

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



“Análisis genético y morfológico de *Eisenia arborea* Areschoug en la costa
Pacífico de la Península de Baja California”

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL
GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

BRENDA DINORAH MENDOZA ALMANZA

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2014.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

Análisis genético y morfológico de *Eisenia arborea* Areschoug en la
costa Pacífico de la Península de Baja California

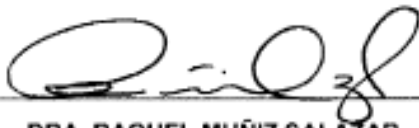
TESIS
QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA

BRENDA DINORAH MENDOZA ALMANZA

Aprobada por:



DR. JOSÉ ANTONIO ZERTUCHE GONZÁLEZ
DIRECTOR DE TESIS



DRA. RAQUEL MUÑOZ SALAZAR
SINODAL



DRA. FABIOLA LAFARGA DE LA CRUZ
SINODAL

Análisis genético y morfológico de *Eisenia arborea* Areschoug en la costa Pacífico de la Península de Baja California

Mendoza-Almanza Brenda D¹, Muñiz-Salazar Raquel², Lafarga-de la Cruz Fabiola³ y Zertuche-González José A¹.

1Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Investigaciones Oceanológicas.

2Escuela de Ciencias de la Salud

3CICESE

Dr. José A. Zertuche-González

Tel. 646 1744601 ext 113

Fax. 646. 1745303

Resumen. La variabilidad morfológica entre especies de macroalgas ha llevado al desarrollo de estudios con referencia a este tema en diversas especies. En los últimos años, con la implementación del uso de herramientas moleculares se ha logrado reubicar taxonómicamente a algunas de ellas, demostrando que los factores ambientales, particularmente la exposición al oleaje, son definitivos en la diferenciación de estos organismos. Las especies del género *Phaeophyceae* han sido poco exploradas a nivel molecular, sin embargo existen numerosos trabajos y teorías acerca de su plasticidad morfológica. Para *Eisenia arborea* se han descrito dos morfotipos correlacionados directamente con la exposición al oleaje. El primer morfotipo observado en organismos de ambientes de bajo oleaje presenta láminas amplias y rugosas y una estructura de fijación pequeña, mientras que el segundo morfotipo, que se desarrolla en ambientes con oleaje alto se describe con láminas más delgadas y onduladas, así como una estructura de fijación más amplia, sin embargo, se desconoce si estas diferencias se han logrado fijar a un nivel genómico. En este estudio se realizó un análisis del fenotipo y del genotipo, de 180 individuos muestreados en la costa Pacífico de la Península de Baja California y una laguna costera. Para el análisis morfométrico se tomaron en cuenta variables ambientales como: intensidad de oleaje, temperatura, salinidad y nutrientes. En el análisis genético se emplearon por primera vez los VNTRs, mejor conocidos como microsatélites, como marcadores moleculares. Se probaron 12 microsatélites heterogéneos, reportados para *Ecklonia cava*, de los cuales sólo 5 tuvieron una exitosa amplificación para *E. arborea*: EC02, EC03, EC06, EC08, EC10. Debido a la naturaleza plástica en los morfotipos de *E. arborea* no fue posible observar diferencias significativas entre los diferentes sitios de muestreo, sin embargo con un Análisis de Componentes Principales (ACP) se determinó que los factores ambientales explican el 40% de la varianza. Aunque los microsatélites utilizados se reportaron con alto polimorfismo para *E. cava*, hubo una gran diferencia para *E. arborea*, ya que dos (EC02, EC03) de los 5 microsatélites no muestran polimorfismo y EC06, EC08 y EC10 muestran un bajo polimorfismo, por lo que no fue posible determinar diferencias entre poblaciones.

Palabras clave: Microsatélites, *Eisenia arborea*, diversidad genética

Abstract. The morphological variability among species of macroalgae has led to the development of studies with reference to this issue in various species. In recent years, with the implementation of the use of molecular tools has been achieved taxonomically relocate some of them, showing that environmental factors, particularly wave exposure are definitive in differentiating these organisms. The species of Phaeophyceae have been little explored at the molecular level, however there are numerous studies and theories about their morphological plasticity. For *Eisenia arborea* have two distinct morphotypes correlated directly with wave exposure. The first morphotype is for environments with low currents velocities, the blade is wide and bumpy; the second one was described for environments with higher velocities and the blade is thin and ruffled. However, it is unknown if these differences have been made to fix in a genomic level. In this study an analysis of the phenotype and genotype of 180 individuals sampled from the Pacific coast of the Baja California Peninsula and a coastal lagoon was performed. For the morphometric analysis were taken into consideration environmental variables such as wave intensity, temperature, salinity and nutrients. For the genetic analysis, 12 microsatellites heterogeneous reported for *Ecklonia cava* was proved, which only five of them had successful amplification in *E. arborea* (EC02, EC03, EC06, EC08, EC10). Due to the plastic nature morphs in *E. arborea* was not possible to observe significant differences between the different sampling sites, however with an Analysis of Principal Components (APC) was determined that environmental factors account for 40% of the variance. Although high polymorphism were reported for those microsatellites in *E. cava*, there was a big difference for *E. arborea*, since two (EC02, EC03) of the 5 microsatellites show no polymorphism and EC06, EC08 and EC10 show low polymorphism, by it was not possible to determine differences between populations.

INTRODUCCIÓN

El género *Eisenia* cuenta con siete especies, de las cuales *E. bicyclis* (Kjellman Setchell 1905), y *E. arborea* (Areschoug, 1986), son las dos especies con importancia económica. Los usos comerciales que se han reportado para *E. arborea* son en la industria farmacéutica por sus efectos antialérgicos (Sugiura et al. 2008) y anticoagulantes (Muñoz- Ochoa et al. 2009), así como en la acuicultura como alimento para abulón por su alto contenido de proteínas (Zertuche-González et al. 2013). Su extracción a la fecha es únicamente artesanal y no hay registros del estado actual de las poblaciones (Callejas Jiménez 2006).

La especie *E. arborea* se distribuye la costa Pacífico occidental, desde la Isla Vancouver,

Canadá hasta Isla Magdalena, Baja California Sur, México (Shults y Herbst, 1938; Hollenberg, 1939; Abbott y Hollenberg, 1976; Guiry y Guiry, 2007). La historia de vida es similar a lo descrito para otros miembros del orden Laminariales, presenta alternancia de generaciones, la cual comprende la fase macroscópica esporofito (diploide) y la fase microscópica gametofito (haploide) (Shults y Herbst, 1938; Hollenberg, 1939; Schiel y Foster, 2006). Es un sargazo, considerado como una de las algas con mayor complejidad debido a su estructura parenquimatosas. Se caracteriza por un estipe cilíndrico de color café oscuro, correoso y rígido, el cual presenta bifurcación que forma una horqueta con numerosas laminas en la parte distal. Además, posee un pie de fijación fuerte, compacto y ramificado. Sobre las

láminas presenta manchas esporangiales irregulares. Forma densos mantos en la zona intermareal en ambientes de alta energía (Shults Herbst, 1938; Hollenberg, 1939; Abbott y Hollenberg, 1976). En general, las zonas donde se reporta la presencia de *E. arborea* son ambientes de alta energía, sin embargo, existen registros de su presencia en Bahía San Quintín (Aguilar-Rosas et. Al., 2005), que es una zona relativamente protegida. Callejas (2006) reportó *E. arborea* en Bahía San Quintín en tres sustratos diferentes, lo que aduce el amplio rango de tolerancia que tiene a condiciones ambientales.

Debido a la amplia plasticidad que presenta en su morfotipo *E. arborea*, los estudios se han enfocado a los cambios morfológicos en respuesta a diferentes condiciones ambientales, como el efecto del oleaje sobre el tamaño y forma de la especie (Gaylor y Denny, 1997; Roberson y Coyer, 2004), el mecanismo de barrido por acción del oleaje (Denny y Gaylord, 2002), movimiento y flujo de nutrientes (Denny y Robersons, 2002), y las variaciones del estipe asociado a la variación latitudinal (Matson y Edwards, 2006). Sin embargo, el conocimiento sobre la dinámica poblacional está limitado al submareal (Parada et al., 2009). Respecto a análisis genéticos, solo existe un registro de dos poblaciones de San Clemente, California, donde se encontraron diferencias significativas, tanto morfológicas como genéticas, relacionadas a la magnitud de la velocidad de la corriente (Roberson y Coyer, 2004).

En este estudio se realizó un análisis morfológico y genético de *E. arborea*, en seis sitios de la Península de Baja California, utilizando por primera vez los VNTRs (del inglés: Variable Number of Tandem Repeats) como marcadores moleculares, para determinar si existen diferencias morfológicas de un sitio a

otro y si estas diferencias corresponden a diferentes genotipos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de muestreo y colectas

Las muestras fueron colectadas en seis sitios de la costa del Pacífico de la Península de Baja California (Tabla 1, Fig. 1). En cada sitio se colectaron aproximadamente 30 muestras de tejido foliar. En este muestreo se trató de cubrir al máximo la distribución de *E. arborea* en la península de Baja California, desde Campo Kennedy en Baja California hasta Isla Magdalena en Baja California Sur. Sólo se muestrearon individuos adultos, el criterio de discriminación fue que presentaran horqueta. Se tomaron fotografías de las plantas colectadas. Se tomó una fronda para el análisis genético, que se secó y almacenó en cristales de sílica hasta su análisis.

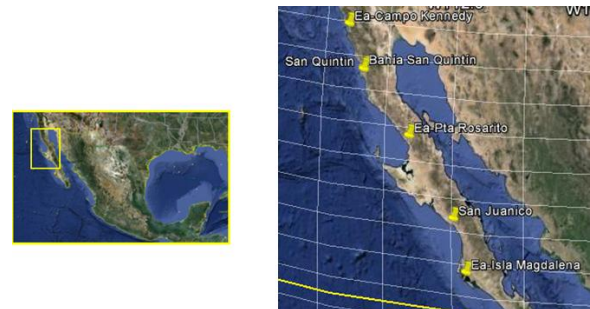


Figura 1. Mapa de los sitios de muestreo donde CK: Campo Kennedy, SQ: San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosalita, SJ: San Juanico e IM: Isla Magdalena

Análisis de datos morfométricos

La morfometría se realizó en los sitios de muestreo, con una cinta métrica se midió el ancho de fronda, del punto medio de la lámina; largo de fronda, longitud máxima de las

láminas; perímetro de estípe, esta medida se tomó del punto medio; el largo de estipe fue tomado desde el punto donde termina la estructura de fijación hasta la bifurcación, o formación de la horqueta; y el número de frondas, sólo se consideraron las frondas mayores a 4 cm de longitud.

Se calcularon los valores de estadística descriptiva tales como desviación estándar, promedio, medias, máximos y mínimos utilizando el programa STATISTICA.

Variables oceanográficas

Se obtuvieron datos de temperatura, salinidad y velocidad de corriente que están formados por la velocidad de corriente (m/s) con dirección hacia el Norte y la velocidad de corriente con dirección al Este (componentes u y v) (Fig. 7, 8 y 9), de las bases de datos realizadas por NRL+HYCOM (Navy's Naval Research Laboratory + Hybrid Coordinate Ocean Model) disponibles en ERDDAP (NOAA) (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/nrlHycomGLBu008e909D.graph> y <http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/nrlHycomGLBu008e910D.graph>). En estos modelos los datos se reportan día a día, en este estudio se consideraron los 7 meses anteriores a la fecha de muestreo en cada sitio. Con la base de datos obtenida de variables oceanográficas y los valores obtenidos de la morfometría, se realizó un Análisis de Componentes Principales en el programa STATISTICA.

Análisis genético

La extracción de ADN genómico se realizó mediante el método de CTAB/PVP (hexadecil trimetil amonio bromuro/polivinil pirrolidona) modificado por Muñiz-Salazar et al.(2005), a partir de alrededor de 20 mg. Se utilizaron 12 cebadores heterogéneos para amplificar

microsatélites de la especie *Ecklonia cava* (Tomoko et al. 2012) esto debido a la cercanía filogenética con *Eisenia* spp. (Yoon et al., 2001). Primero se realizó una preselección utilizando los 12 pares de cebadores no marcados, para saber cuales de ellos amplificaban en *E. arborea*. Con esto se eligieron los seis pares de cebadores que amplificaron correctamente, siendo estos: EC01, EC02, EC03, EC06, EC08, EC10 y se mandaron a marcar con fluorocromos como reporta Tomoko et al. (2012). La amplificación por PCR consistió en un ciclo inicial de desnaturalización de 95 °C por 3 min., 30 ciclos de 94 °C por 30 s, 58°C por 25 s y 72°C por 50 s y una extensión final de 72 °C por 15 min.

Análisis de datos genéticos

Diversidad Genética

El análisis descriptivo, frecuencias alélicas, heterocigosidades observadas y esperadas para cada locus y para todas las poblaciones fue obtenido con el programa Arlequin 3.5. La riqueza alélica, fue calculada utilizando FSTAT 2.9.3 (Goudet, 2001). La prueba global para determinar desviaciones del equilibrio de Hardy-Weinberg para cada población, fue realizada con el programa GENEPOP 3.1d (Raymond y Rousset, 1995). La significancia para todas las pruebas múltiples se fijó en 0.05, con la corrección de Bonferroni (Rice, 1989).

RESULTADOS

Datos oceanográficos

El promedio anual de temperatura va de 16.1 °C en CK a 20.2 °C en IM, los rangos de salinidad van de 33.5 a 34.5 ups en CK e IM, y la

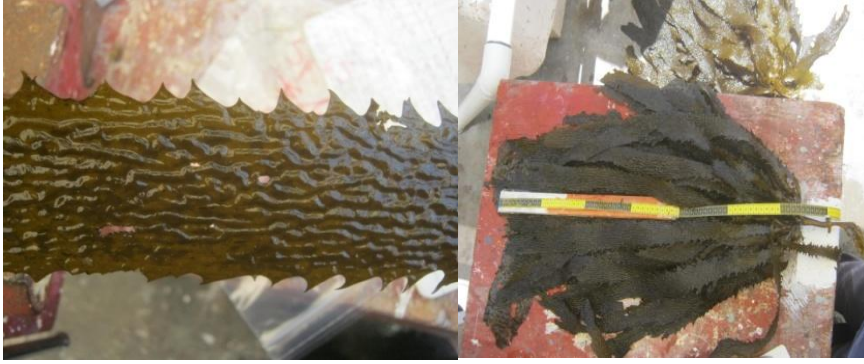


Figura 2. Morfotipo de *E. arborea* en Campo Kennedy



Figura 3. Morfotipo de *E. arborea* en Bahía San Quintín

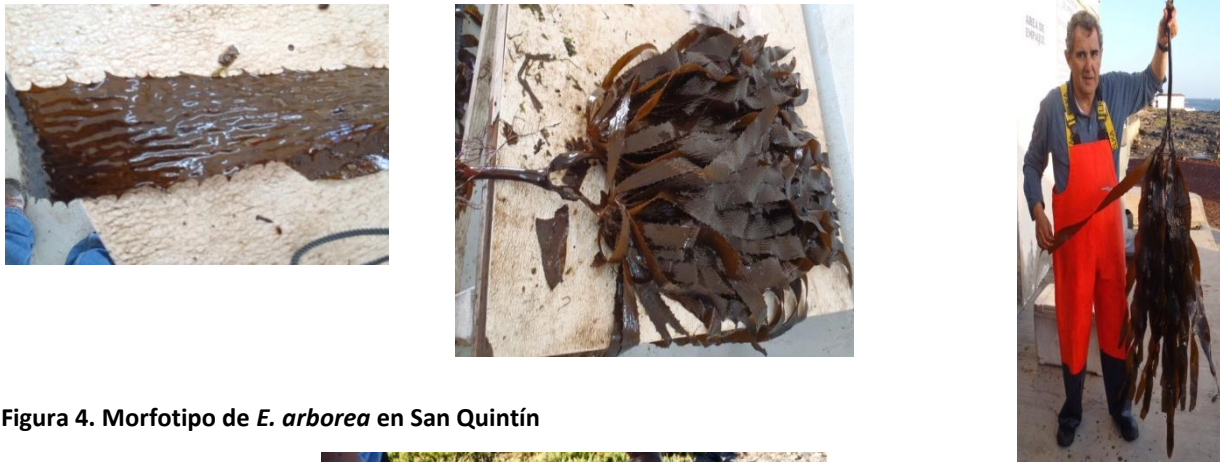


Figura 4. Morfotipo de *E. arborea* en San Quintín



Figura 5. Morfotipo de *E. arborea* en San Juanico



Figura 6. Morfotipo de *E. arborea* en Isla Magdalena

Tabla 1. Cacterísticas de los muestreos

Sampling Characteristics				
SITE	DATE	SAMPLING TEMP (sup) (°C)	DEPTH (m)	N
Campo Kennedy (CK)	23/MAR/'13	22	3.5	27
Bahía San Quintín (BSQ)	14/APR/'14	14	2.5	30
San Quintín (SQ)	14/APR/'14	13	9	28
Punta Rosarito (SR)	06/OCT/'13	18	INT	30
San Juanico (SJ)	04/OCT/'13	22	19	30
Isla Magdalena (IM)	02/OCT/'13	24	2	29

velocidad de la corriente muestra promedios anuales de 0.05 en SQ a 0.15 en SJ (Fig. 7, 8 y 9)

Morfometría

Debido a que los datos no cumplen con los supuestos, no fue posible establecer diferencias significativas.

El número de muestras colectadas fue de 27 para CK, 29 para SQ, 30 BSQ, 30 SJ, 30 SR y 29 para IM. El promedio de ancho de hoja fue de 12.5 cm en SQ a 4.2 en IM, el largo de fronda fue de 103.5 SQ a 54.7 en SJ, Se calculó una razón largo ancho que fue de 6.2 en SR a 16.55 en IM. El Perímetro fue de 3.4 cm en SJ a 6.98

cm en SQ y su largo fue de 46.1 en CK a 18.1 en SJ (Tabla 2, Fig. 10-15)

En el análisis de componentes principales se forman 2 factores, el primero está formado por salinidad, temperatura e Intensidad total de la corriente, este factor explica el 40% de la varianza; y el segundo está formado por el número de frondas, Perímetro del estipe y el Largo del Estípe, explica un 30% de la varianza. En el gráfico de dispersión creado del ACP, se forman perfectamente los grupos de datos de cada sitio, siendo SJ la población más alejada y CK la más dispersa (Fig. 16 y 17).

Tabla 2. Promedios y ds de la morfometría realizada en todas las poblaciones muestreada, donde CK: Campo Kennedy, SQ: San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosalita, SJ: San Juanico e IM: Isla Magdalena

SITE	BLADE WIDTH		BLADE LENGTH		LENGTH /WIDTH		LENGTH ESTIPE		PERIMETER ESTIP		N BLADES	
CK	5.16	±0.91	54.70	±1.96	10.98	±4.04	46.19	±19.77	6.67	±1.96	46.19	±19.77
SQ	11.51	±1.11	103.59	±0.79	8.27	±0.07	26.64	±12.16	6.99	±0.79	26.64	±12.16
BSQ	4.13	±0.91	57.87	±0.86	6.15	±1.12	32.42	±10.07	5.92	±0.86	32.42	±10.07
SR	9.23	±2.10	56.74	±1.36	6.2	±0.24	24.43	±15.33	5.64	±1.36	24.43	±15.33
SJ	4.64	±2.72	40.10	±1.07	8.67	±1	18.12	±12.67	3.45	±1.07	18.12	±12.67
IM	4.04	±1.25	69.26	±1.59	16.55	±2.16	39.21	±30.00	5.40	±1.59	39.21	±30.00

Diversidad Genética

De los cinco loci de microsatélites analizados, dos no mostraron polimorfismo (EC02 y EC03), por lo que no fueron tomados en cuenta para los análisis, uno mostró un bajo nivel de polimorfismo (EC06) y dos mostraron el mayor polimorfismo (EC08 y EC10) en todas las poblaciones (Tabla 3). La riqueza alélica (AR) (Tabla 3) varió de 4.2 (SQ) a 6.5 (SR). El número total de alelos detectados por locus varió de 7.5 (EC10) a 3 (EC08) y el número promedio de alelos por locus por población (diversidad alélica) varió de 2 en SJ a 11 en IM (Fig 18, 19 y 20). La población que mostró mayor número de alelos privados fue SJ. En las comparaciones pareadas de las frecuencias alélicas para los 3 loci polimórficos no se encontraron diferencias significativas entre los 6 sitios de muestreo. La heterocigosidad esperada promedio (HE) varió de 0.695 en IM a 0.205 en SQ, y la heterocigosidad observada promedio (HO) varió de 0.509 en IM a 0.056 en CK (Tabla 3). De los 3 loci analizados, EC06 estuvo fuera del equilibrio de HW ($P < 0.005$) para las poblaciones de CK, SQ y SR y EC08 para las poblaciones de IM y SJ.

LOCI EC06

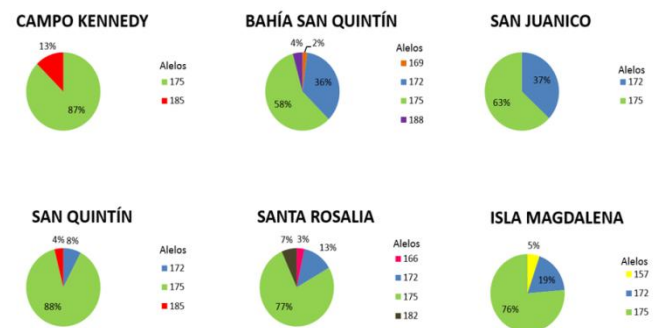


Figura 16. Gráficos de las frecuencias alélicas para cada una de las poblaciones del loci EC06

LOCI EC08

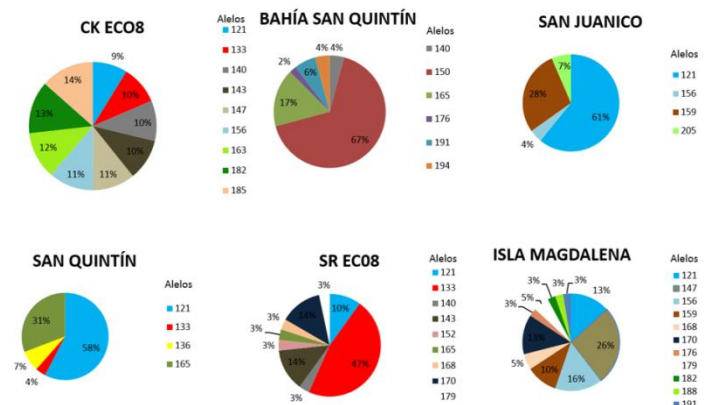


Figura 17. Gráficos de las frecuencias alélicas para cada una de las poblaciones del loci EC08

LOCI EC10

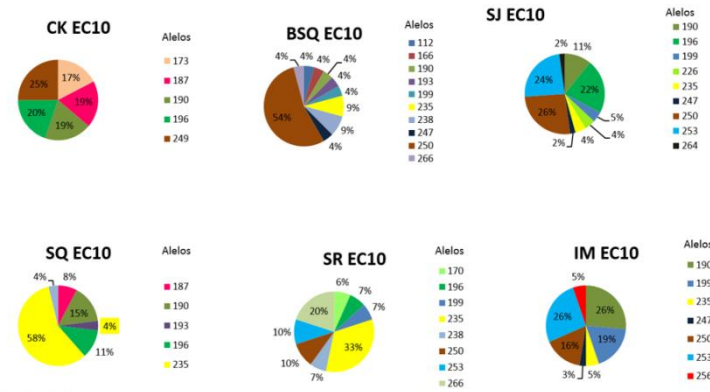


Figura 18. Gráficos de las frecuencias alélicas para cada una de las poblaciones del loci EC10

DISCUSIONES

En este estudio se ha observado que la morfología de *Eisenia arborea*, está influenciada directamente por factores ambientales como Temperatura, salinidad y velocidad de corriente (Fig. 17) y, que existe una variación en sus morfotipos de un sitio a otro. El morfotipo relacionado con ambientes de baja energía, grandes protuberancias en la superficie de las láminas que aumentan la turbulencia a las velocidades experimentadas en el campo, hojas más delgadas y más amplias para disminuir las distancias de difusión y maximizar el área de superficie para la absorción de nutrientes (Roberson et al., 2004), describe casi en su totalidad el morfotipo de Bahía San Quintín y San Juanico, con excepción de las grandes protuberancias, ya que son casi imperceptibles en las muestras de BSQ y SJ (Fig. 3 y 6), sin embargo la media de las velocidad de corrientes en estos dos lugares, están dentro de los tres sitios de más alta energía para los sitios

TABLA 3. Análisis de diversidad genético, donde N es el número de muestras por población, A es el número de alelos, AR la riqueza alélica, PA, número de alelos privados por población. H_E Heterocigocidad esperada, H_o Heterocigocidad observada, HWE valores de P parara el equilibrio de H-W

SITE	N	A	AR	PA	H_E	H_o	HWE (P)
CAMPO KENNEDY	12.000	5.333	5.333	2.000	0.628	0.056	NS
BAHÍA SAN QUINTÍN	24.000	6.667	5.442	1.667	0.590	0.278	NS
SAN QUINTÍN	13.000	4.333	4.227	0.333	0.205	0.484	NS
SANTA ROSALIITA	15.000	7.000	6.537	1.333	0.666	0.222	NS
SAN JUANICO	23.000	5.000	4.015	0.667	0.620	0.493	NS
ISLA MAGDALENA	19.000	7.000	6.162	1.000	0.695	0.509	NS
Promedio	17.667	5.889	5.286	1.167	0.567	0.340	NS

muestreados (Fig. 10). Si bien en los estudios realizados por Roberson et al. (2004) demuestran que únicamente las velocidades de

corrientes influyen en el morfotipo de dos poblaciones cercanas geográficamente, en este estudio se demuestra que en una escala

Variable	Factor 1	Factor 2
No de Frondas	0.082805	0.780006
PERIMETRO Est.	-0.316986	0.896301
Largo Estipe	0.041986	0.779515
Largo-ancho	0.651676	0.075185
salinidad	0.959634	0.026504
temperatura	0.897314	-0.182783
Intensidad total	0.751022	-0.299603
Expl.Var	2.823887	2.148936
Prp.Totl	0.403412	0.306991

Figura 16. Tabla de resultados de Análisis de Componentes Principales

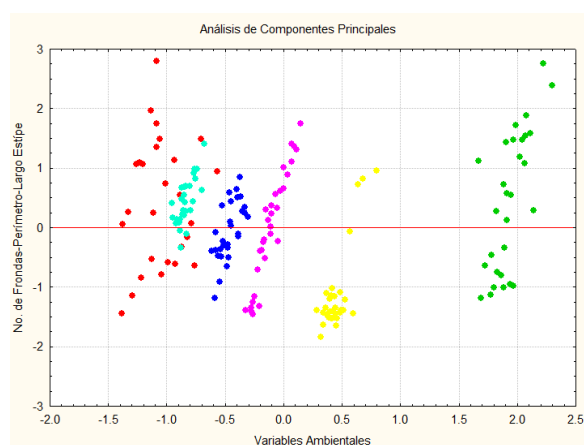


Figura 17. Gráfico de dispersión de Análisis Canónico. Donde aparecen las poblaciones en rojo:CK, Esmeralda: SQ, azul: SQ, rosa: SR, amarillo:IM y verde:SJ

geográfica más grande las similitudes o diferencias en el morfotipo no sólo están influenciadas por la velocidad de corriente, sino que todos los demás factores ambientales juegan un rol importante. Por otro lado, para el caso de Isla Magdalena, que es el sitio en el que se reportan las velocidades más altas de corrientes, el morfotipo observado fue el reportado para sitios de alta energía, láminas gruesas, planas y alargadas para reducir la fricción y evitar rompimiento o desprendimiento de la lámina, además de un

gran disco adhesivo para disminuir la probabilidad de desprendimiento (Roberson et al., 2004). Así mismo, en el caso de Campo Kennedy, San Quintín y Santa Rosalita, que muestran las velocidades de corriente más bajas y parecidas (alrededor de 0.06 m/s), los morfotipos de CK y SQ son los reportados para sitios de alta energía, mientras que el de SR, tiene una hoja ancha y corta, como la descrita para baja energía, pero la superficie y textura de la hoja así como el grosor, cumple lo descrito para alta energía.

Pese a lo reportado sobre el polimorfismo de los microsátélites en *E. cava* (Tomoko et al. 2012), para *Eisenia arborea* se encontraron dos loci de microsátélites, EC02 y EC03, homólogos para todos los sitios de muestreo, mientras que en *E. cava* para un sitio se reportan dos y ocho alelos respectivamente. De los tres microsátélites restantes se obtuvo un promedio de tres en locus EC06, 7.2 en locus EC08 y 7.5 alelos en el locus EC10, lo que es parecido a lo reportado para *E. cava*. Aunque el promedio global del equilibrio H-W mostró ser no significativo, el locus EC06 y EC08 mostraron significancia debido en ambos casos a una deficiencia significativa de heterocigotos.

Con la serie de loci de microsátélites utilizados se concluye que todos los organismos muestreados se encuentran en simpatria y se definen como una sola población.

Es importante recalcar la importancia de un estudio posterior con microsátélites especie-específicos para obtener resultados más robustos, ya que en este estudio los microsátélites de los que se pudo obtener información fueron sólo tres.

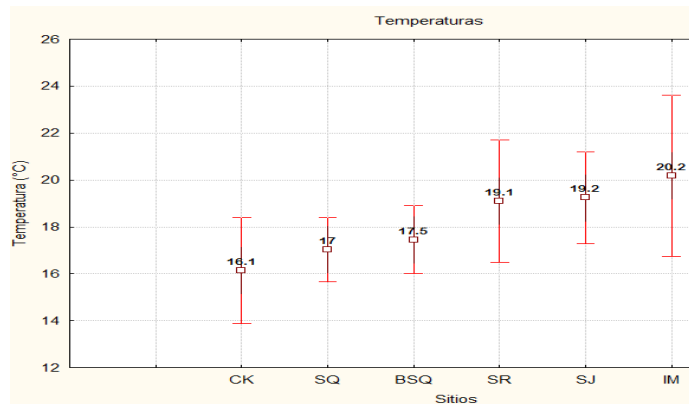


Figura 7. Gráfico con promedios de temperatura y ds, para cada uno de los sitios. Datos tomados de de la base de datos de NRL+HYCOM donde CK: Campo Kennedy, SQ:San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosaliita, SJ:San Juanico e IM: Isla Magdalena

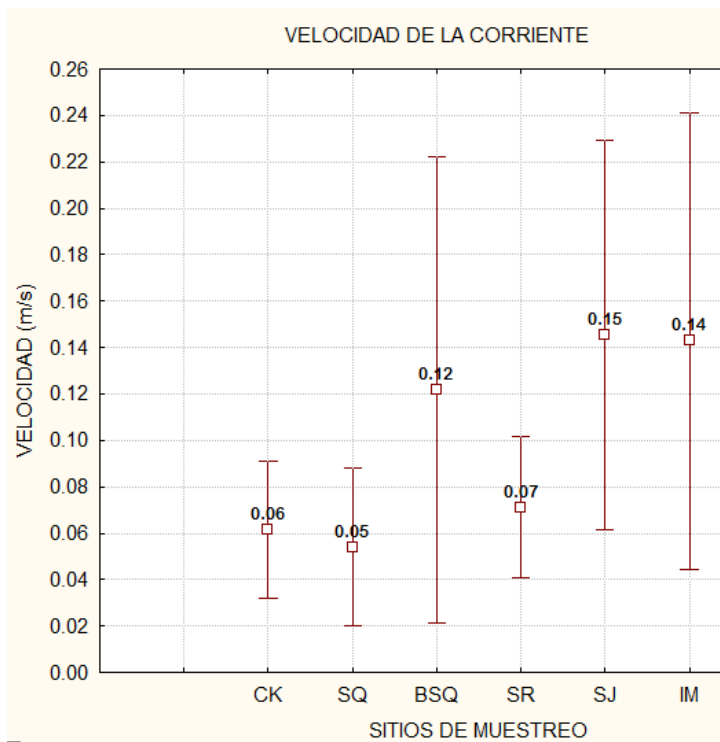


Figura 8. Gráfico con promedios de velocidad de corriente y ds, para cada uno de los sitios. Datos tomados de de la base de datos de NRL+HYCOM donde CK: Campo Kennedy, SQ:San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosaliita, SJ:San Juanico e IM: Isla Magdalena

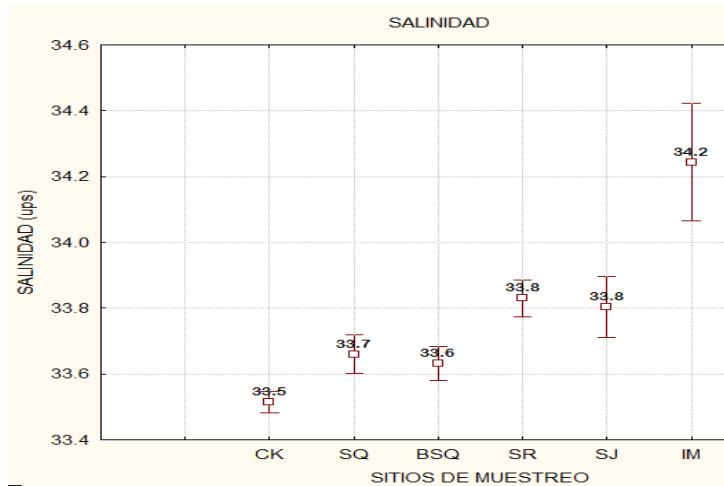


Figura 8. Gráfico con promedios de salinidad y ds, para cada uno de los sitios. Datos tomados de de la base de datos de NRL+HYCOM donde CK: Campo Kennedy, SQ:San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosaliita, SJ:San Juanico e IM: Isla Magdalena

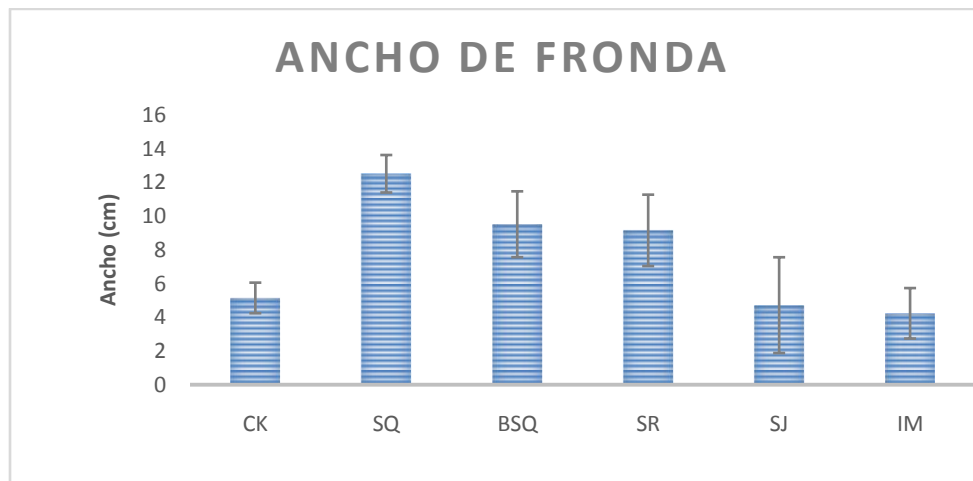


Figura 10. Gráfico de los promedios y ds de Ancho de Fronda para cada uno de los sitios muestreados

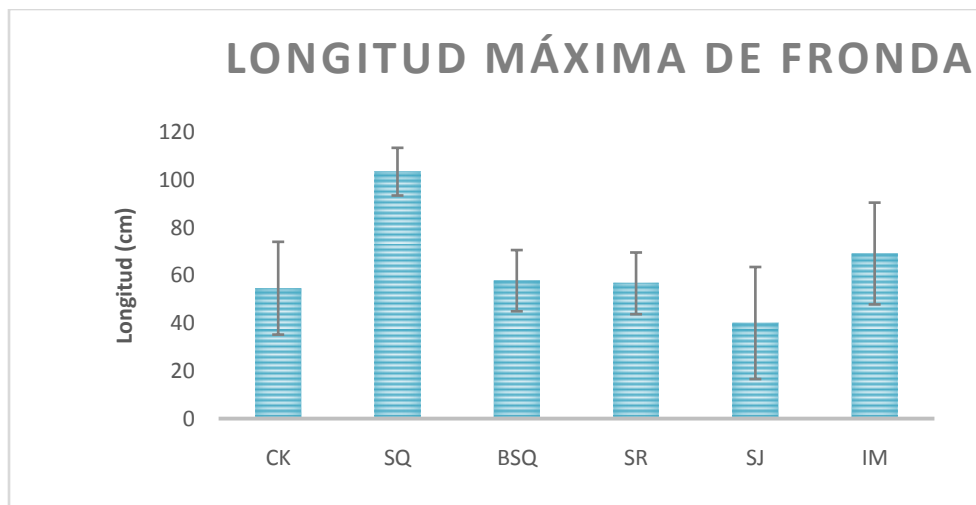


Figura 11. Gráfico de los promedios y ds de la longitud máxima de Fronda para cada uno de los sitios muestreados donde CK: Campo Kennedy, SQ:San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosaliita, SJ:San Juanico e IM: Isla Magdalena

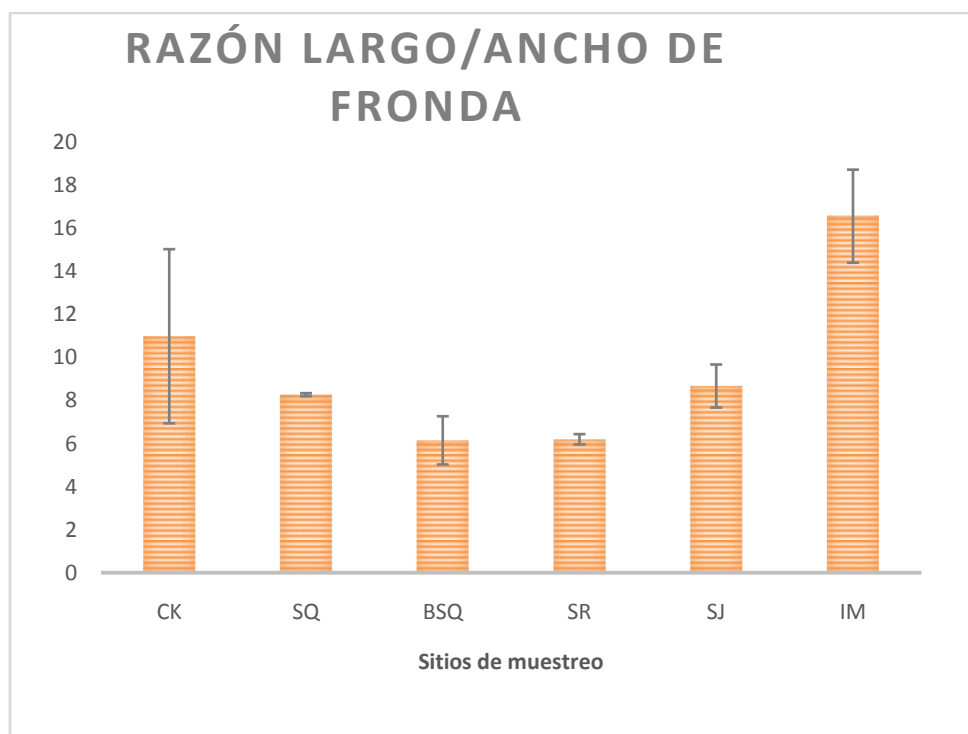


Figura 12. Gráfico de los promedios y ds de la razón Largo/Ancho de Fronda para cada uno de los sitios muestreados donde CK: Campo Kennedy, SQ:San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosaliita, SJ:San Juanico e IM: Isla Magdalena

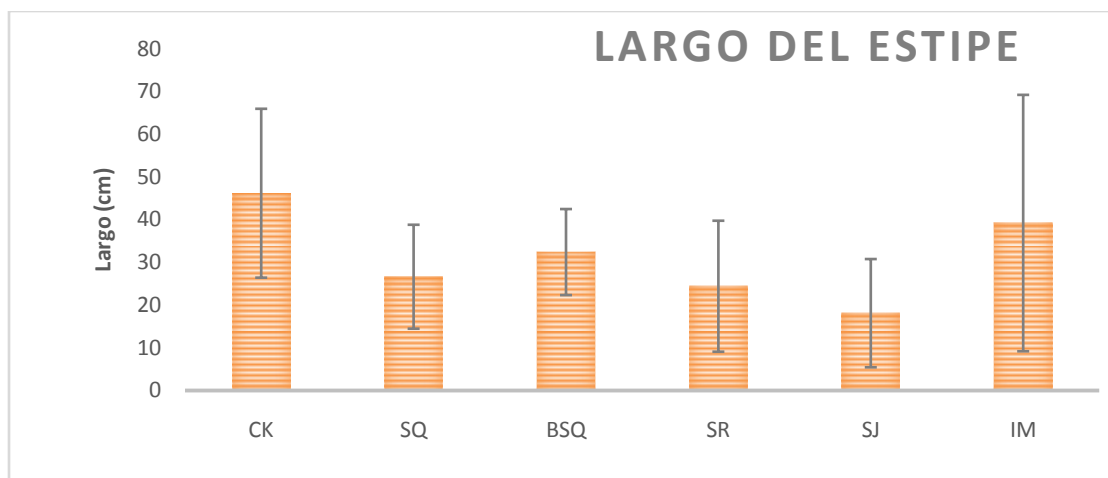


Figura 13. Gráfico de los promedios y ds del Largo del estipe para cada uno de los sitios muestreados donde CK: Campo Kennedy, SQ:San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosaliita, SJ:San Juanico e IM: Isla Magdalena

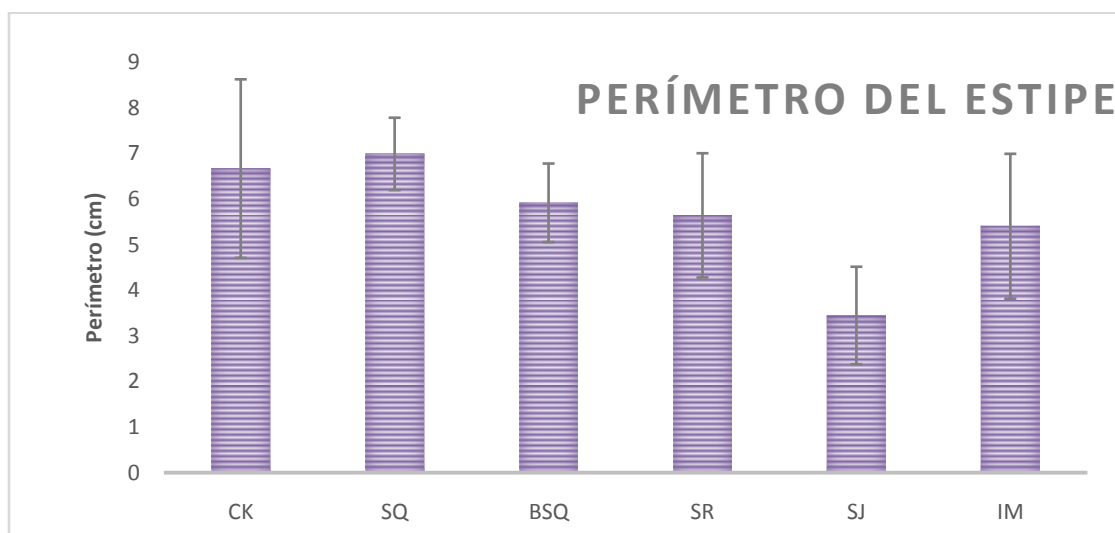


Figura 14. Gráfico de los promedios y ds del Perímetro del estipe para cada uno de los sitios muestreados donde CK: Campo Kennedy, SQ:San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosaliita, SJ:San Juanico e IM: Isla Magdalena

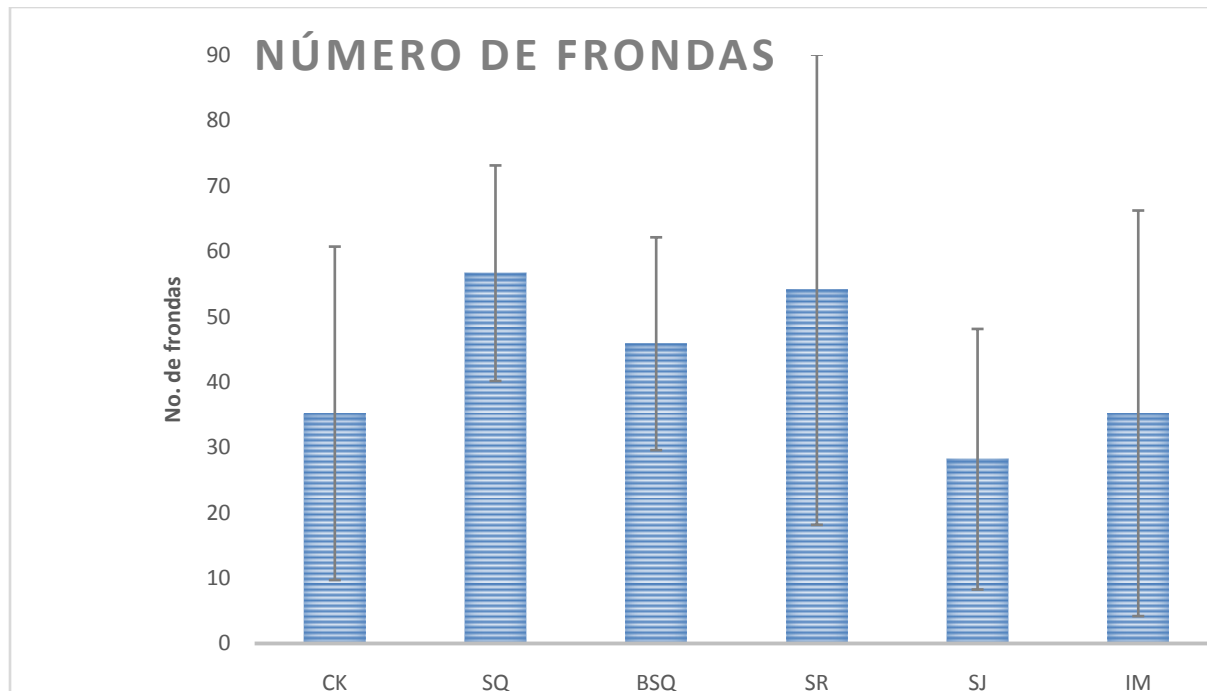


Figura15. Gráfico de los promedios y ds del número de frondas para cada uno de los sitios muestreados donde CK: Campo Kennedy, SQ:San Quintín, BSQ: Bahía San Quintín, SR: Santa Rosalita, SJ:San Juanico e IM: Isla Magdalena

LITERATURA CITADA

- Abbott I.A. y Hollenberg G.J. 1976. Marine Algae of California. Stanford University Press, U.S.A. 827 p.
- Aguilar-Rosas R., Lopes-Carrillo M. y Aguilar-Rosas L.E. 2005. Macroalgas marinas de la Bahía de San Quintín, Baja California, México. Polibotanica:19-38.
- Callejas-Jiménez, M. E. 2007. Caracterización de *Eisenia arborea* (Laminariales, Phaeophyta) en tres diferentes sustratos dentro de Bahía San Quintín, Baja California, México. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, México. 137 p.
- Denny M. y Gaylord B. 2002. The mechanics of wave-swept algae. J. Exp. Biol. 205:1355-1362.
- Denny M. y Roberson L. 2002. Blade Motion and Nutrient Flux to the Kelp, *Eisenia arborea*. Biol. Bull. 203:1-13
- Druehl Louis D..(1970) The pattern of Laminariales distribution in the northeast Pacific. Phycologia: Vol. 9, No. 3 and 4, pp. 237-247
- Druehl Louis D., Julie D. Collins, Christopher E. Lane, Gary W. Saunders. (2005).An evaluation of methods used to assess intergeneric hybridization in kelp using pacific laminariales (phaeophyceae). Journal ofPhycologyVolume 41, Issue 2, pages 250–262.
- Gaylord B. y Denny M.W.. 1997. Flow and flexibility 1. Effects of size, shape and stiffness in determining wave forces on the stipitate kelps *Eisenia arborea* and *Pteryophora californica*. J. Exp. Biol. 200:3141-3164.
- Goudet J (2001) FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices. Institut d'Ecologie, Bâtiment de Biologie Université de Lausanne, Switzerland
- Guiry M.D. y Guiry G.M. 2007. AlgaeBase version 4.2. In:World-wide electronic publication, p. <http://www.algaebase.org>, National University of Ireland, Galway.

- Hollenberg G. J..(1939) Culture Studies of Marine Algae. I. *Eisenia arborea* American Journal of Botany Vol. 26, No. 1, pp. 34-41
- Hwan Su Yoon, Ju Yeon Lee, Sung Min Boo,,1 and Debashish Bhattacharya. (2001). Phylogeny of Alariaceae, Laminariaceae, and Lessoniaceae (Phaeophyceae) Based on Plastid-Encoded RuBisCo Spacer and Nuclear-Encoded ITS Sequence Comparisons. Molecular Phylogenetics and Evolution Vol. 21, No. 2, November, pp. 231–243.
- Muñiz-Salazar R, Talbot SL, Sage GK, Ward DH, Cabello-Pasini A (2005) Population genetic structure of annual and perennial populations of *Zostera marina* L. along the Pacific coast of Baja California and the Gulf of California. Molecular Ecology 14: 711-722
- Raymond M, Rousset F (1995) GENEPOP (v 1.2): Population genetics software for exact test and ecumenecism. Journal of Heredity 86: 248-249
- Rice WR (1989) Analyzing tables of statistical tests. Evolution 43: 223-225
- Roberson L.M. y Coyer J.A.2004. Variation in blade morphology of the kelp *Eisenia arborea*: incipient speciation due to local water motion? Mar. Ecol. Prog. Ser. 282:115-128.
- Schults C.T. y Herbts C.C.1938. The life history of *Eisenia arborea*. Amer. J. Bot. 25:494-498.
- Schiel D.R. y M.S. F. 2006. The population biology of large brown seaweeds: ecological consequences of multiphase life histories in dynamic coastal environments. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 37:343-372.
- Tomoko Itou • Manami Kanno • Yoshihisa Suyama , Azusa Kamiyama, Shingo X. Sakamoto, Akihiro Kijima Kazuo Inaba Masakazu N. Aoki. (2012) Development of 12 polymorphic microsatellite DNA markers for the kelp *Ecklonia cava* (Phaeophyceae, Laminariales). Conservation Genet Resour (2012) 4:459–461.