durango-Alvarino y Santos Cordero, 2021). Es por esta razón

que la zona intermareal constituye uno de los principales hábitats de las algas marinas, permitiendo la colonización y distribución espacial de macroalgas, haciendo de este un ambiente heterogéneo y marcado, con un gradiente de zonación definido (Guilarte *et al.*, 2013)

El estudio de las macroalgas en la costa de Jalisco es un tema escasamente desarrollado considerando la gran diversidad de ambientes y condiciones favorables que existen en la región, donde además se incluyen zonas consideradas de alta prioridad para su conservación como la de Mismaloya-Bahía de Chamela (CONABIO Ecoregión Nivel-I CCA: Pacífico Transicional Mexicano); la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuitxmala y el Santuario Islas e Islotes de Bahía Chamela integrados al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2008). Aun cuando existen trabajos cuyos resultados muestran la gran riqueza de la ficoflora de Jalisco (Serviere-Zaragoza *et al.*, 1993; Hernández-Herrera, 2000, Mateo-Cid, 2012; Ríos-Jara *et al.*, 2014), éstos se limitan sólo a cortos periodos de tiempo, o zonas específicas del litoral, abordando parcialmente información sobre las variables ambientales con análisis insuficientes sobre su relación con la presencia y distribución de las especies.

En el presente trabajo se describe la estructura del ensamblaje de macroalgas (riqueza y distribución de especies) y su relación con las principales variables ambientales como son: sustrato, exposición al oleaje y distribución en un gradiente vertical, las cuales podrían influir en la distribución espacio-temporal de las macroalgas a lo largo de la costa de Jalisco, México. Se incluyen 19 localidades de las regiones norte, centro y sur e información de más de 300 especies de macroalgas recolectadas en las épocas de secas y lluvias durante los últimos 19 años en lo que representa el inventario más completo y actualizado de la costa de Jalisco que permite una evaluación integral de su relación con el ambiente.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estado de Jalisco se encuentra en la parte centro-occidental del Pacífico tropical mexicano, entre las coordenadas 19° y 21° latitud norte y 104° y 106° longitud oeste; y tiene una extensión aproximada de 396 km de acuerdo al IIEG (2020). La plataforma

continental en esta región es notablemente angosta debido a su cercanía con la trinchera mesoamericana (De la Lanza, 1991). Esta zona presenta características oceanográficas particulares a causa del patrón de circulación, originado por la influencia de dos grandes sistemas de corrientes, como son la Corriente de California, que viene desde el norte y aporta aguas templadas; y la contracorriente Ecuatorial, que fluye desde el sur del continente y aporta aguas cálidas; estas dos grandes corrientes convergen frente a las costas de Nayarit y Jalisco, para alejarse posteriormente de la masa continental en dirección. La fisiografía de la costa de Jalisco se caracteriza por presentar grandes acantilados y playas rocosas en la parte norte y sur, mientras que la parte central presenta una gran franja arenosa interrumpida por unas cuantas zonas rocosas. Esta combinación de factores produce una gran heterogeneidad de ambientes que influyen en la estructura y composición de la comunidad de algas.

Información Ecológica

La información ecológica de las especies de macroalgas fue integrada a través de dos fuentes: a) Inventario de especies de macroalgas tomada de Enciso *et al.*, (2019). b) Trabajo de campo. Se visitaron 19 localidades distribuidas a lo largo de la costa de Jalisco (Figura 1)

desde 2000 hasta 2018 (19 años) realizando colecta de especímenes durante las épocas de secas (marzo-junio) y de lluvias (septiembre-noviembre). En cada localidad, las algas fueron recolectadas de manera directa registrando los siguientes parámetros: exposición al oleaje, considerando diferentes grados de exposición (expuesto, semi-expuesto y protegido); distribución vertical (intermareal y/o submareal <10 m de profundidad); y tipo de sustrato (rocoso, arenoso, epífito, epizoico y coralino). Algunas especies se establecieron en más de un tipo de sustrato por lo que se consideraron estos casos particulares como Rocoso-Coralino, Rocoso-Arenoso, Rocoso-Epífito, Epífito-Epizoico.

Las algas recolectadas se depositaron en bolsas de plástico con agua de mar debidamente etiquetadas y se transportaron al Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura (LEMA) del Departamento de Ecología de la Universidad de Guadalajara (UdeG). Una parte de las muestras fue herborizada y la otra se conservó en una solución de formaldehído y agua de mar al 4%. El análisis histológico para la determinación taxonómica se realizó con estas últimas muestras, junto con exámenes de la morfología externa e interna y las características reproductivas con la ayuda de un microscopio óptico y un estereoscopio. Se utilizaron claves taxonómicas junto con bibliografía

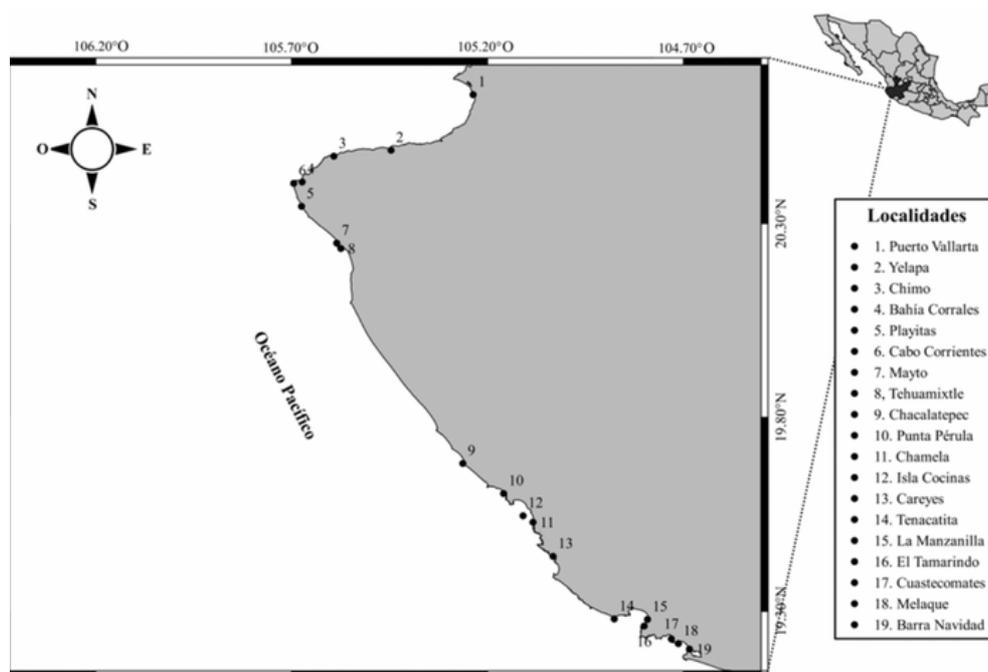


Figura 1. Localidades de recolecta de macroalgas en el litoral de Jalisco.

especializada como Dawson (1944, 1947, 1953a, 1960, 1961a, 1961b, 1962), Taylor (1960), Abbott y Hollenberg (1976) y Norris y Johansen (1981) y la consulta de la base de datos de la página web AlgaeBase (2018). Los especímenes herborizados se depositaron en la colección de Macroalgas del LEMA del Departamento de Ecología (UdeG).

Análisis de datos

Para describir la correlación entre la composición de especies y variables ambientales (sustrato, exposición al oleaje, distribución vertical - intermareal-submareal- y época del año), se construyó una matriz biológica con datos cualitativos de presencia y ausencia de las especies, integrando la información obtenida en las 19 localidades distribuidas a lo largo de la costa de Jalisco.

Los patrones de similitud de las especies entre las localidades, se exploraron con un análisis de clasificación (dendrogramas), y un escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS). Para ambos procedimientos se usaron matrices de similitud de Jaccard. Los dendrogramas se obtuvieron con el método de ligamiento de grupos promedio (UPGMA). Los grupos se identificaron con la prueba de perfiles de similitud (SIMPROF) con 1,000 permutaciones y 999 simulaciones con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. El análisis de clasificación y el NMDS se realizaron en el programa PRIMER v6 & PERMANOVA+ (Anderson *et al.*, 2008).

Resultados y discusión

Exposición al oleaje

Primeramente, se destaca que todas las localidades tuvieron condiciones bastante heterogéneas con diferentes tipos de hábitats: expuesto, semiexpuesto y protegido, y con crecimientos de macroalgas presentes en todos estos hábitats. Así mismo, se destaca que hubo grandes contrastes en la riqueza específica entre localidades ya que, mientras en Chamela se registraron 105 especies, en Playitas únicamente se registraron 14, lo cual representó el 40 % y 5 % respectivamente del total registrado. Con respecto a la exposición al oleaje, se registraron 87 especies con exposición directa al

oleaje mientras que, en condiciones mixtas, es decir, especies que se encontraron tanto en zonas protegidas como expuestas se registraron un total de 36 especies, representando el 33% y 13.5% respectivamente del total de especies.

Sin embargo, debido a que una misma especie pudo haberse recolectado en más de uno de estos ambientes principales (expuesto, semiexpuesto y protegido), se consideraron por separado a las especies con mayor amplitud de hábitats, es decir, se asignaron como especies presentes en ambientes expuesto/protegido, expuesto/semiexpuesto y semiexpuesto/protegido (Figura 2).

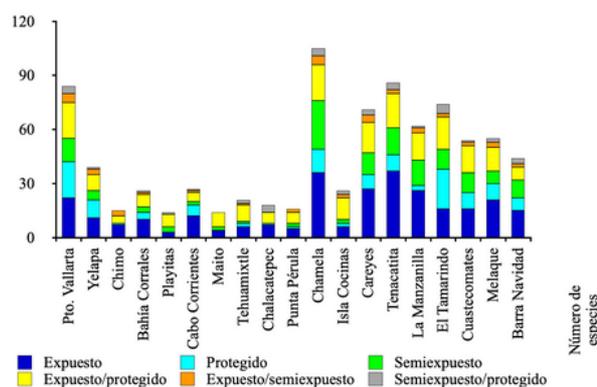


Figura 2. Riqueza de especies presentes en las diferentes condiciones de exposición al oleaje y corrientes marinas en la costa de Jalisco.

Las zonas rocosas litorales presentan diversas características con condiciones ambientales muy particulares que tienen la ambigüedad de limitar o favorecer el establecimiento, permanencia y desarrollo de macroalgas, y la heterogeneidad e irregularidad del terreno determina la diversidad de las algas (Seapy y Littler 1978). Las características antes mencionadas también son señaladas por González-González (1993) como elementos característicos del Pacífico tropical mexicano, ponderando además la línea de costa, mareas y oleaje y que, en menor o mayor grado, se presentan a lo largo del litoral de Jalisco.

Las 19 localidades en las que se hicieron recolectas presentaron zonas con diferentes grados de exposición al oleaje (expuesto, semiexpuesto y protegido), sin embargo es importante resaltar que en todas las localidades la riqueza de especies fue mayor en las zonas expuestas al oleaje, en donde la característica principal fue el crecimiento del ensamblaje de macroalgas en forma de parches o

pequeñas bandas horizontales, compuestas por especies como *Hypnea spinella*, *Gelidium pusillum*, *Rhodomenia californica*, *Derbesia marina*, *Codium giraffa*, que coinciden con las reportadas por Mendoza-González *et al.*, (2011), Mateo-Cid y Mendoza-González (1992 y 2012) para la costa de Jalisco y otros estados del Pacífico tropical mexicano. Las localidades que presentaron mayor número de especies en zonas expuestas fueron Tenacatita (37) y Chamela (36). Sin embargo, localidades como Playitas, Maito y Tehuamixtle, localizadas en la parte norte de la costa de Jalisco, presentan zonas con una alta exposición al oleaje debido a su posición y orientación con respecto a la línea de costa, las cuales presentaron una baja riqueza de especies, 3, 4 y 6 respectivamente, debido a la gran dificultad para la recolecta de algas por el mismo grado de exposición en que se encuentran estas playas. Las localidades como Puerto Vallarta y El Tamarindo fueron las que presentaron el mayor número de especies en ambientes protegidos, 20 y 22 respectivamente, debido que éstas son localidades en donde el oleaje no es directo en su línea de costa.

Tipos de sustrato

El principal sustrato sobre el cual se desarrollaron las algas fue el sustrato rocoso, registrando un total de 173 especies (Figura 3), los sustratos con el menor número de registros las algas epizoicas, 11 especies; y en sustrato arenoso, solo 5 especies registradas (excluidas de la figura por tener menos del 1%).

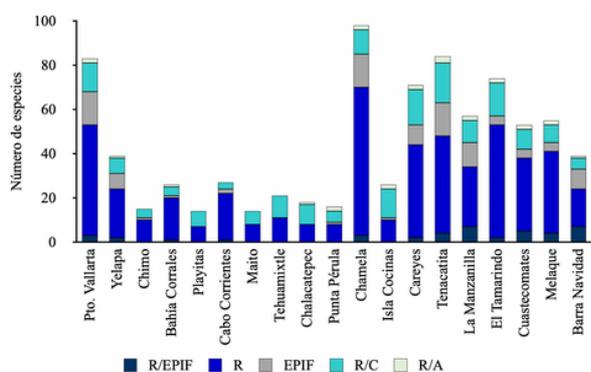


Figura 3. Riqueza de especies por tipo de sustrato en la costa de Jalisco. R/EPIF=Rocoso-Epifito R=rocoso; EPIF=epífitas; R/C=Rocoso-Coralino; R/A=Rocoso-Arenoso.

El tipo de sustrato que se presentó en las localidades de estudio fue muy variable, desde rocas sólidas que conforman los acantilados, riscos y plataformas (e.g. Playitas, Tehuamixtle, Careyes, El Tamarindo), hasta playas compuestas por cantos rodados, gravas y arenas de grano medio y fino (e.g. Maito, Chalacatepec, La Manzanilla, Barra de Navidad); y el sustrato coralino que se presentó en la zona submareal de Tenacatita y algunos pequeños crecimientos a manera de parches en Isla Cocinas y Chamela. Sin embargo, el sustrato que dominó fue el sustrato rocoso en donde se encontró el mayor número de especies, siendo las localidades de Chamela (67) y Puerto Vallarta (50) con mayor riqueza específica.

En el sustrato arenoso únicamente se registró una especie, *Botryocladia uvarioides*, y se recolectó en el submareal de Puerto Vallarta, siendo más importantes, por el número de especies, las algas encontradas como epífitas (46) y epizoicas (11), cuya característica es ser poco conspicuas por su pequeña talla. Entre las algas epífitas se encuentran *Streblonema penetrans*, *Ectocarpus simulans*, *Erythrotrichia carnea* *Sahlingia subintegra* *Grania pectinata* *Gayliella fimbriata* *Herposiphonia secunda*; mientras que algas epizoicas se registraron *Chondria repens*, *Laurencia clarionensis*, *Polysiphonia subtilissima*, *Parviphycus antipai*, *Lithophyllum decussatu*, perteneciendo la mayoría de estas especies a la división Rhodophyta. Estas especies, aún sin ser objeto de estudio principal, contribuyeron de manera importante a la riqueza específica de ficoflora de Jalisco.

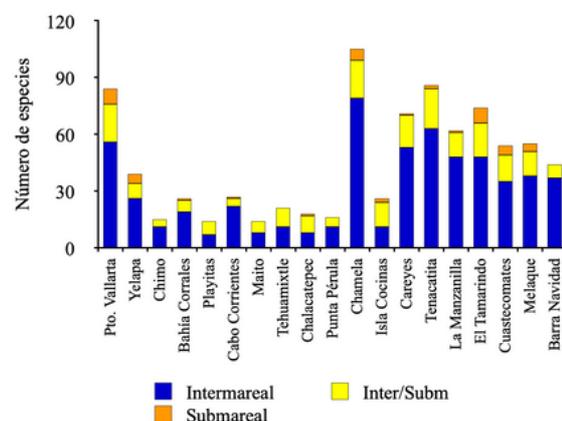


Figura 4. Riqueza de especies por ambiente en la costa de Jalisco.

Distribución vertical

La mayor riqueza específica se encontró en el ambiente intermareal de todas las localidades de la zona de estudio, con 206 especies registradas, seguida de las especies que se encontraron tanto en el intermareal como en el submareal, 37 especies; mientras que las especies exclusivas del submareal fue 21 (Figura 4).

La costa rocosa de Jalisco presenta ambientes heterogéneos que mantienen ensamblajes de diversos organismos tanto vegetales como animales y que presentan un gradiente de distribución vertical característico, que en el Pacífico tropical se observa en forma de bandas o franjas paralelas y entre mayor sea la amplitud de mareas mayor será el ancho de estas bandas (Candelaria-Silva *et al.*, 2006). Estas bandas pueden ser observadas en mareas bajas en algunas localidades del litoral de Jalisco (e.g. Playitas, Careyes, Chamela) que presentan plataformas rocosas con poca inclinación, sin embargo, en la mayoría ellas, la zona rocosa se presenta a manera de riscos o promontorios rocosos en posición casi vertical (e.g. Tehuamixtle, Maito, Tenacatita, Punta Pérula). Pero independientemente de la amplitud de la zona intermareal, en todas las localidades son perfectamente distinguibles los crecimientos en banda de algas verdes en la zona supralitoral, compuestas principalmente por *Ulva spp.* El 78% (205) de las especies registradas en el presente trabajo fueron recolectadas en los diferentes niveles del intermareal (superior, medio y bajo) siendo las localidades de Chamela (79), Tenacatita (63) y Puerto Vallarta (56) las contribuyeron con más especies al elenco ficoflorístico de la costa de Jalisco. Asimismo, se registraron 21 especies (8%) exclusivas del submareal (e.g. *Bryopsis galapaguensis*, *Codium dichotomun*, *Cladophora microcladioides*, *Jania capillacea*, *Gloiopeltis furcata*, *Botryocladia uvarioides*) y aun cuando el porcentaje es relativamente bajo, este resultado es significativo ya que no hay reportes de trabajos en zonas adyacentes al litoral de Jalisco que hayan reportado este número de especies en el submareal. Tanto el nivel intermareal como el submareal estuvieron dominados por algas de la división Rhodophyta, con 133 y 11 especies respectivamente.

Épocas del año

La proporción del número de especies presentes durante las temporadas seca y lluvias fue similar en todas las localidades indicando que la variación espacio-temporal de las macroalgas es constante en la costa de Jalisco. Sin embargo, aunque muchas especies se presentan durante todo el año, en la mayoría de las localidades se registraron más especies durante la temporada de secas (Figura 5).

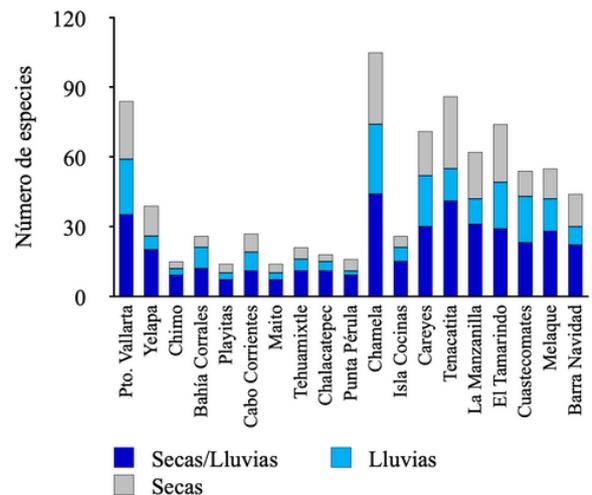


Figura 5. Riqueza de especies por época del año, en la costa de Jalisco.

De manera general, la mayor riqueza de especies se presentó en la época de secas (95) mientras que en la época de lluvias se registraron 75 y la riqueza de especies que se presentó tanto en lluvias como en seca fue de 94. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Mendoza-González *et al.*, (2011) y Mateo-Cid y Mendoza-González (2012) para la costa de Jalisco y Guerrero respectivamente.

Análisis de Similitud

En el análisis de clasificación y la prueba SIMPROF permitió identificar dos entidades aisladas y tres grupos de ensamblajes de macroalgas de acuerdo con su presencia en las 19 localidades de la costa de Jalisco (Figura 6). Las entidades aisladas son las localidades de Cabo Corrientes y Barra de Navidad, ubicadas en los extremos norte y sur, respectivamente. Estas localidades son las más distantes (aproximadamente 200 kilómetros) con marcadas diferencias en su fisiografía y tipos de sustrato, ya que Cabo Corrientes está conformada principalmente por

zonas rocosas con riscos y acantilados, mientras que Barra de Navidad presenta zonas arenosas más extensas y poco estables para el establecimiento y desarrollo de las algas; además en Cabo Corrientes se obtuvieron registros de especies en los ambientes intermareal y submareal, mientras que en Barra de Navidad solo en el intermareal debido a que el ambiente submareal está constituido principalmente por sustrato arenoso.

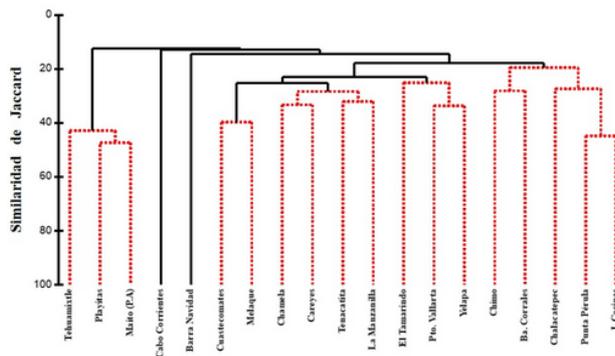


Figura 6. Dendrograma de clasificación de Jaccard, para las localidades de la costa de Jalisco. Los grupos se identificaron con la prueba de perfiles de similitud (SIMPROF) (Señaladas en rojo).

Los tres grupos se forman por localidades geográficamente cercanas y bien definidas en las zonas norte, centro y sur de la costa de Jalisco (Figura 7). Las localidades de la zona norte incluyen a Puerto Vallarta, Yelapa, Chimo, Bahía Corrales, Playitas, Cabo Corrientes, Mayto y Tehuamixtle; las de la zona centro a Chalacatepec, Punta Pérula, Chamela, Isla Cocinas y Careyes; y las de la zona sur a Tenacatita, La Manzanilla, El

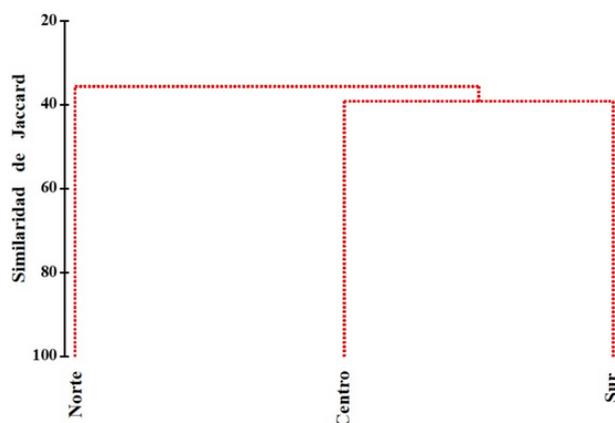


Figura 7. Dendrograma de clasificación de Jaccard, para las zonas que integran las localidades de la costa de Jalisco. Los grupos se identificaron con la prueba de perfiles de similitud (SIMPROF) (Señaladas en rojo).

Tamarindo, Cuastecomates, Melaque y Barra de Navidad.

Este mismo patrón de agrupamiento se observó cuando se realizó un nuevo análisis de clasificación con las especies asignadas a las localidades de las zonas norte, centro y sur del litoral de Jalisco. En el dendrograma resultante se observan estos tres grupos de localidades claramente diferenciadas, es decir, siguiendo un orden de distribución de norte a sur (Figura 7).

El análisis de clasificación permitió observar la separación entre la zona norte y el grupo formado por la zona centro y sur, claramente es consecuencia de la conformación fisiográfica del litoral de Jalisco, ya que entre la zona norte y las zonas centro-sur, existen grandes extensiones de playas arenosas (e.g. Playón de Punta negra, Playón de Maito, Playón de Ipala, Playón de Mismaloya) que van desde la Bahía de Corrales hasta la Bahía de Chamela, que de manera conjunta tienen una extensión aproximada de 80 km. Estas grandes extensiones de playas arenosas se ven interrumpidas solo por algunos afloramientos rocosos, lo cual también determina un cambio en la composición y número de especies recolectadas en cada zona, ya que en el norte se registraron 120 especies, mientras que en la zona centro y sur se registraron 134 y 193 especies, respectivamente. Esto indica un aumento en la riqueza ficoflorística de acuerdo a un patrón geográfico de norte a sur. Este mismo patrón se presenta en el número de especies compartidas, ya que la zona norte comparte 58 especies con el grupo conformado entre la zona centro-sur; y comparando de manera independiente la zona norte con la zona centro, comparten 66 especies, mientras que haciendo el comparativo entre la zona norte y la zona sur, comparten entre ellas 83 especies. Este diferencial de la riqueza de especies entre las localidades que conforman la zona del norte y las de la zona centro y sur puede asimismo ser consecuencia de las características topográficas y oceanográficas entre estas. Una de las principales es que en la zona norte se encuentra la zona de convergencia entre dos grandes sistemas de corrientes como son la corriente de California, de aguas frías y baja salinidad y la contracorriente Ecuatorial, de aguas cálidas y salinidad intermedia (Serviere *et al.*, 1993). Estos factores, temperatura y salinidad, además de fotoperiodo, nutrientes y tipos

de sustrato están relacionados con la estacionalidad y la manifestación de las algas (López, 2001; Espinoza, 2005). El número de especies colectadas exclusivamente en el submareal (Figura 4) pudo también ser un factor de separación entre los grupos ya que, aun cuando en la zona sur se registró el mayor número de especies en este ambiente (15), haciendo una ponderación con respecto al total de especies registradas en cada zona, se tiene que en la zona norte se registraron 11 especies exclusivas del submareal (e.g. *Ectocarpus parvus*, *Botryocladia uvarioides*, *Gracilaria crispata*, *Grateloupia howeii*, *Cladophora microcladioides*, *Codium setchelli*, *C. simulans*), lo cual representó el 9.1%. En la zona centro se registraron solo seis especies: *E. parvus*, *E. simulans*, *Ceratodictyon tenue*, *Grateloupia howeii*, *C. setchelli* y *C. dichotomun*, las cuales representaron el 4.4%; mientras que en el sur se registraron 15 especies (e.g. *Amphiroa rigida*, *Bryopsis galapaguensis*, *Gloiopeltis furcata*, *Hincksia saundersii*, *Jania capillacea*, *Murrayellopsis dawsonii*, *Amphiroa rigida*) que representaron el 7.7%.

En la zona norte se observan tres sub-grupos y una entidad aislada (Cabo Corrientes) (Figura 6); el primer grupo lo forman las localidades de Tehuamixtle, Playitas y Maito; el segundo grupo lo integran Puerto Vallarta y Yelapa; y el tercer grupo lo conforman las localidades de Chimo y Bahía de Corrales. De acuerdo al análisis de clasificación y prueba SIMPROF, todos estos grupos presentaron bajas similitudes entre ellos, en donde las localidades que forman el primer grupo, Playitas y Maito (43% de similitud) compartieron nueve especies: *Padina mexicana*, *Solieria filiformis*, *Centroceras clavulatum*, *Gelidium sp.*, *Porphyra sp.*, *Amphiroa dimorpha*, *Jania tenella*, *Ulva expansa* y *Ulva flexuosa*, presentándose todas estas especies sobre sustrato rocoso. Dentro de este mismo grupo, la localidad de Tehuamixtle comparte, a su vez, siete especies con Playitas y Maito. Con respecto al grupo dos, formado por las localidades de Puerto Vallarta y Yelapa (33% de similitud), éstas compartieron un total de 31 especies, 26 de ellas sobre sustratos rocosos (e.g. *Chnoospora minima*, *Dictyota crenulata*, *Sargassum howellii*, *C. clavulatum*, *Codium simulans*, *Ulva lactuca*), y siete fueron epifitas:

Sphacelaria rigidula, *Sahlingia subintegra*, *Colaonema daviesii*, *Chondria arcuata*, *Pneophyllum nicholsii*, *Hydrolithon farinosum* y *Jania adhaerens*. El grupo, integrado por Chimo y Bahía Corrales fue el que presentó las más baja similitud (28%) ya que sólo compartieron nueve especies. En la entidad aislada (18% de similitud), representada por Cabo Corrientes, se registraron cinco especies que no se encuentran en las otras localidades: *Gracilaria tepocensis*, *Ahnfeltia plicata*, *Smithora naiadum*, *Hildenbrandia dawsonii* y *Bryopsis hypnoides*.

En la zona centro se distinguieron dos sub-grupos (Figura 6), con bajas similitudes entre ellos, y conformados de la siguiente manera: el grupo 1 se formó por las localidades de Chalacatepec, Punta Pérula e Isla Cocinas (33% de similitud) mientras que el grupo 2 lo integran las localidades de Chamela y de Careyes, con 27% de similitud. Punta Pérula e Isla Cocinas, grupo 1, compartieron un total de 13 especies (e.g. *C. mínima*, *Padina caulescens*, *Gelidium pusillum*, *Jania tenella*, *Chaetomorpha antennina*, *Halimeda discoidea*), especies que estuvieron sobre sustrato rocoso y expuestas al oleaje, mientras que estas dos localidades, Punta Pérula e Isla Cocinas, compartieron seis especies con Chalacatepec: *Chnoospora mínima*, *P. caulescens*, *Padina gymnospora*, *Gelidium pusillum*, *Jania tenella*, *Halimeda discoidea*. Estas especies se registraron sobre sustrato rocoso, arenoso y coralino. El grupo 2, con una similitud del 27%, compartieron 42 especies entre sus dos localidades (e.g. *Chnoospora mínima*, *Padina caulescens*, *Sargassum howellii*, *Centroceras clavulatum*, *Gelidium pusillum*, *Jania tenella*, *Chaetomorpha antennina*, *Halimeda discoidea*) coincidiendo todas ellas en el tipo de sustrato, rocoso, y con exposición directa al oleaje.

En la zona sur se identificaron dos sub-grupos y dos entidades aisladas (Figura 6); el grupo 1 está formado por las localidades de La Manzanilla y Tenacatita (32% de similitud) las cuales comparten 32 especies, la mayoría sobre sustrato rocoso y coralino (e.g. *Caulerpa racemosa*, *C. mínima*, *Dictyopteris delicatula*, *Ceratodictyon variable*, *Grateloupia huertana*, *Jania pacifica*, *Dermonema virens*). El grupo 2 integrado por las localidades de Melaque y Cuastecomates presentaron el mismo porcentaje de similitud, 32%, que las localidades del

grupo 1, ya que Melaque y Cuastecomates compartieron 31 especies entre ellas, tan solo una especie menos que las que compartieron las localidades del grupo 1. La mayoría de estas especies compartidas, 19, se presentaron sobre sustrato rocoso (e.g. *Asteronema breviarticulatum*, *Padina crispata*, *Zonaria farlowii*, *Ralfsia pacifica*, *Gymnogongrus johnstonii*, *Polysiphonia pacifica*). Las entidades aisladas, Barra de Navidad y El Tamarindo fueron las localidades de la zona sur que presentaron una marcada diferencia en cuanto a la riqueza de especies en cada una de ellas, ya que mientras que en Barra de Navidad se registró la riqueza más baja de esta zona, 44 especies, en El Tamarindo se registraron 74 especies, siendo la segunda localidad de la zona sur con mayor riqueza registrada, sólo después de Tenacatita que presentó 86 especies, la de mayor riqueza de la zona sur de la costa de Jalisco.

Conclusiones

Las 19 localidades en el litoral de Jalisco en donde se realizó el presente trabajo presentaron diferentes características tanto fisiográficas, como la presencia de zonas rocosas o bien grandes extensiones de zonas arenosas, así como en sus tipos de sustrato, exposición al oleaje y orientación con respecto a la línea de costa. Estas características y condiciones muy particulares y heterogéneas en cada una de las localidades de estudio fueron determinantes para que la riqueza y distribución de especies fuera diferente a lo largo de la costa de Jalisco. De esta manera se encontró que la mayor riqueza de especies (105) fue registrada en la localidad de Chamela, mientras que la menor riqueza específica (14) la obtuvo la localidad de Playitas, y aunque muchas especies se presentaron de manera indistinta en las épocas de lluvias y de secas, fue en lluvias en donde se registró el mayor número de especies. Con respecto al tipo de sustrato, fue el sustrato rocoso en donde se presentó el mayor número de especies (173) mientras que el sustrato arenoso obtuvo el menor número de especies con 5 registros. En cuanto a las especies registradas tanto en el nivel intermareal como en el submareal, hubo una importante diferencia entre ambos ambientes, ya que mientras en el nivel intermareal se registraron 206 especies,

en el submareal se documentaron 25, lo cual indica que los estudios de macroalgas en el submareal son aún muy escasos. El análisis de similitud basado en presencia/ausencia de algas permitió reconocer tres zonas geográficas en el litoral de Jalisco: norte, centro y sur siendo la zona sur la que registró el mayor número de especies (193).

Literatura citada

- Abbot, I.A. y Hollenberg, G.J. (1976). *Marine Algae of California*. Stanford University Press, Stanford, California, 827 p.
- AlgaeBase (2018). Disponible en <http://www.algaebase.org/search/species/>. [consultado 20 septiembre 2018]
- Anderson M.J., Gorley R.N. y Clarke K.R. (2008). *PERMANOVA+Primer: Guidesoftware and statistical methods*. PRIMER-E Ltd., Plymouth, UK. 214p.
- Candelaria-Silva, C.F., Rodríguez-Vargas, D., López-Gómez, N.A. y González-González, J. (2006). Patrón de distribución de macroalgas en un canal de corrientes. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 9(2):65-72.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2008). *Programa de conservación y manejo del Santuario Islas de Bahía Chamela. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México*, 149 p.
- Dawson, E.Y. (1944). The Marine Algae of the Gulf of California. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 3(10):189-464.
- Dawson, E.Y. (1947). A guide to the literature and distribution of the marine algae of the Pacific coast of North America. *Memoirs of the Southern California Academy of Sciences*, 3(1):1-134.
- Dawson, E.Y. (1953a). Marine Red Algae Pacific Mexico. Part 1: Bangiales to Corallinaceae subf. Corallinoideae. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 17(1):1-239.
- Dawson, E.Y. (1960). Marine red algae of Pacific Mexico III. Cryptonemiales. Corallinaceae, subf. Melobesioideae. *Pacific Naturalist*, 28:1-125.
- Dawson, E.Y. (1961a). Marine Red Algae Pacific Mexico. Part 4: Gigartinales. *Pacific Naturalist*, 2(5):291-343.
- Dawson, E.Y. (1961b). A guide to the literature and distribution of Pacific benthic algae from Alaska to the Galápagos Islands. *Pacific Science*, 15:370-461.
- Dawson, E.Y. (1962). Marine Red Algae Pacific Mexico. Part 7: Ceramiales, Delesseriaceae. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 26(1):1-207.
- De la Lanza, G. (1991). *Oceanografía de los Mares Mexicanos*. A.G.T. editores. México, D.F., 569 p.
- Durango Alvarino, A y Santos Cordero, T. (2021). *Patrones de distribución de la riqueza de algas RHODOPHYTA Y OCHROPHYTA en isla Tortuguilla, municipio de Puerto Escondido*. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Básicas. 98 p.
- Enciso, P.I., E. Ríos y C. Esqueda. (2019). Inventory and taxonomic diversity of macroalgae from the coast of Jalisco, México. *Revista Bio Ciencias* 6:1-32. Disponible en <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e656>. ISSN 2007-3380, [consultado 05 diciembre 2022].
- Espinoza-Ávalos, J. (2005). Phenology of marine algae. *Hidrobiológica*, 15(1):109-122.
- González-González, J. (1993). *Estudio Florístico Ecológico de Ambientes y Comunidades Algales del litoral rocoso del Pacífico Tropical Mexicano*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 167 p.
- González-Medina, F.J., Holguín-Quiñones, O.E. y De la Cruz-Agüero, G. (2006). Spatio-temporal variability of some shallow-bottom macroinvertebrates (Gastropoda, Bivalvia and Echinodermata) from Espíritu Santo Archipiélago, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 32(1A):33-44.
- Guilarte B., A., Rodríguez R., J., Velázquez, A., y Martínez, E. (2013). Spatial and Temporal Distribution of Benthic Macroalgae from Boca Del Rio Bay, Margarita Island, Venezuela. *Acta Botánica Venezolánica* 36, (2): 239-60.
- Hernández, H.M. (2000). *Estructura de la comunidad algal en la costa sur de Jalisco, México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada. 115p.
- Instituto de Estadística y Geográfica del Estado (IIEG). (2020). Zona Costera Jalisco. Disponible en <https://iieg.gob.mx/zonacostera/> [consultado 22 febrero 2023].
- Jenkins, S.R., Hawkins, S.J. y Norton, T.A. (1999). Interaction between a furoid canopy and limpet grazing in structuring a low intertidal community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 233:41-63.
- Liuzzi, M.G. (2010). *Macroalgas bentónicas como sustrato y refugio de invertebrados marinos*. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 177 p.

- López-González, A.R. (2001). *Comunidades de macrofitas en una franja del intermareal rocoso de Punta Cabras, B.C. y su relación con factores ambientales*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C.S., 104 p.
- López-Rodríguez, C. y Pérez-Cirera, J.L. (1998). The effects of different environmental conditions on colonization and succession in the *Fucus vesiculosus* community on the Galician coasts (Northwestern Iberian Peninsula). *Botánica marina*, 41:581-591.
- Mateo-Cid, L.E. y Mendoza-González, A.C.(1992). Algas marinas bentónicas de la costa sur de Nayarit, México. *Acta Botánica Mexicana*, 20:13-28.
- Mateo-Cid, L.E. y Mendoza-González, A.C. (2012). Algas marinas bentónicas de la costa noroccidental de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83:905-928.
- Mendoza-Gonzalez, A.C., Mateo-Cid, L.E. y Galicia-García, C. (2011). Floristic integration of the benthic marine algae from the southern coast of Jalisco, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(1):19-49.
- Neushul, M.D. y Coon, D. (1971). Bibliography on the ecology and taxonomy of marine algae. En: Parker, J. (Ed.) *Select Papers in Phycology*. University of Nebraska, Nebraska. 12-17 pp.
- Norris, J.N. y Johansen, H.W. (1981). Articulated Coralline Algae of the Gulf of California, México, I. *Amphiroa Lamouroux*. *Smithsonian Contributions to the Marine Science*, 9:1-29.
- Ríos-Jara, E., Galván-Villa, C.M., Rodríguez-Zaragoza, F.A., López-Uriarte, E., Bastida-Izaguirre, D. y Solís-Marín, F.A. (2014). The echinoderms (Echinodermata) from bahia Chamela, Jalisco, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 263-279.
- Seapy, R.R. y Littler, M.M. (1978). The distribution, abundance, community structure and primary productivity of macroorganisms from two Central California rocky intertidal habitats. *Pacific Science*, 32(3): 293-314.
- Serviere-Zaragoza, E. (1993). *Descripción y análisis de la ficoflora del litoral rocoso de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 71 p.
- Underwood, A.J. (1981). Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: patterns of vertical distribution and seasonal changes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 51:57-85.