



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS**



**ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA COMUNIDAD ESTUARINA DE
ANNELIDA: (POLYCHAETA) Y SUS GRUPOS FUNCIONALES DE LA
REGIÓN SUR DE CALIFORNIA (SOCAL)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

PRESENTA

RUIZ MEJÍA SEBASTIÁN

Ensenada, B. C.

Abril de 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS,
CAMPUS ENSENADA.



**“Análisis espacio temporal de la comunidad
estuarina de Annelida: (Polychaeta) y sus grupos funcionales de la Región Sur de
California (SoCal)”**

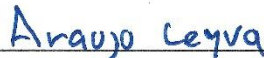
TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIOLOGO

PRESENTA

Sebastián Ruiz Mejía
361291

A quien el Comité de Tesis autoriza el trabajo terminal y de acuerdo con el
Art. 19 del R.G.E.P.E.P, emite los siguientes votos aprobatorios mediante rubrica:



Dr. Osmar Roberto Araujo
Leyva
DIRECTOR



Dr. Julio Lorda Solórzano
CODIRECTOR


Dra. Dalia Marcela Muñoz
Pizza
SINODAL

“Por la Realización Plena del Ser”

RESUMEN

Resumen de la tesis de Sebastián Ruiz Mejía presentada como requisito parcial para la obtención de la Licenciatura en Biología. Ensenada, Baja California, México. Marzo de 2025.

Análisis espacio temporal de la comunidad estuarina de Annelida: (Polychaeta) y sus grupos funcionales de la Región Sur de California (SoCal). Proyecto de Tesis del Sr. Ruiz Mejía Sebastián como requisito parcial para obtener el Título Profesional de Biólogo.

Resumen aprobado:

Los ambientes estuarinos son importantes porque proveen servicios ecosistémicos de alto valor en los ecosistemas, no obstante, son poco estudiados y en su mayoría afectados por impactos antropogénicos. Por esta razón, este estudio evaluó la calidad del ambiente y el estado de conservación de cinco estuarios del Sur de California (SoCal) durante primavera y otoño de 2021. Para ello, se tomaron muestras de sedimento en los estratos intermareal y submareal con el objetivo de analizar la comunidad de poliquetos y sus gremios alimentarios, además de las variables ambientales de Amoníaco, Fosfato, Nitrito, Nitrito+Nitrato y Urea. Como resultado, se observó que Batiquitos Lagoon y Newport Bay presentaron la mayor abundancia, diversidad ($H' = 1.631; 3.666$) y riqueza de especies ($S = 17; 28$), destacando a *Capitella capitata Complex*, *Polydora nuchalis* y *Exogone lourei* como las más representativas. Además de que dichas especies fueron las que dominaron en los otros estuarios (Goleta Slough, Ventura River y Malibu Lagoon), así como en escala temporal, donde el otoño presentó la mayor diversidad ($H' 3.905$) y riqueza de especies (32). En ambas escalas, los gremios de depositívoros de subsuperficie y superficie fueron los dominantes, destacando a Newport Bay por presentar una mayor heterogeneidad de gremios (carnívoros, herbívoros y omnívoros). Por otro lado, no se encontró una relación significativa entre la comunidad de poliquetos y las variables ambientales ($ACC p=0.1217$). Sin embargo, la dominancia de *C. capitata Complex*, se asoció a altas concentraciones de materia orgánica, lo que sugiere que factores como las concentraciones de material orgánico, características específicas de cada sitio y eventos climáticos (precipitaciones), definieron la estructura comunitaria de poliquetos. No obstante, se recomienda que futuros estudios consideren variables representativas del sedimento, como tamaño de grano, concentración de carbono, disolución de oxígeno y salinidad, con el objetivo de ampliar la comprensión a los cambios climáticos y estocásticos.

Palabras claves: Estuario, Poliquetos, Ecología de Comunidades, Gremios Tróficos, Monitoreo


Dr. Osmar Roberto Araujo Leyva

RESUMEN TRADUCIDO AL IDIOMA INGLÉS (ABSTRACT)

Estuaries provide essential ecosystem services but face continuous anthropogenic stress. We studied the environmental quality level of five Southern California (SoCal) estuaries during the spring and fall of 2021. To evaluate this, we analyzed the benthic polychaetes community in sediment samples (intertidal and subtidal) and measured nutrient concentrations (Ammonia, Phosphate, Nitrite, Nitrite + Nitrate, and Urea). Our results show that on a spatial scale, Batiquitos Lagoon and Newport Bay had the highest polychaete abundance, diversity ($H' = 1.631, 3.666$), and richness ($S = 17, 28$), with *Capitella capitata* Complex, *Polydora nuchalis*, and *Exogone lourei* as dominant species. These species also exhibited temporal variation in the other estuaries (Goleta Slough, Ventura River, and Malibu Lagoon). Diversity ($H' = 3.905$) and richness peaked in the fall ($S = 32$). The feeding guilds of subsurface and surface deposit feeders were dominant. Nevertheless, Newport Bay guilds were more heterogeneous, harboring carnivores, herbivores, and omnivores. Despite variations in abundance and feeding guilds, we did not find a statistically significant relationship between the community of polychaetes and nutrients (CCA $p=0.1217$). Future studies should consider sediment variables such as grain size, carbon content, dissolved oxygen, and salinity to assess climatic and stochastic changes.

Key words: Estuary, Polychaetes, Community Ecology, Feeding Guilds, Monitoring, Monitoring

AGRADECIMIENTOS

Extiendo mi gratitud al Dr. Osmar Roberto Araujo Leyva por su papel como director de la tesis, así como sus enseñanzas en la identificación a nivel de especie de poliquetos y recomendaciones al momento de realizar y discutir los resultados de la tesis. En relación con esto, también agradezco al CONAHCYT porque este proyecto es derivado de las Estancias Postdoctorales de Investigadores por México del director de la tesis. Gracias al Dr. Julio Lorda Solórzano por su tiempo como codirector/secretario y soporte financiero; MExCal (Manejo de Ecosistemas por las Californias) por brindar las instalaciones del laboratorio. Adicionalmente, agradezco a la Dra. Dalia Marcela Muñoz Pizza por su disponibilidad como sinodal y sus sugerencias en análisis de la tesis. Estoy profundamente agradecido con el Southern California Coastal Water Research Project (SCCWRP) y The California Estuarine Marine Protected Area (EMPA) por dar el permiso de utilizar las muestras y datos para este trabajo de investigación. Se agradece a la Dra. Christine Withcraft y Dra. Jan Walker por supervisar la recolección de las muestras y al equipo de la “La Cueva” (Marco Moriel, Alejandro González-Rojas, Lucía Tonalli Durazo Sandoval y Ricardo García) del laboratorio de MExCal por ayudar en el análisis de las muestras a grandes grupos.

Además, también me gustaría agradecer a Jorge Rivera-Herrans por estrenar el álbum conceptual basado en La Odisea conocido como EPIC, y a Karen Soto Peralta por introducirme este álbum en la fiesta de cumpleaños de Israel Llamas Hernández (fan número uno de focas de Ensenada) y a su mejor amigo Ángel Williams Amador Moreno, por darme la motivación final para terminar de pulir y redactar este manuscrito. Otras personas que prestaron su valioso tiempo y compañía a lo largo del

proyecto fueron mis amigos y compañeros Kevin Ricardo González-Rodríguez, Andrea Fernanda Aguilar De La Vega, Andrea Renee Rojas-Drew y Gema Jaqueline Osorio Rojas. Por último, agradezco a mi familia, en especial a Epifanía Mejía Vélez (madre) por su apoyo económico y paciencia en todo el proceso del trabajo de investigación.

ÍNDICE DEL TRABAJO

a) Contenido

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
2. 1 Marco teórico.....	2
2.1.1 <i>Importancia de los poliquetos y organismos de la meiofauna</i>	<i>2</i>
2.1.2 <i>¿Qué es un estuario?</i>	<i>4</i>
2.1.3 <i>Gremios tróficos o grupos funcionales.....</i>	<i>5</i>
2.1.4 <i>¿Qué es un poliqueto?</i>	<i>6</i>
2.1.5 <i>Uso de poliquetos en ecología.....</i>	<i>9</i>
2.2 Estado del estudio de la meiofauna en la región sur de la cuenca de california.....	11
2.3 Estudios previos de gremios alimenticios y categorías tróficas en poliquetos	15
III. HIPÓTESIS	16
IV. OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo general.....	16
4.2 Objetivos específicos.....	16
V. AREA GEORÁFICA DE ESTUDIOS	16
VI. METODOLOGÍA:	22
5. 1 Recolecta de la muestra.....	22
5.2 Tratamiento de la muestra	23
5.3 Análisis estadística y descripción de los datos.....	24
5.4 Análisis de datos	25

5.4.1	<i>Análisis de los nutrientes</i>	25
5.4.2	<i>Análisis multivariados de los nutrientes</i>	25
5.4.3	<i>Análisis de diversidad y abundancia de la comunidad de poliquetos meiofaunales</i>	26
5.4.4	<i>Análisis de grupos funcionales en poliquetos</i>	28
5.4.5	<i>Análisis multivariados de comunidades de poliquetos</i>	28
5.4.6	<i>Análisis de la relación de las comunidades de poliquetos con tipo de nutriente</i>	29
VI.	RESULTADOS	29
6.1	<i>Análisis de los nutrientes</i>	29
6.1.1	<i>Análisis multivariado</i>	35
6.2	<i>Análisis de diversidad y abundancia de la comunidad de poliquetos meifaunales</i>	37
6.2.1	<i>Abundancia de poliquetos meifaunales</i>	37
6.2.2	<i>Abundancia relativa de poliquetos meifaunales</i>	39
6.2.3	<i>Diversidad de la comunidad de poliquetos meifaunales</i>	44
6.3	<i>Análisis de grupos funcionales en poliquetos</i>	46
6.4	<i>Análisis multivariados de comunidades de poliquetos</i>	50
6.4.1	<i>Distribución espacio-temporal de poliquetos (MDS) - Ensamblaje de poliquetos (SIMPER)</i>	50
6.4.2	<i>Análisis de varianza permutacional PERMANOVA</i>	56
6.5	<i>Análisis de la relación de las comunidades de poliquetos con nutrientes</i>	58
VII.	DISCUSIÓN	62
7.1	<i>Resumen</i>	62

7.2 Cambios espacio-temporales de la comunidad de poliquetos	63
7.3 Diversidad de Gremios alimenticios	69
VIII. CONCLUSIONES	71
IX. LITERATURA CITADA	73
X. APÉNDICE	101
10. 1 Apartado de Figuras	101
10.1.1. Variables de nutrientes	101
10.1.2 Abundancias:	101
10.1.3 Riqueza específica:	104
10.1.4 Gremios alimenticios	108
10. 2 Apartado de Tablas/Cuadros	116
10.2.1 Listado de especies	116
10.2.2 Índices de diversidad	119
10.2.3 PERMANOVA	121

b) Figuras

Figura 1. Las dos clasificaciones de morfologías de poliquetos: homómeros y heterómeros. Diagramas obtenidos de Pechenik (2015). 7

Figura 2. Diagramas de la morfología general de un poliqueto y diferentes tipos de quetas. Donde **(A)** Morfología general de poliqueto. **(B)** Corte transversal de un segmento de poliqueto. **(C-H)** Quetas simples. **(I-M)** Queta compuestas. **(N-Q)** Setas tipo uncino. (Pr: Prostomio Pe: Peristomio, Pa: Palpo, An: Antena, CT: cirro tentacular y CA: Cirro anal). Diagramas obtenidos de Harris et al. (2021). 8

Figura 3. Ilustración representativa de la riqueza de poliquetos del planeta y México. Autoría propia.	9
Figura 4. Mapa de los sitios de recolección de las muestras en el Sur de California (SoCal). Se destacan los estuarios en las localidades de (A) Goleta Slough, (B) Ventura River, (C) Malibu Lagoon, (D) Newport Bay y (E) Batiquitos Lagoon.....	22
Figura 5. Metodología implementada para este estudio. (A) muestra la recolección de las muestras en campo, (B) y (C) muestra procedimientos en laboratorio.	23
Figura 6. Gráfica de cajas y bigotes de las concentraciones (mgL ⁻¹) de cinco nutrientes entre diferentes estratos de los estuarios del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. La línea a la mitad de la caja es la mediana y el ♦ representa la media. Los nutrientes son Urea, Nitrito, Fosfato, Nitrito + Nitrato y Amoníaco. Las únicas diferencias significativas encontradas fueron en BAT ($p \leq 0.005$) entre Amoniaco y Nitrito+Nitrato ($p \leq 0.005$); VEN ($p \leq 0.005$) entre Fosfato y Nitrito+Nitrato ($p \leq 0.005$) y Otoño ($p \leq 0.005$), pero no se encontraron con la prueba post-hoc. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.....	33
Figura 7. Gráfica de Análisis de Componentes Principales (ACP) basado en una matriz de Distancias Euclidianas de los puntos de muestreo considerando cinco nutrientes de los estuarios del Sur de California durante las estaciones del año 2021. Los nutrientes son Urea, Nitrito, Fosfato, Nitrito + Nitrato y Amoníaco.	37
Figura 8. Gráfico de caja y bigotes de las especies de poliquetos estuarinos (no. indi.785.4cm ⁻³) del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. La línea a la mitad de la caja es la mediana y el ♦ representa la media. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.....	38

Figura 9. Diagrama aluvial de las especies de poliquetos estuarinos (no. indi.785.4cm – 3) del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.....	39
Figura 10. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. Los gremios son C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Los sitios son NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.....	48
Figura 11. Abundancia relativa (%) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. Los gremios son C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Los sitios son NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.....	49
Figura 12. Gráfica del análisis de agrupamiento de tipo Escalamiento multidimensional no métrico en tres dimensiones (NMDS) con base al valor de similitud de Bray-Curtis de la abundancia de especies estuarios del Sur de California (SoCal) de poliquetos durante las temporadas del año 2021 sumando estratos en cada sitio y temporada del año. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.	50
Figura 13. Gráfica del análisis de agrupamiento de tipo Escalamiento multidimensional no métrico en tres dimensiones (NMDS) con base al valor de	

similitud de Bray-Curtis de la abundancia de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California en el año 2021 considerando estrato del intermareal como réplicas. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

..... 51

Figura 14. Gráfica de Análisis de Correlación Canónica (ACC) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) considerando cinco nutrientes durante las temporadas del año 2021. Los nutrientes son Urea, Nitrito, Fosfato, Nitrito + Nitrato y Amoníaco. Las correlaciones tuvieron un valor de $X1.8492=5$, $p=0.1217$ considerando 9999 permutaciones en un modelo reducido. 61

Figura 15. Gráfica de Análisis de Correlación Canónica (ACC) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) considerando cinco nutrientes durante las temporadas del año 2021. Los nutrientes son Urea, Nitrito, Fosfato, Nitrito + Nitrato y Amoníaco. Las correlaciones tuvieron un valor de $X1.8492=5$, $p=0.1217$ considerando 9999 permutaciones en un modelo reducido. No todas las especies están representadas, los valores de las especies restantes se encuentran en la **Tabla 17**... 62

b.1) Figuras de apéndices

Figura ap. 1. Gráfica de cajas y bigotes de las concentraciones (mgL^{-1}) de cinco nutrientes entre diferentes estratos de los estuarios del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. La línea a la mitad de la caja es la mediana y el \blacklozenge representa la media. Los nutrientes son Urea, Nitrito, Fosfato, Nitrito + Nitrato y Amoníaco. Las únicas diferencias significativas encontradas fueron en BAT ($p \leq 0.005$) entre Amoniaco y Nitrito+Nitrato ($p \leq 0.005$); VEN ($p \leq 0.005$) entre Fosfato y Nitrito+Nitrato ($p \leq 0.005$) y Otoño ($p \leq 0.005$), pero no se encontraron con la prueba

post-hoc. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River..... 101

Figura ap. 2. Gráfico de cajas y bigotes de especies de poliquetos (no. indi.785.4cm – 3) estuarinos del Sur de California (SoCal) entre diferentes estratos durante las temporadas del año 2021. La línea a la mitad de la caja es la mediana y el ♦ representa la media. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River..... 102

Figura ap. 3. Abundancia total (no. indi.785.4cm – 3) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River durante el año 2021..... 103

Figura ap. 4. Abundancia total (no. indi.785.4cm – 3) de especie de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. 103

Figura ap. 5. Abundancia total (no. indi.785.4cm – 3) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River. 104

Figura ap. 6. Riqueza total (S) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River..... 105

Figura ap. 7. Riqueza total (S) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River..... 106

Figura ap. 8. Riqueza total (S) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.	107
Figura ap. 9. Riqueza total (S) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) entre diferentes estratos durante las temporadas del año 2021. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.	108
Figura ap. 10. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de todos los poliquetos en el Sur de California (SoCal) durante el año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie.	109
Figura ap. 11. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie.	110
Figura ap. 12. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Batiquitos Lagoon durante las temporadas del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a BAT = Batiquitos Lagoon, # = Número de la estación, FL= Otoño, SP= Primavera, Il = Intermareal y Sl = Submareal.	111
Figura ap. 13. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Newport Bay durante las temporadas del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H	

= Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a NEW = Newport Bay, # = Número de la estación, FL= Otoño, SP= Primavera, Il = Intermareal y Sl = Submareal. 112

Figura ap. 14. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Malibu Lagoon durante la primavera del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a MAL = Malibu Lagoon, # = Número de la estación, SP= Primavera, Il = Intermareal y Sl = Submareal..... 113

Figura ap. 15. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Goleta Slough durante las temporadas del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a GOL = Goleta Slough, # = Número de la estación, FL= Otoño, SP= Primavera, Il = Intermareal y Sl = Submareal. 114

Figura ap. 16. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Ventura River durante la primavera del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a VEN = Ventura River, # = Número de la estación, SP= Primavera, Il = Intermareal y Sl = Submareal..... 115

c) Tablas

Tabla 1. Valores de los nutrientes de los estuarios del Sur de California (SoCal) en el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.	30
Tabla 2. Valores de los nutrientes del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021.	31
Tabla 3. Valores de los nutrientes de los estuarios del Sur de California (SoCal) durante la primavera del año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.	33
Tabla 4. Valores de los nutrientes de los estuarios del Sur de California (SoCal) durante otoño del año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.	34
Tabla 5. Resultados del análisis de componentes principales (PCA) para las cinco variables consideradas en este estudio.	36
Tabla 6. Abundancias relativas (%) especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River, * = Representan las especies menos comunes.	40
Tabla 7. Abundancias relativas (%) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021. * = Representan las especies menos comunes.	41
Tabla 8. Abundancias relativas (%) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) en cada estuario, BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River durante	

las temporadas de otoño y primavera del año 2021. * = Representan las especies menos comunes..... 43

Tabla 9. Índices de diversidad de Shannon-Weiner (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson ($\lambda : C'$) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) en el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River. 45

Tabla 10. Índices de diversidad de Shannon-Weiner (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson ($\lambda : C'$) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021. 46

Tabla 11. Índices de diversidad de Shannon-Weiner (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson ($\lambda : C'$) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River. 46

Tabla 12. Resultados de análisis SIMPER de dos vías entre sitios y temporadas del año de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) en el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River. Undefined!/NA: Corresponde a los valores que lograron ser computados. 52

Tabla 13. Resultados de análisis de varianza permutacional (PERMANOVA) utilizando 9999 permutaciones. Si = Estuario y Se = Temporada del Año. El * representa valores de p menores a 0.05 (< 0.001). Tipo II y modelo raw data:..... 57

Tabla 14. Resultados de prueba Pair-Wise de los estuarios. El * representa valores de p menores a 0.005. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River. Tipo III y modelo full:.....	57
Tabla 15. Resultados de prueba Pair-Wise de las estaciones del año. El * representa valores de p menores a 0.05. Tipo III y modelo raw:	58
Tabla 16. Resultados de análisis de correspondencia canónica (ACC) para las cinco variables consideradas en este estudio. Los valores de correlación corresponden a R ²	58
Tabla 17. Resultados de análisis de correspondencia canónica (ACC) de las especies de poliquetos y las cinco variables consideradas en este estudio. Los valores de correlación corresponden a R ²	59

c.1 Tablas de apéndices

Tabla ap. 1. Listado de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.....	116
Tabla ap. 2. Listado de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021.....	117
Tabla ap. 3. Listado de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) en cada estuario, BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River durante las temporadas de otoño y primavera del año 2021.....	118
Tabla ap. 4. Índices de diversidad de Shannon-Weiner (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson ($\lambda : C'$) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de	

California (SoCal) en cada estuario y su estrato, BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River, INT: Intermareal, SUB: Submareal, #: número de estaciones durante otoño y primavera del año 2021..... 119

Tabla ap. 5. Resultados de análisis de varianza permutacional (PERMANOVA) utilizando 9999 permutaciones entre Si = Estuario, Se = Temporada del Año y Sa = Estrato. El * representa valores de p menores a 0.05 (< 0.001). Tipo II y modelo reduced: 121

Tabla ap. 6. Resultados de análisis de varianza permutacional (PERMANOVA) utilizando 9999 permutaciones. Si = Estuario, Se = Temporada del Año y Sa = Estrato. El * representa valores de p menores a 0.05 (< 0.001). Tipo II y modelo raw data: 121

I. INTRODUCCIÓN

Los estuarios son unos de los ambientes marino-costeros más importantes que además de brindar servicios ecosistémicos como el secuestro de carbono, son refugio de especies de larvas de peces, evitan la erosión de la línea de costa (Barbier et al. 2011) y son un área para que aves migratorias recuperen energía mediante el consumo de organismos principalmente invertebrados (Hughes, 2004). En California, existen alrededor de 572 estuarios (Hughes et al. 2014), lamentablemente en la región del Sur de California, Southern California (SoCal), gran parte de estos ambientes se encuentran con un grado de perturbación elevada (Gillett et al. 2022) esto principalmente al aumento de las zonas urbanizadas y de algunas actividades como; cultivos agrícolas o infraestructuras vehiculares (Mudie et al. 1976).

Dentro de los ambientes costeros los estuarios representan una oportunidad única de estudiar el impacto antropogénico mediante el estudio de la ecología de grupos clave como la meiofauna (Gheller et al. 2022), grupo constituido principalmente de invertebrados bentónicos (Hulings et al. 1971; Coull, 1999). Dentro de la meiofauna, unos de los grupos mejor representados son los poliquetos pertenecientes al phylum Annelida o comúnmente llamados “gusanos anillados”. Estos juegan un papel fundamental en la dinámica de la zona bentónica, participando en procesos tróficos y de bioturbación del sedimento (Hutchings, 1998). Debido a estas funciones en el ecosistema, los poliquetos han sido utilizados como bioindicadores de calidad del ambiente y existen especies claves ampliamente conocidas como *Capitella capitata* y *Streblospio benedicti*, las cuales son útiles para indicar el nivel de conservación o impacto de los ecosistemas marino-costeros (Pocklington et al, 1992; Pearson et al. 1978).

Otra herramienta para analizar los ambientes perturbados, es por medio de la proporción de gremios tróficos o alimenticios en las poblaciones de poliquetos (Alvarez-Aguilar, 2017). El gremio alimenticio se refiere a la posición que tiene en la cadena alimentaria considerando su tipo de alimentación y el modo de obtención del alimento (Fauchald et al. 1979). La dinámica que existe entre los grupos tróficos suele ser un reflejo de la estructura de las comunidades costeras (Metcalf et al. 2008).

Debido al desconocimiento de la fauna estuarina y su función como herramientas de la salud de los ecosistemas, el presente estudio buscó responder qué factores están definiendo la estructura de la comunidad de poliquetos y sus gremios alimenticios de cinco lagunas costeras de la región sur de California (SoCal). Para responder lo anterior, se identificaron los poliquetos a nivel especie y sus gremios alimenticios. Asimismo, se realizó la descripción de la estructura de la comunidad de poliquetos mediante los principales parámetros ecológicos: la abundancia y riqueza de especies de poliquetos, además de los principales índices de diversidad y su relación con los nutrientes: Amoníaco (NH_3), Fosfato (PO_4^{3-}), Nitrito (NO_2^-), Nitrito+Nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) y Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), además se determinó si existen diferencias significativas en la estructura de poliquetos en escala espacial.

II. ANTECEDENTES

2.1 Marco teórico

2.1.1 Importancia de los poliquetos y organismos de la meiofauna

La meiofauna es un grupo artificial que considera a todos los metazoarios entre los rangos de 0.05 mm a 0.1 mm. Estos organismos se encuentran principalmente en ambientes dentro de los sedimentos y son controlados por los factores físicos de

tamaño de grano, temperatura y salinidad (Hulings et al. 1971; Kim et al. 2020; Peterson et al. 2010; Zeppilli et al. 2015). La meiofauna se puede dividir en dos grupos, el primero de ellos por la capacidad que presentan los organismos para resistir daño mecánico, fauna “dura” y “suave”. Dentro de la fauna “dura” se consideran organismos con una concha, cutícula o poca capacidad de contraer su cuerpo, como los nematodos, ostrácodos, copépodos y priapúlidos, mientras que la fauna “suave” se consideran organismos con la capacidad de cambiar la forma de su cuerpo, como cnidarios, nemertinos, poliquetos, oligoquetos, moluscos y equinodermos (Hulings et al. 1971; Coull, 1999). Otra de las clasificaciones que se implementaron para la meiofauna es considerar a los filos de poliquetos, crustáceos y moluscos como los principales, mientras que los metazoarios restantes se agrupan en misceláneos (Lewis et al. 1983; Klumpp et al. 2005; Moradi et al. 2018).

La meiofauna en los ecosistemas bentónicos tiene impactos en procesos de sedimentación, tróficos y ecológicos, como la estabilidad del sedimento, ciclo de nutrientes, en la descomposición y eliminación de residuos y en la dinámica de la red trófica. Los efectos son consecuencia de la bioturbación por la formación de complejos de tubos, consumo o incitación de bacterias que participan en el ciclo de nutrientes y regulan la mineralización o degradación de contaminantes (Schratzberger et al. 2018).

Con respecto a la importancia de la meiofauna en la cadena trófica, estas aportan el 15% de la energía del sistema, aunque si consideramos la biomasa, el aporte es de solo 0.2 a 2.0 gr/m² de peso húmedo (Gerlach, 1971). El porcentaje de energía al sistema de la meiofauna se puede deber a que se encuentran en varios niveles de la cadena alimentaria, como consumidores primarios de bacterias (Montagna, 1984) o al ser depredados por peces juveniles y adultos (Coull, 1990) y aves (Gaston, 1992).

En los estuarios, los roles ecológicos que cumple la meiofauna son similares a los descritos de los ecosistemas bentónicos, como ser fuente de alimentos para otros organismos y facilitar la biomineralización. Se resalta su importancia en la regeneración de nutrientes y tener una alta sensibilidad a impactos antropogénicos (Coull, 1999). El efecto antropogénico se debe principalmente a que los estuarios, suelen acumular sedimento lodoso, estos a su vez acumulan residuos como; metales traza, pesticidas y materia orgánica (Chandler et al. 1994). Uno de los grupos de la meiofauna que se utiliza para observar los impactos antropogénicos son los poliquetos (Díaz-Castañeda et al. 2009; Kim et al. 2020). Los cambios antropogénicos que son posible de determinar son las altas concentraciones de metales traza debido a su bioacumulación (Waring et al. 2006; Frangipane et al. 2005; Otero et al. 2000), y la alta y baja toleran a estos metales (Neira et al. 2014; Reish et al. 1997); derrames de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) por su baja tolerancia (Nipper et al. 2003) y concentraciones altas de materia orgánica (Pearson et al. 1978) por la afinidad de especies determinadas, como *Capitella capitata* y *Streblospio benedicti*, a este tipo de ambientes (Pocklington et al. 1992; Guerra-García et al. 2004; Sigamani et al. 2019).

2.1.2 ¿Qué es un estuario?

Un estuario se define como un ecosistema costero de transición entre el medio terrestre y acuático, está caracterizado por la mezcla de agua continental con agua marina y por presentar la formación de un sistema de canales (Molles, 2016), funcionan como barreras geográficas que disipan el impacto de las olas (BA et al. 2001). Una de las fuentes de aguas continentales son las vertientes de los ríos (Tarbuck et al. 2005), los cuales pueden proveer de sedimentos arcillosos, limosos y arenosos, pero de forma

general, una mayor aportación de sedimentos finos (Bartholdy, 2012). El grado de consolidación de estos sedimentos será determinado por condiciones abióticas y bióticas, como las condiciones hidrodinámicas, tormentas, elevación y producción de biomasa generada por la vegetación (Silva et al. 2009). Además, los estuarios al ser ambientes marinos costeros a menudo son afectados por el nivel de la marea, por lo que el hidropereodo es importante para procesos de sedimentación alóctonos y tolerancia de la vegetación (Friedrichs et al. 2001).

En los estuarios uno de los factores físicos importantes, a causa de la mezcla de agua continental con marinas, es la salinidad, la cual tendrá un efecto en el tipo de adaptaciones de los organismos que se establezcan en los estuarios (Kinne, 1966). Asimismo, otro de los factores físicos que influyen en la presencia de la fauna y flora es el tipo de sedimento, las partículas finas tienen la capacidad de retener mayor cantidad de agua al momento de bajar la marea, por lo que permite el establecimiento de organismos filtradores o depositadores de superficie (Raffaelli et al. 1999). Además, otro de los factores que afecta la distribución de los sedimentos son las inundaciones por las tormentas (Stumpf, 1983).

2.1.3 Gremios tróficos o grupos funcionales

El primer uso del concepto de gremio fue realizado por Wilhelm-Schimper (1903) y Clements (1905). Una de las definiciones más utilizadas es el establecido por Root (1967), que no considera el nivel taxonómico y se define como “un grupo de especies que utilizan el mismo recurso de una forma similar”. De esta forma, una especie puede pertenecer a varios gremios. Los gremios se pueden estudiar en la ecología de tres formas: al considerar que los grupos de los gremios compiten entre sí; como

simplificaciones de las interacciones complejas en los ecosistemas o como unidades ecológicas naturales (Hawkins et al. 1989).

El concepto de gremio también es utilizado como sinónimo de grupos funcionales, pero la diferencia entre estos dos es compleja. De forma precisa, el gremio alimenticio solo incluye el tipo de recurso que utiliza la especie y no considera la forma de obtener el recurso (Simberloff et al. 1991). Otro de los conceptos relacionados es el de gremios tróficos, Yodzis (1982) lo considera como sinónimo de clique o camarilla dominante, concepto que se refiere a un grupo de especies que comparten una fuente de alimento y no es similar a otros grupos en el ecosistema.

Por otro lado, las categorías tróficas o niveles tróficos, se refiere a la posición en la cadena trófica con base a la cantidad de transferencia de energía, por esta razón se considera la fuente principal de alimentación u obtención de los recursos. Las categorías tróficas principales son productores primarios, consumidores primarios (herbívoros y detritívoros), consumidores secundarios (carnívoros) y consumidores terciarios (depredadores de carnívoros) (Molles, 2016).

2.1.4 ¿Qué es un poliqueto?

Los poliquetos al pertenecer al phylum Annelida, se caracterizan por tener un cuerpo vermiforme con segmentación metamérica, donde cada segmento presenta una septa que divide cada segmento y la cual puede portar uno o más pares de setas o quetas quitinosas (Pechenik, 2015). En su mayoría tienen hábitos marinos desde la zona intermareal hasta la abisal (Read et al. 2023), con pocos géneros dulceacuícolas (Vila et al. 2014). Los poliquetos se caracterizan por estar divididos en tres secciones: el acrón formado por el prostomio y peristomio (puede presentar ojos y apéndices como antenas, palpos y cirros); el tronco o metastomio y el pigidio. Las tres secciones se

representan en el diagrama **Fig. 1A**. Además, pueden presentar dos tipos de morfotipos: homómeros (**Fig. 1B**) y heterómeros (**Fig. 1A**), con la diferencia de que los heterómeros presentan una diferenciación distintiva entre las tres secciones y los parápodos (**Fig. 2A**), en contraste a los homómeros no tienen una diferenciación aparente, como se ilustra en la **Fig. 2B** (Harris et al. 2021; Rouse et al. 2022).

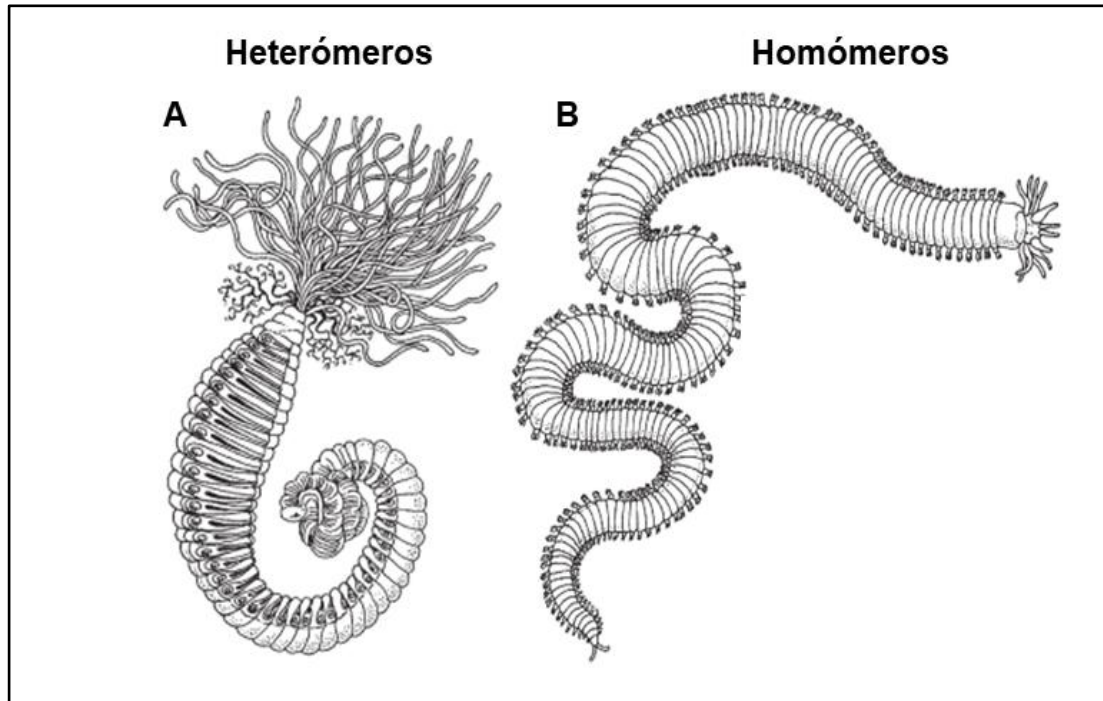


Figura 1. Las dos clasificaciones de morfologías de poliquetos: homómeros y heterómeros. Diagramas obtenidos de Pechenik (2015).

En particular, los poliquetos son multisegmentos con parapodios donde se encuentran las quetas (Fauchald, 1997). Las quetas pueden presentar diferentes morfologías de importancia taxonómica, pero de forma general se dividen en dos grandes grupos: compuestas y simples. Las simples se caracterizan por una forma cilíndrica sin una articulación entre dos secciones (ejemplos de estas setas en la Fig. 2 C-H), mientras que las compuestas presentan una articulación unida a un apéndice, como se observa en la **Fig. 2 I-M**. Otro tipo de queta, que no pertenece a las dos

categorías, son los uncinos, característicos de poliquetos de tubo y presentan diferentes formas, las cuales se representan en la **Fig. 2 N-Q** (Rouse et al. 2022; Harris et al. 2021).

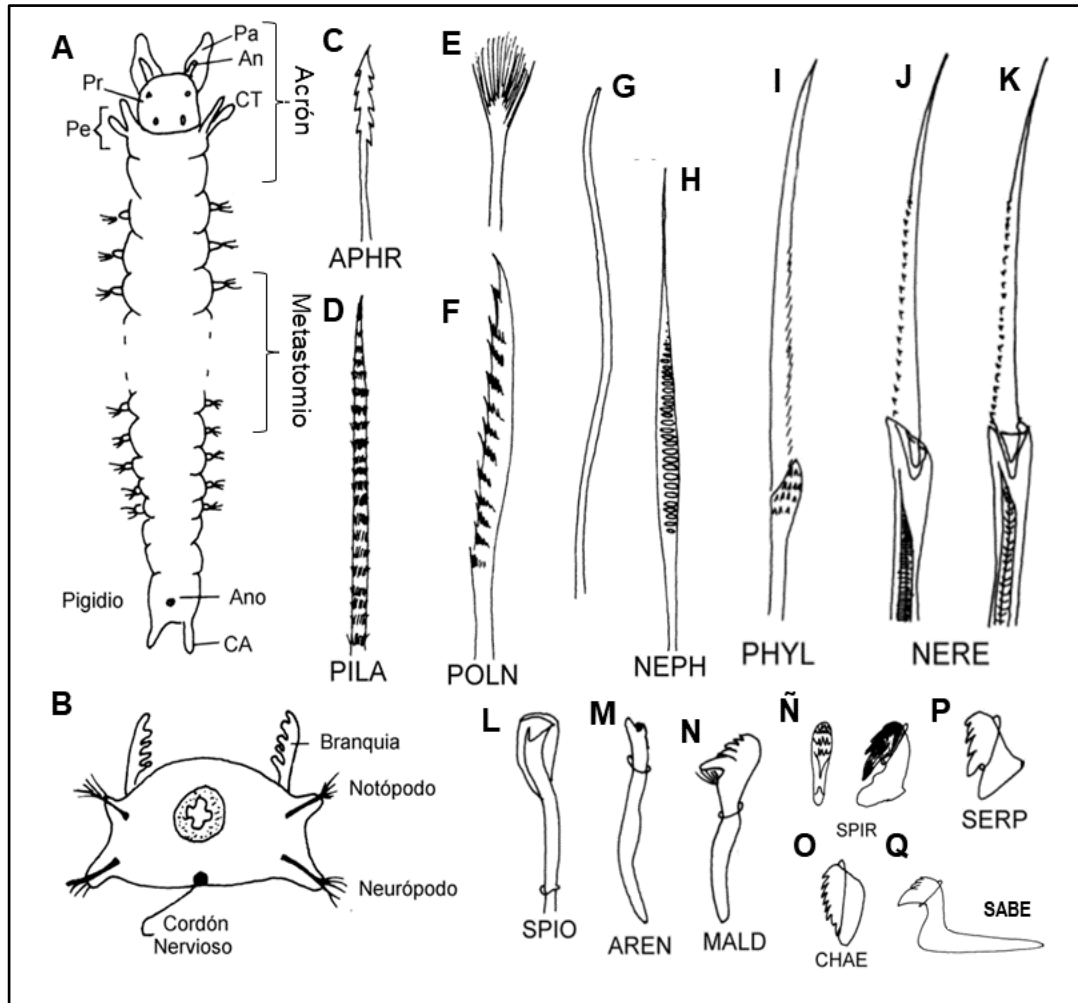


Figura 2. Diagramas de la morfología general de un poliqueto y diferentes tipos de quetas. Donde (A) Morfología general de poliqueto. (B) Corte transversal de un segmento de poliqueto. (C-H) Quetas simples. (I-M) Queta compuestas. (N-Q) Setas tipo uncino. (Pr: Prostomio Pe: Peristomio, Pa: Palpo, An: Antena, CT: cirro tentacular y CA: Cirro anal). Diagramas obtenidos de Harris et al. (2021).

Es uno de los grupos mejor representados dentro del phylum Annelida contando con 87 familias y alrededor de 15.000 especies descritas a lo largo del mundo

y de ellas 2000 han sido descritas en México (**Fig. 3**). A pesar de su enorme diversidad, la comprensión de este grupo aún es escasa por lo que se cree que hay por lo menos el triple o más especies que aún no han sido descritas. Aunado esta poca comprensión, hay aspectos como los grupos funcionales, familias y géneros con hábitos meifaunales y pelágicos que han sido poco estudiados (Harris et al. 2021).

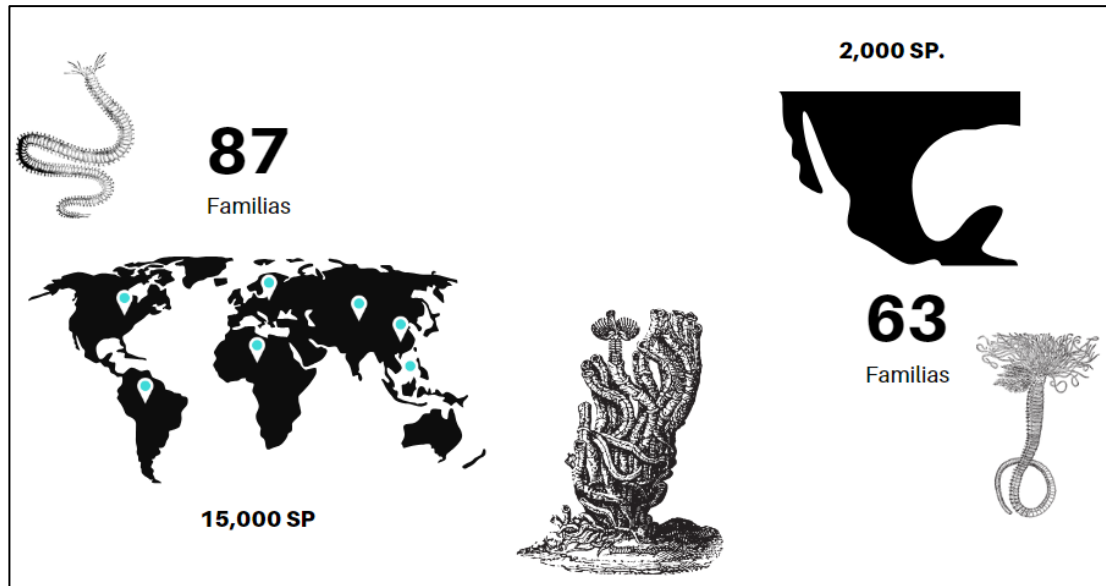


Figura 3. Ilustración representativa de la riqueza de poliquetos del planeta y México. Autoría propia.

2.1.5 Uso de poliquetos en ecología

Los estuarios son uno de los ecosistemas donde se acumulan contaminantes antropogénicos, como compuestos orgánicos persistentes (Scrimshaw et al. 1996), metales traza (como Ci, Cr, Pb, Zn, Cd y Hg; Millward et al. 2001) y micro plásticos (Ertel, 2018), la fauna y flora presente tiende a tener bioacumulación de residuos (Baudrimont et al. 2005; Redondo-Gómez, 2013), esto sucede especialmente en la meiofauna, lo cual tiene un efecto en niveles tróficos que utilizan a la meiofauna como fuente de alimento al compartir la bioacumulación del contaminante (Carman et al.

1997; He et al. 2022). La acumulación de los residuos en los estuarios se debe a la introducción de nutrientes por medio de sistemas fluviales como ríos, lluvias y de acuíferos. Sin considerar la participación de la fauna y bacterias en el proceso de los ciclos biogeoquímicos, como el de carbono, nitrógeno y sulfuro (Vernberg, 1993).

Los poliquetos son unos de los grupos más representativos dentro de la meiofauna, por ende, también participan en procesos de bioacumulación de metales traza, como lo han reportado Waring et al. (2006), Frangipane et al. (2005) y Otero et al. (2000), sin considerar que la presencia de especies de poliquetos se utilizan como bioindicadores de contaminación y para determinar el estado del ambiente béntico, por ejemplo, *Capitella capitata* y *Streblospio benedicti* (Pocklington et al. 1992). Ambas especies son utilizadas como indicadores de sedimentos con altas cantidades de materia orgánica (Guerra-García et al. 2004; Sigamani et al. 2019). En una recapitulación por Pearson et al. (1978) también destacan *C. capitata* y *S. benedicti* como especies que dominan zonas con altas cantidades de materia orgánica y contaminada, destacando la descarga de aguas residuales como una de las causas. Además, enlista 21 especies que son dominantes o codominantes en zonas con altas variables de contaminación o materia orgánica.

Adicional a su uso como bioindicadores, también participan en procesos ecológicos, principalmente en tres: (1) participar en distintas categorías tróficas por sus diferentes gremios alimenticios, (2) bioturbación al modificar el sedimento y (3) formación de estructuras para el establecimiento de organismos y participan en la productividad de las comunidades del bento (Hutchings, 1998).

2.2 Estado del estudio de la meiofauna en la región sur de la cuenca de California

En la región del sur de California (SoCal), uno de los programas de monitoreo que se encarga de estudiar la Ensenada o cuenca de SoCal es el Southern California Bight Project (SCBP) que se encarga de analizar el impacto ecológico por las actividades antropogénicas. El monitoreo inició con un programa piloto en 1994 (Bight'94; Schiff et al. 1998), donde se caracterizó la fauna bentónica de la plataforma continental y zonas limitadas del continente como ríos. El resultado principal fue una abundancia relativa del 50% de anélidos, con una dominancia de los poliquetos *Spiophanes missionensis*, *Lumbrineris spp.* y *Pectinaria californiensis* (Bergen et al. 1998).

Posteriormente, en 1998 se realizó el SCBP oficial (Bight'98) donde se reportó una abundancia de 62% de poliquetos, con la dominancia de las especies de *S. duplex* y *Prionospio jubata* considerando las 15 especies más abundantes (Ranasinghe et al. 2003). No fue hasta el monitoreo de 2003 (Bight'03) donde se incluyó como zonas estudiadas los estuarios (donde se incluyeron Batiquitos Lagoon, Newport Bay, Goleta Slough, Ventura y Malibu lagoon). En los estuarios se reportó una mayor abundancia relativa del 43% de poliquetos, con una dominancia principal de oligoquetos, *Grandidierella japonica*, *Capitella capitata Complex* y *Monocorophium insidiosum* (Mikel et al. 2007). Además, se concluyó considerando variables químicas y biológicas, que la mitad de los estuarios se encontraron perturbados y los estuarios cercanos a zonas urbanas tenían una probabilidad del 25% de estar perturbados en comparación con zonas menos urbanizadas (Ranasinghe et al. 2007).

Después en 2008 se realizó el monitoreo de Bight'08, donde en las cinco especies más abundantes en los estuarios concuerdan con tres especies de poliquetos con *Polydora nuchalis* (puestos 1), *Meiomastus spp.* (puesto 4) y *C. capitata Complex*

(puesto 5), pero los puestos restantes los tuvieron el anfípodo *G. japonica* (puesto 2) y los oligoquetos (puesto 3). Al considerar la condición del área de los estuarios, la mayoría de la región se clasificó como perturbada moderadamente (39.7%) y altamente (19.3%), pero aún hubo una proporción de área poco perturbada (Ranasinghe et al. 2012). A su vez, se destaca la eutrofización de los estuarios, lo que se ve reflejado en una condición ecológica moderada al considerar la abundancia de algas, biomasa de fitoplancton y oxígeno disuelto de los sitios (McLaughlin et al. 2012).

Nuevamente, en el monitoreo de 2013 (Bight'13) se reportaron el grupo de los anélidos (49.6%) como los organismos estuarinos dominantes, donde los poliquetos contribuyeron con el 40.6%, resaltando a las especies *Exogone lourei*, *C. capitata* *Cmplx*, *Streblospio benedicti*, *Franbricinuda limnicola* y *Spirorbinae* como las que contribuyeron con el mayor porcentaje en la abundancia relativa. Otros organismos que tuvieron una contribución similar a las especies de poliquetos fueron *G. japonica*, oligoquetos y *Monocorophium acherusicum*. Con respecto a las condiciones de los estuarios, la proporción de sitios con perturbación moderada (35.3%) y alta (19.3%) fue mayor que los sitios con poca perturbación (38.9%), aunque al comparar los monitoreos anteriores, observaron una tendencia de mejores condiciones en los estuarios (Gillett et al. 2017).

Por otro lado, en el monitoreo de 2018 (Bight'18), se registró una nueva clasificación de estuarios, estuarios de aguas salobres que se caracterizan por un nivel de salinidad de <27 PSU. Así mismo, se reportó una mayor abundancia relativa de *Musculista senhousia*, Oligoquetos, *E. lourei*, *Acteocina carinata* y *Pseudopolydora paucibranchiata* en los estuarios, mientras que los cinco organismos con mayor

abundancia relativa en estuarios salobres no forman parte del grupo de Polychaeta, con una mayor dominancia de artrópodos y oligoquetos, los cuales fueron *M. insidiosum*, *G. japonica*, Oligochaeta, *Podocopa* y *Ampithoe valida*, pero sólo considerando los poliquetos, el organismos con mayor abundancia relativa es *S. benedicti*. Además, se llegó a la conclusión que las marismas y estuarios presentaban un nivel de perturbación moderado del 33-55% y perturbación elevada del 18-22%. Por otro lado, en los estuarios salobres, la perturbación moderada fue de 54.5% con una perturbación elevada del 27.3% (Gillett et al. 2022).

De forma específica, se han realizado pocos estudios particulares sobre la biodiversidad de meiofauna de los estuarios de la Ensenada del Sur de California, pero se destacan los estudios de Batiquitos, Newport Bay, Malibu y cercanías de Ventura. En Batiquitos se realizó un monitoreo por Mudie et al. (1976) donde se reportó dos especies de poliquetos, *Dipolydora socialis* de forma común y *C. capitata* de forma abundante cerca de la entrada de la laguna. Además, también se observó el crustáceo *Neotrypaea californiensis* y una abundancia alta de insectos a lo largo de la laguna. Al ser un estuario urbanizado, la perturbación principal son los campos de agricultura y la construcción de acceso viales sobre y cercanos a la laguna de Batiquitos.

Por otro lado, en Newport Bay los estudios de meiofauna y características físicas (profundidad, salinidad y tamaño de partícula) se enfocan en la bahía (Hammerstrom et al. 2012; Reish, 1963), pero en el estuario, Levin, et al. (1998) reportaron las especies de *Capitella spp.*, *P. cornuta* y *S. benedictii* en su estudio de comparación de la comunidad de macrofauna entre *Spartina foliosa* y *S. alterniflora* del sur de California, pero a su vez destacan una mayor composición de oligoquetos,

como *Marionina sp.* y *Paranais litoralis* en comparación con moluscos y equinodermos.

En el estuario de Malibu Dagit (1989) ha reportado la dominancia del espionido *Polydora nuchalis* y el bivalvo *Tegelus californianus*, con una mayor densidad de *P. nuchalis* en sedimentos finos (limos y arcillas) ricos en sulfuro de hidrógeno y material vegetal en descomposición. Además, de la mayor abundancia en primavera y verano. Mientras que en Ventura River, estuario del río Santa Clara, San Buenaventura (2002) describió una mayor dominancia de oligoquetos (Chironomidae), crustáceos (Daphniidae y Cyprididae) y bivalvos (Physidae), en comparación con el grupo de los poliquetos, donde se reportaron los géneros *Microphthalmus* y *Saccorus*.

En concreto, en el estudio de poliquetos de la zona costera de California, en 1998 Rodríguez-Villanueva et al. (2000) reportaron una dominancia de poliquetos en la macrofauna bentónica, con una mayor abundancia de las familias Spionidae, Capitellidae y Paraonidae, mientras que, en 2013, Alvarez-Aguilar et al. (2017) registran una abundancia y frecuencia elevada de las familias Spionidae, Chaetopteridae y Phyllodocidae en sitios cercanos a zonas de descarga de aguas residuales. Posteriormente, en un estudio realizado por Araujo-Leyva et al. (2020) considerando el año de 2018 respecto a la biodiversidad de poliquetos en Bahía de Todos Santos, B. C., encontraron que las familias dominantes son Spionidae, Chaetopteridae, Cirratulidae, Maldanidae, Onuphidae y Ampharetidae, destacando las familias representativas: Spionidae, Ampharetidae, Syllidae y Cirratulidae, resaltando que los factores con mayor influencia en la distribución espacial de la comunidad son el %Carbón orgánico en 1998, profundidad en 2004 y concentración de Pb en 2013.

2.3 Estudios previos de gremios alimenticios y categorías tróficas en poliquetos

Uno de los trabajos principales sobre los gremios alimenticios y categorías tróficas en poliquetos es la revisión bibliográfica de Fauchald et al. (1979), donde recopiló y estableció 22 gremios alimenticios y cinco categorías tróficas de aproximadamente 70 familias de poliquetos considerando la información de la dieta de los organismos. Las cinco categorías son: herbívoros, filtradores, detritívoros, carnívoros y comedores de depósitos (con una actualización en Jumars et al. 2015). Uno de los ejemplos del uso aplicado de los gremios alimenticios y categorías tróficas es la identificación de diferencias en la dinámica ecológica entre un lugar perturbado y no perturbado, como estudio de Metcalfe et al. (2008), donde reportaron una mayor abundancia de herbívoros en zona no perturbadas, mientras que en zonas perturbadas se reportaron una mayor dominancia de depositívoros de superficie.

Previamente en la zona costera del noroeste de Baja California, Alvarez-Aguilar (2017) en un estudio sobre la comunidad de poliquetos bentónicos y factores físico-químicos del sedimento, encontró que los gremios tróficos dominantes en 1998 y 2003 son suspensívoros, depositívoros de superficie y depositívoros de subsuperficie (55%, 65% y 14% respectivamente), mientras que en 2013 la dominancia de los depositívoros de superficie aumentó a 85% y la de depositívoros de subsuperficie fue alrededor de 10%. Los gremios restantes, los carnívoros, herbívoros y omnívoros entre 1998 y 2013 tuvieron valores no constantes menores del 11%, pero mayores a 1%, el gremio que se mantuvo constante durante los tres años fueron los detritívoros con 3%.

III. HIPÓTESIS

La estructura de la comunidad de poliquetos y sus grupos funcionales se verán modificados en su estructura por algunos de los factores de Amoníaco (NH_3), Fosfato (PO_4^{3-}), Nitrito (NO_2^-), Nitrito+Nitrato ($\text{NO}_2^-+\text{NO}_3^-$) y Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$).

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Analizar la estructura espacio temporal de la comunidad de poliquetos y sus grupos funcionales en las lagunas costeras del sur de California (SoCal); Batiquitos Lagoon, Newport Bay, Goleta Slough, Ventura River y Malibu Lagoon.

4.2 Objetivos específicos

- 1) Analizar la variabilidad espacio temporal de diferentes nutrientes (Amoníaco (NH_3), Fosfato (PO_4^{3-}), Nitrito (NO_2^-), Nitrito+Nitrato ($\text{NO}_2^-+\text{NO}_3^-$) y Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)) de los estuarios de Batiquitos Lagoon, Newport Bay, Goleta Slough, Ventura River y Malibu lagoon.
- 2) Determinar si existen diferencias espacio temporales en la abundancia, riqueza, gremios alimenticios y biodiversidad en las comunidades de poliquetos de los estuarios de Batiquitos Lagoon, Newport Bay, Goleta Slough, Ventura River y Malibu lagoon.
- 3) Analizar la relación de las comunidades de poliquetos con los nutrientes.

V. AREA GEORÁFICA DE ESTUDIOS

La zona de estudio será de forma específica la cuenca o ensenada del Sur de California, la cual abarca desde Punta Colonet en Baja California ($31^{\circ}04'24''$ N y $116^{\circ}12'28''$ W) hasta Point Conception en California ($34^{\circ} 26' 55''$ N y $120^{\circ} 28' 18''$ W; Hickey, 1993).

El interior de la cuenca se caracteriza por tener una mayor influencia de procesos locales en la termodinámica de la cuenca (Gelpi et al. 2008). En la zona costera, la temperatura superficial el agua es incluida por cambios estacionales y la dinámica de la corriente de California, en marzo y junio se presenta una temperatura de 11°C, con una salinidad de 33.7 psu, mientras que en septiembre y octubre la temperatura es de 18°C, con una salinidad de 33.4 psu (Espinosa-Carreón et al. 2001).

Además, la cuenca presenta eventos de surgencia locales limitados en primavera tardía y otoño, con efectos de surgencias cercanas a la ensenada durante verano, mientras que en primavera temprana e invierno las surgencias son más fuertes (Hickey, 1992). Otras de las características de la ensenada, es la presencia de nueve islas (San Miguel, Santa Cruz, Santa Rosa, Anacapa, Santa Barbara, San Nicolas, San Catalina, San Clemente y Santa Rosa Ridge), que tienen efectos en procesos oceanográficos al producir una mayor mezcla en la columna de agua (Dong et al. 2007).

En la parte terrestre, la región del sur de California (SoCal) se encuentra en la región neártica (Cox, 2001), dentro de la biorregión de la Costa Sur de California, que se caracteriza por un clima mediterráneo con veranos secos e inviernos con precipitaciones. La vegetación está dominada por matorral costero, chaparral y bosques de robles, pero también se presenta vegetación de marismas costeras, como los estuarios (Welsh Jr, 1994; Luković et al. 2021).

De forma particular, los estuarios de SoCal presentan una vegetación compuesta por *Salicornia virginica*, *Frankenia salina* y *Spartina foliosa* (Fetscher et al. 2010). Una de las características de los estuarios de SoCal es la poca complejidad de su topografía, por lo que la formación de canales es baja (Sutula et al. 2008), sin

considerar que los estuarios de la región presentan un alto nivel de urbanización, debido a la cercanía de campos de agricultura y la construcción de acceso viales sobre y cercanos en los estuarios (Mudie et al. 1976). Además, los estuarios se pueden clasificar en estuarios abiertos (Newport Bay y Batiquitos Lagoon) y temporalmente abiertos (Goleta Slough, Ventura River y Malibu Lagoon) a efectos de la marea (Grewell et al. 2007; O'Connor et al. 2023) en la **Figura 4** se presenta la localización de los estuarios considerados.

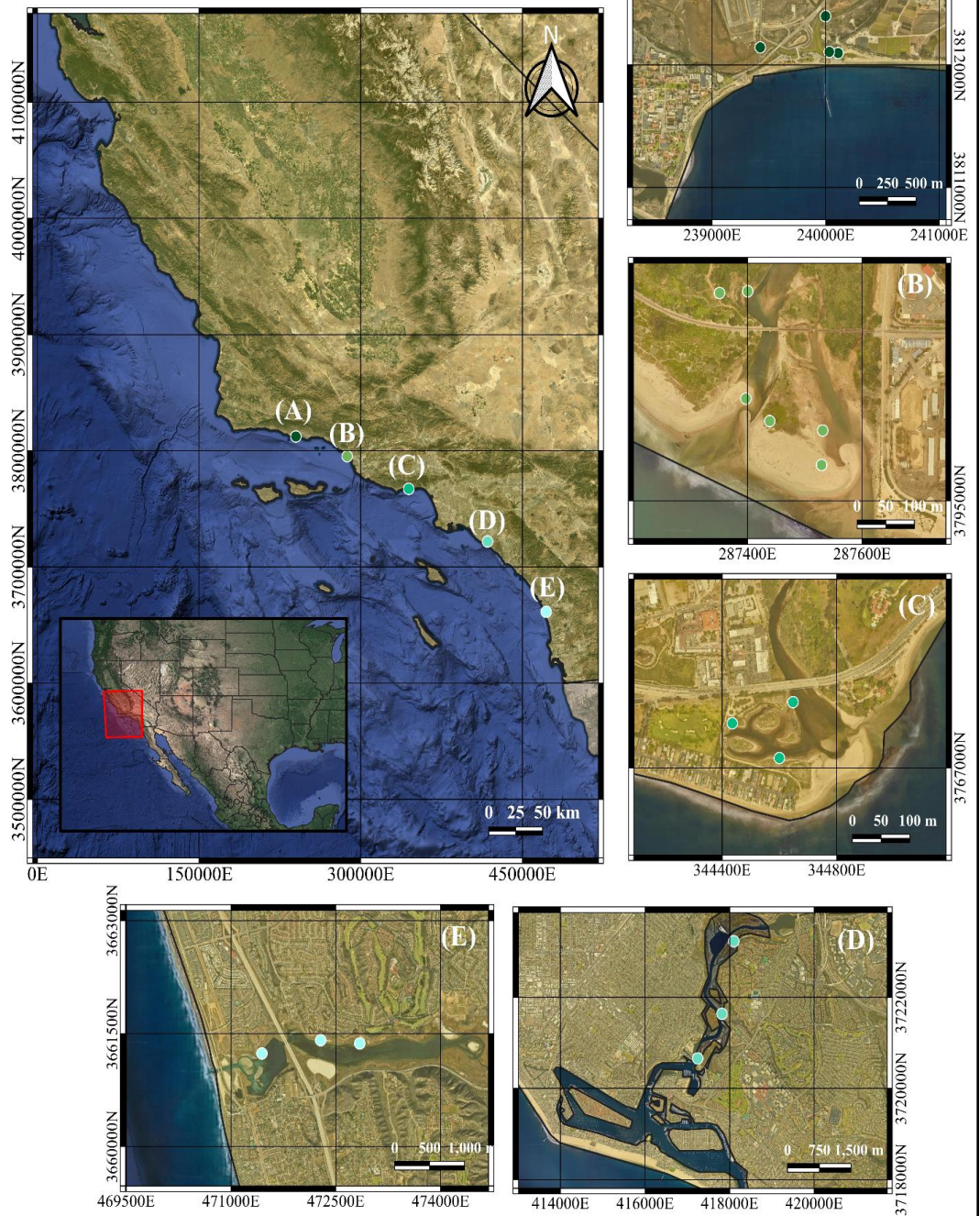
En los estuarios abiertos o permanentemente abierto, Newport Bay ($33^{\circ} 37' 53.303''$ N y $117^{\circ} 53' 8.524''$ W) tiene como fuente principal de agua dulce a San Diego Creek (SDC) y Santa Ana Delhi Channel (SAD), sumado a las precipitaciones anuales promedios de 304.8 mm. Se caracteriza por estar dividido en la bahía alta (upper) y bahía baja (lower), donde la bahía baja presenta el mayor impacto de desarrollo urbano, mientras que la alta aunque haya un impacto, se encuentran pastos marinos como *Zostera marina* y *Ruppia maritima* (O'Connor et al. 2023; Pednekar et al. 2005) y existen programa de recuperación de la especie (Orange County Coastkeeper (OCC), 2015; OCC, et al. 2019). Por otro lado, en Batiquitos Lagoon ($33^{\circ} 5' 27.434''$ N y $117^{\circ} 17' 49.200''$ W) una de las fuentes de agua dulce es Batiquitos Creek y San Marcos Creek, junto a precipitaciones anuales de 177.8 - 3381 mm, donde el verano es la temporada seca (Cirrito, 2023; Bradshaw et al. 1972; O'Connor et al. 2023). Además, en ambos sitios, las fuentes de agua dulce como los ríos, canales o arroyos también aportan nutrientes y materia orgánica a los estuarios debido a su cercanía a zonas urbanas y desagües pluviales (Bradshaw et al. 1972; McLaughlin et al. 2007), lo que influye en la eutrofización de Newport Bay principalmente (Nezlin et al. 2009).

En cuanto a los estuarios temporalmente abiertos/cerrados, el sitio de Goleta Slough (34° 25' 13.361" N y 119° 49' 44.479" W) recibe agua dulce de cinco arroyos Atascadero, San Pedro, San Jose, Los Carneros y Tecolotito (Rincon Consultants, Inc., Stillwater Sciences, Dudek y BASH Incorporated, 2015), junto a precipitaciones anualmente 457.2 mm (O'Connor et al. 2023). Se caracteriza por la acumulación periódica de arena en la boca, lo que provoca un aumento de la salinidad en veranos y eventos axónicos (Arthur et al. 1994; O'Connor et al. 2023). Además, se resalta su ubicación al presentar en un área con modificaciones antropogénicas, debido a su cercanía con el campus de la Universidad de California en Santa Barbara (UCSB) y el Aeropuerto Municipal de Santa Barbara (Willason, 1981). Otro estuario con la acumulación de arena en la boca es Ventura River (34° 16' 38.827" N y 119° 18' 33.952" W), el cual presenta la influencia de agua dulce principalmente del Water Reclamation Facility (VWRF), el río Santa Clara y precipitaciones anuales de 429.26-607.06 mm. Se caracteriza por presentar una mayor influencia de agua salada en mareas vivas y después de las lluvias de invierno cuando se abre la boca del estuario, lo provoca un aumento en la salinidad (Buenaventura, 2003; O'Connor et al. 2023). Por último, Malibu Lagoon (34° 2' 2.749" N y 118° 40' 58.058" W) también presenta un comportamiento similar de la boca del estuario, con su apertura después de invierno, asimismo la entrada de agua dulce se debe al arroyo Malibu y las precipitaciones anuales de 508 mm. Se caracteriza por tener una temperatura alta de la laguna en comparación con los estuarios del centro y norte de California (Manion, 1989; O'Connor et al. 2023).

Además, otra característica de los estuarios de SoCal es la modificación de la morfología de la boca debido a programas de manejo de la zona para mantener una

calidad de agua óptima y evitar riesgos a la salud, pero provocan cambios abruptos en la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto afectando a los organismos estuarinos (Largier et al. 2019). Este manejo consiste en el drenado de barreras de arena que se forman principalmente en estuarios temporalmente abiertos, como Goleta Slough y Malibu Lagoon, aunque este tipo de actividades se han registrado en Batiquitos Lagoon, Newport Bay (O'Connor et al. 2023).

Estuarios de la Ensenada del Sur de California



Metadatos
 Proyección: UTM Zona 11
 Norte R
 Datum: WGS84
 Datos del proyecto

Simbología de mapa

<i>Puntos de muestreo</i>	● (C) Malibu Lagoon	<i>Territorio</i>
● (A) Goleta Slough	● (D) Newport Bay	▭ Estados Unidos
● (B) Ventura River	● (E) Batiquitos Lagoon	▭ México

Figura 4. Mapa de los sitios de recolección de las muestras en el Sur de California (SoCal). Se destacan los estuarios en las localidades de (A) Goleta Slough, (B) Ventura River, (C) Malibu Lagoon, (D) Newport Bay y (E) Batiqitos Lagoon.

VI. METODOLOGÍA:

5. 1 Recolecta de la muestra

El muestreo se realizó siguiendo el protocolo estandarizado propuesto por la campaña de monitoreo de la organización California Estuary Marine Protected Area (EMPA) (EMPA (2022^a).

En la primavera (marzo y abril) y otoño (septiembre y octubre) de 2021, se realizó una recolección de muestras como parte del monitoreo de las lagunas costeras de las Californias (SCWRP). Se obtuvieron un total de 52 sitios (28 en primavera y 24 en otoño), 12 en Goleta Slough (6 en primavera y 6 en otoño), 10 en Ventura River (4 en primavera y 6 en otoño), seis en Malibu Lagoon (primavera), 12 en Newport Bay (6 en primavera y 6 en otoño) y 12 en Batiqitos Lagoon (6 en primavera y 6 en otoño), cuidadosamente seleccionados a lo largo de las lagunas para maximizar la diversidad de especies capturadas. Se hace hincapié que no se logró visitar los sitios de Malibu Lagoon durante otoño.

Para la obtención de las muestras, se emplearon núcleos de sedimento con un tamaño de 10x10 cm³ en los dos primeros estratos de la zona intermareal: submareal e intermareal. El sedimento recuperado se fijó utilizando una solución de formaldehído saturado con bórax al 10% después de un período de 48 horas, como se muestra en la

Figura 5. A.



Figura 5. Metodología implementada para este estudio. (A) muestra la recolección de las muestras en campo, (B) y (C) muestra procedimientos en laboratorio.

5.2 Tratamiento de la muestra

Para obtener la muestra a analizar, el sedimento obtenido se sometió a un proceso de lavado a través de un tamiz de 0.5 mm. Los organismos recuperados se fijaron con alcohol al 70%. Para la identificación taxonómica de los organismos, se empleó equipamiento de microscopía y se consultaron guías locales de identificación, incluyendo obras de referencia como las de Fauchald (1977), Salazar-Vallejo *et al.* (1989), Blake *et al.* (1995, 1996, 1997, 2000), de León González *et al.* (2009) y Carlton (2023), esto se muestra en la **Figura 5. B y C**. Se realizó un esfuerzo minucioso para identificar las especies hasta el nivel de taxonomía más específico posible. Además, para revisar actualizaciones de los nombres científicos y niveles taxonómicos se utilizaron las plataformas de World Register of Marine Species (WRoMS <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=search>) y Southern California

Association of Marine Invertebrate Taxonomists (SCAMIT; <https://www.scamit.org/tools/>).

5.3 Análisis estadística y descripción de los datos

Los análisis estadísticos, gráficos e índices de diversidad, como el Análisis de Componente Principales (ACP), el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), Fuzzy Coding y gráficos de abundancias se realizaron utilizando los softwares de R Studio (R Core Team, 2022), principalmente con las paqueterías Vegan (Oksanen et al. 2022), tidyverse (Wickham et al. 2019), ggplot2 (Wickham, 2016) y dplyr (Wickham et al. 2023), mientras que los análisis de Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) y Porcentajes de similitud/distancia (SIMPER) se realizaron en PRIMER 6 Version 6.1.12 & PERMANOVA+ Version 1.0.2 (Clarke et al. 2006; Anderson et al. 2008). Además, previo a todos los análisis estadísticos, se descartaron las muestras que no presentaron organismos para evitar un desbalanceo de ceros al momento de realizar los análisis. En total se descartaron 20 estaciones de 50. El sitio de Batiquitos Lagoon tuvo una estación (primavera); Goleta Slough cinco estaciones (cinco en otoño y una en primavera); Malibu Lagoon cuatro estaciones (primavera); Newport Bay dos estaciones (otoño) y Ventura River con ocho estaciones (seis en otoño y dos en primavera). Otros procedimientos que se realizaron fueron análisis exploratorios por medio de un Análisis permutacional de varianza (PERMANOVA) para determinar patrones y tendencias entre las variables observadas, como Sitio, Temporada del año, Número de estación y Estrato del intermareal. Dado que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.005$) entre estación y estrato, se sumaron

las abundancias de estas categorías o se utilizaron como “pseudoreplicas” en análisis de varianza.

5.4 Análisis de datos

5.4.1 Análisis de los nutrientes

Las variables que se utilizaron fueron: Amoníaco (1; NH_3), Fosfato (2; PO_4^{3-}), Nitrito (3; NO_2^-), Nitrito+Nitrato (4; $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) y Urea (5; $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), los cuales fueron obtenidos de la campaña de monitoreo del 2021 por el SCWRP, en los mismos sitios donde se recuperaron los núcleos de sedimento.

Los cinco nutrientes formaron parte del apartado de Carbono Orgánico Total y Nitrógeno Orgánico de la metodología de EMPA (2022^b) para analizar la cantidad de nutrientes como parte de la calidad del sedimento. La metodología fue realizada por miembros del SCWRP, la cual consistió en la reelección de 200 g (5 cm de la superficie del suelo) de sedimento mediante una cuchara de acero inoxidable en los sitios muestreados de las zonas del submareal e intermareal. Posteriormente, los sedimentos fueron colocados en contenedores de vidrio ámbar de 250 ml con tapa revestida de teflón. Por último, los sedimentos fueron colocados a $<4^\circ\text{C}$ para ser analizados.

5.4.2 Análisis multivariados de los nutrientes

Se realizó un Análisis de Componente Principales (ACP) con el objetivo de obtener las correlaciones entre los nutrientes con las variables categóricas como sitio, estrato, temporada del año y número de estaciones (Legendre et al. 2012). Este tipo de análisis multivariados se ha utilizado para relacionar la comunidad de poliquetos, el impacto antropogénico y variables ambientales (Mattos et al. 2013; Alvarez-Aguilar et al. 2017; Méndez, 2002; Dafforn et al. 2013).

5.4.3 Análisis de diversidad y abundancia de la comunidad de poliquetos meiofaunales

La abundancia total (N) de la comunidad de meiofauna se obtendrá mediante la suma de individuos por estaciones, mientras que la riqueza específica se considerará a través del número de familias y especies (S). A partir de los resultados de abundancia total y riqueza específica, las comunidades de poliquetos y meiofauna será analizada mediante los siguientes índices ecológicos no paramétricos: índice de diversidad de Shannon-Weiner (H') (Ludwig y Reynolds, 1988), dominancia de Simpson (λ) (Odum, 1979;) y equidad de Pielou (J') (Pielou, 1977) para medir la diversidad, dominancia y equidad entre los sitios de muestreo y los cinco estuarios; empleados en estudios de ecología de bentos en los diferentes monitoreos de la región (Rodríguez-Villanueva et al. 2000; Alvarez-Aguilar, 2017; Araujo-Leyva et al. 2020).

El índice de Shannon-Weiner (H') es un índice de equidad (Peet, 1974) que evalúa la heterogeneidad de las especies de un área mediante la riqueza específica (S) y abundancia total (N). El índice mide la probabilidad de obtener especies distintas al seleccionar al azar varios organismos de la muestra, de esta forma, cuando H' es cercano a 0, el número de especies distintas es bajo (dominancia alta), por lo que dominan pocos organismos, mientras que, en valores elevados, hay una mayor cantidad de especies diferentes (equidad elevada) (Ludwig et al. 1988; Legendre et al. 2012). Los valores de H' son en una escala de 0 a ∞ y su unidad equivale a bits/ind (Alvarez-Aguilar, 2017). La fórmula es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \log_2(p_i)$$

Fórmula obtenida de Legendre et al. (2012).

Donde:

- S: Riqueza de especies
- P_i : Abundancia relativa (%)
- n_i : número de individuos por la especie (i)
- N: abundancia total de individuos

El índice de Simpson (λ) es un índice de dominancia (Peet, 1974) que expresa la probabilidad de obtener la misma especie al seleccionar de forma aleatoria dos individuos de una muestra (Simpson, 1949). La escala es de 0 a 1, de esta forma, cuando el valor de λ es cero las especies son diferentes, mientras que valores cercanos a uno, indican que las especies son iguales. Los resultados de C' al indicar dominancia, es opuesto a H' y J' , por lo que cuando la comunidad presenta una alta proporción de especies por estación, el valor de λ es cercano a cero, pero cuando la comunidad tiene una mayor dominancia de pocas especies, el valor de λ es cercano a uno (Alvarez-Aguilar, 2017; Legendre et al. 2012). La fórmula es la siguiente:

$$\lambda = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)}$$

Fórmula obtenida de Legendre et al. (2012).

Donde:

- S: Riqueza
- n: Total de organismos
- n_i : Número de individuos por especies

El índice de Pielou (J') es un índice de equidad (Peet, 1974) que toma como referencia los valores de H' y mide la proporción de la diversidad observada en comparación con el valor de diversidad más alto (Pielou, 1966). La escala es de 0 a 1, por lo que cuando el valor es cero hay una uniformidad en la comunidad, mientras que cuando el valor es uno, las especies en la comunidad tienen una proporción uniforme en sus abundancias. Los resultados de J' se interpretan similar a la H' , por lo que ambos índices de equidad son opuestos a λ (Alvarez-Aguilar, 2017; Legendre et al. 2012). La fórmula es la siguiente:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Fórmula obtenida de Legendre et al. (2012).

Donde:

- H' : Valor del índice de Shannon-Weiner (H')
- H'_{max} : Valor más alto de H' en la comunidad

5.4.4 Análisis de grupos funcionales en poliquetos

Se determinó a los grupos funcionales de la comunidad de poliquetos y se aplicó la metodología de “fuzzy coding” (Chevene et al. 1994) para comparar los gremios tróficos según las categorías asignadas a los taxones propuestas por Fauchald et al. (1979) y Jumars et al. (2015).

5.4.5 Análisis multivariados de comunidades de poliquetos

Se realizaron análisis multivariados no paramétricos como el análisis de agrupamiento de tipo Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) considerando el índice de Bray-Curtis, con el objetivo de comparar la similitud de los sitios de estudio con base a las especies al ordenar los índices de los sitios de acuerdo con la disimilitud de los

datos (Legendre et al. 2012). Después se aplicó un análisis SIMPER para identificar las especies principales que contribuyen en la similitud-disimilitud de los sitios (Clarke, 1993). Para finalizar, se realizó la prueba de hipótesis PERMANOVA para evaluar la hipótesis nula y alternativa propuesta, debido a que este tipo de prueba considera el índice de Bray-Curtis, al analizar el efecto de las variables categóricas (sitio, estrato, temporada del año y número de estación) y su interacción en los sitios de muestreo. Además, de presentar una mayor flexibilidad en los supuestos necesarios para el análisis (McArdle et al. 2001; Anderson, 2001; Legendre et al. 2012).

5.4.6 Análisis de la relación de las comunidades de poliquetos con tipo de nutriente

Para relacionar las comunidades de poliquetos con los nutrientes, se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), el cual hace correlaciones con cada nutriente en relación a las especies. Además, se aplicó una ANOVA con permutaciones para observar la significancia de las correlaciones (Legendre et al. 2012). Este tipo de análisis multivariados se ha utilizado para relacionar la comunidad de poliquetos y el impacto antropogénico y variables ambientales (Mattos et al. 2013; Alvarez-Aguilar et al. 2017; Méndez, 2002; Dafforn et al. 2013).

VI. RESULTADOS

6.1 Análisis de los nutrientes

Las concentraciones promedio de los nutrientes a nivel de la región de SoCal y local no presentaron un patrón de aumento o de descenso, como se observa en la **Tabla 1**. Las concentraciones promedio más altas de Amoníaco (NH_3) se presentaron en Goleta Slough, de Fosfato (PO_4^{3-}) en Malibu Lagoon; Nitrito (NO_2^-) en Batiquitos Lagoon; Nitrito+Nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) en Ventura River y Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) en Newport Bay, en

cambio, a nivel temporal (**Tabla 2**) se registró el doble de la concentración de NH_3 y PO_4^{3-} y el décuplo de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ en primavera en comparación con otoño, mientras que los valores de NO_2^- se mantuvieron constantes durante ambas temporadas del año. La única variable con el doble de concentración promedio en otoño fue la Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), como se observa en la **Tabla 2**.

Tabla 1. Valores de los nutrientes de los estuarios del Sur de California (SoCal) en el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Variable	BAT			GOL			MAL			NEW			VEN		
	Unidades	Media \pm SD	(Min - Max)	Media \pm SD	(Min - Max)	Media \pm SD	Media \pm SD	(Min - Max)	Media \pm SD	(Min - Max)	Media \pm SD	(Min - Max)	Media \pm SD	(Min - Max)	
NH ₃	mgL ⁻¹	0.059 \pm 0.044	(0.023 - 0.144)	0.09 \pm 0.11	(0.002 - 0.301)	0.04 \pm 0.03	0.04 \pm 0.06	(0.009 - 0.107)	0.04 \pm 0.02	(0.008 - 0.075)	0.060 \pm 0.025	(0.028 - 0.084)			
		0.023 \pm 0.004	(0.019 - 0.031)	0.04 \pm 0.02	(0.002 - 0.074)	0.08 \pm 0.07	0.08 \pm 0.09	(0.012 - 0.187)	0.05 \pm 0.07	(0.020 - 0.200)	0.006 \pm 0.003	(0.003 - 0.013)			
NO ₂ ⁻	mgL ⁻¹	0.022 \pm 0.003	(0.018 - 0.026)	0.01 \pm 0.01	(-0.001 - 0.026)	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.02	(0.008 - 0.015)	0.01 \pm 0.00	(-0.000001 - 0.029)	0.006 \pm 0.003	(0.002 - 0.010)			
		0.010 \pm 0.002	(0.007 - 0.013)	0.02 \pm 0.04	(-0.001 - 0.113)	0.25 \pm 0.43	0.25 \pm 0.6	(0.005 - 1.110)	0.01 \pm 0.01	(0.007 - 0.053)	0.374 \pm 0.365	(0.019 - 0.770)			
CH ₄ N ₂ O	mgL ⁻¹	0.027 \pm 0.013	(0.012 - 0.042)	0.04 \pm 0.03	(0.003 - 0.105)	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.05	(0.008 - 0.022)	0.03 \pm 0.03	(0.003 - 0.089)	0.021 \pm 0.011	(0.009 - 0.040)			

Tabla 2. Valores de los nutrientes del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021.

Variable	Unidades	Otoño		Primavera	
		Media \pm SD	(Min - Max)	Media \pm SD	(Min - Max)
NH ₃	mgL ⁻¹	0.038 \pm 0.023	(0.009 - 0.089)	0.080 \pm 0.073	(0.002 - 0.301)

PO ₄ ³⁻	mgL-1	0.023 ± 0.015	(0.003 - 0.053)	0.062 ± 0.069	(0.002 - 0.200)
NO ₂ ⁻	mgL-1	0.015 ± 0.008	(0.002 - 0.029)	0.014 ± 0.008	(-0.001 -0.026)
NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻	mgL-1	0.023 ± 0.021	(-0.001 - 0.060)	0.249 ± 0.369	(0.002 - 1.110)
CH ₄ N ₂ O	mgL-1	0.038 ± 0.026	(0.009 - 0.105)	0.016 ± 0.008	(0.003 - 0.030)

En escala espacio-temporal, durante primavera se presentó un aumento del doble de la concentración de NH₃ en Batiquitos Lagoon, Goleta Slough y Malibu Lagoon en comparación con otoño. Los estuarios restantes tuvieron un comportamiento similar, pero con otros nutrientes, fueron Malibu Lagoon y Newport Bay con PO₄³⁻ y Goleta Slough y Malibu Lagoon con NO₂⁻ + NO₃⁻. Se hace hincapié que Ventura River presentó las concentraciones más altas de NO₂⁻ y NO₂⁻ + NO₃⁻. Además, de forma específica, Malibu Lagoon presentó los promedios de concentración más alto de PO₄³⁻ y NO₂⁻ + NO₃⁻, mientras que Batiquitos Lagoon obtuvo los niveles más altos de NO₂⁻; Goleta Slough de Amoniaco y Ventura River de CH₄N₂O, como se observa en la **Figura 6 y Tabla 3**. En cambio, durante otoño (**Fig. 6 y Tabla 4**) los sitios de Batiquitos Lagoon, Goleta Slough y Newport Bay presentaron un aumento del doble de la concentración de CH₄N₂O en comparación con primavera, sin considerar que Newport Bay presentó la misma tendencia, pero NH₃ y NO₂⁻ + NO₃⁻. Al mismo tiempo, Goleta Slough tuvo las concentraciones promedio más altas de PO₄³⁻ y CH₄N₂O, a su vez, Batiquitos Lagoon sigue presentando los valores elevados de NO₂⁻, por otro lado, las concentraciones promedio más altas de NH₃ y NO₂⁻ + NO₃⁻ corresponden con Newport Bay y Ventura River respectivamente.

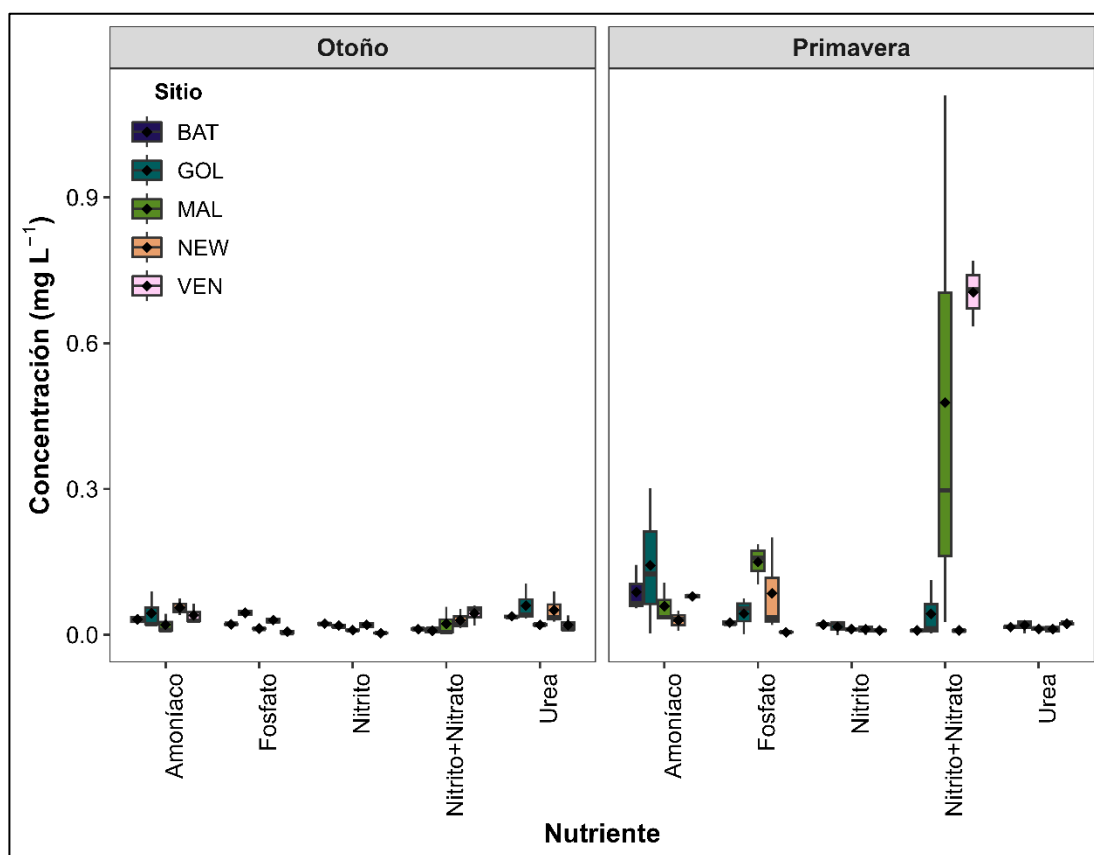


Figura 6. Gráfica de cajas y bigotes de las concentraciones (mgL^{-1}) de cinco nutrientes entre diferentes estratos de los estuarios del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. La línea a la mitad de la caja es la mediana y el \blacklozenge representa la media. Los nutrientes son Urea, Nitrito, Fosfato, Nitrito + Nitrato y Amoníaco. Las únicas diferencias significativas encontradas fueron en BAT ($p \leq 0.005$) entre Amoníaco y Nitrito+Nitrato ($p \leq 0.005$); VEN ($p \leq 0.005$) entre Fosfato y Nitrito+Nitrato ($p \leq 0.005$) y Otoño ($p \leq 0.005$), pero no se encontraron con la prueba post-hoc. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Tabla 3. Valores de los nutrientes de los estuarios del Sur de California (SoCal) durante la primavera del año 2021. BAT = Batiqitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Primavera															
Variable	BAT			GOL			MAL			NEW			VEN		
	Media	(Min -	Max)	Media	(Min -	Max)	Media	(Min -	Max)	Media	(Min -	Max)	Media	(Min -	Max)
	±	SD		±	SD		±	SD		±	SD	±	SD		
Unidades															
NH ₃	0.088 ± 0.049	(0.054 - 0.144)		0.143 ± 0.150	(0.002 - 0.301)		0.059 ± 0.042	(0.033 - 0.107)		0.030 ± 0.021	(0.008 - 0.049)		0.079 ± 0.005	(0.074 - 0.084)	
PO ₄ ³⁻	0.025 ± 0.006	(0.021 - 0.031)		0.043 ± 0.038	(0.002 - 0.074)		0.150 ± 0.042	(0.104 - 0.187)		0.085 ± 0.100	(0.020 - 0.200)		0.005 ± 0.0004	(0.005 - 0.005)	
NO ₂ ⁻	0.021 ± 0.002	(0.018 - 0.022)		0.016 ± 0.015	(-0.001 - 0.026)		0.012 ± 0.003	(0.010 - 0.015)		0.011 ± 0.010	(-0.000001 - 0.020)		0.009 ± 0.001	(0.007 - 0.010)	
NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻	0.009 ± 0.002	(0.007 - 0.011)		0.043 ± 0.061	(0.002 - 0.113)		0.478 ± 0.564	(0.026 - 1.110)		0.009 ± 0.002	(0.007 - 0.011)		0.705 ± 0.068	(0.634 - 0.770)	
CH ₄ N ₂ O	0.016 ± 0.003	(0.012 - 0.018)		0.019 ± 0.014	(0.003 - 0.030)		0.012 ± 0.004	(0.008 - 0.015)		0.012 ± 0.008	(0.003 - 0.020)		0.023 ± 0.003	(0.019 - 0.024)	

Tabla 4. Valores de los nutrientes de los estuarios del Sur de California (SoCal) durante otoño del año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Otoño																	
Variable	BAT			GOL			MAL			NEW			VEN				
	Unidades	Media ± SD	(Min - Max)	Media ± SD	(Min - Max)	Media ± SD	(Min - Max)	Media ± SD	(Min - Max)	Media ± SD	(Min - Max)	Media ± SD	(Min - Max)	Media ± SD	(Min - Max)		
	NH ₃	mgL-1	0.031 ± 0.010	(0.023 - 0.042)	0.044 ± 0.039	(0.021 - 0.089)	0.021 ± 0.020	(0.009 - 0.043)	0.056 ± 0.018	(0.040 - 0.075)	0.040 ± 0.020	(0.028 - 0.064)	0.021 ± 0.020	(0.009 - 0.043)	0.056 ± 0.018	(0.040 - 0.075)	0.040 ± 0.020
PO ₄ ³⁻	mgL-1	0.021 ± 0.002	(0.019 - 0.022)	0.045 ± 0.009	(0.035 - 0.053)	0.013 ± 0.002	(0.012 - 0.015)	0.030 ± 0.007	(0.024 - 0.038)	0.006 ± 0.005	(0.003 - 0.013)	0.021 ± 0.020	(0.009 - 0.043)	0.030 ± 0.007	(0.024 - 0.038)	0.006 ± 0.005	(0.003 - 0.013)
NO ₂ ⁻	mgL-1	0.023 ± 0.003	(0.020 - 0.026)	0.019 ± 0.004	(0.017 - 0.024)	0.010 ± 0.002	(0.008 - 0.012)	0.020 ± 0.008	(0.014 - 0.029)	0.003 ± 0.001	(0.002 - 0.005)	0.021 ± 0.020	(0.009 - 0.043)	0.020 ± 0.008	(0.014 - 0.029)	0.003 ± 0.001	(0.002 - 0.005)
NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻	mgL-1	0.011 ± 0.002	(0.009 - 0.013)	0.008 ± 0.008	(-0.001 - 0.013)	0.023 ± 0.030	(0.005 - 0.058)	0.030 ± 0.021	(0.013 - 0.053)	0.044 ± 0.022	(0.019 - 0.060)	0.011 ± 0.002	(0.009 - 0.043)	0.030 ± 0.021	(0.013 - 0.053)	0.044 ± 0.022	(0.019 - 0.060)
CH ₄ N ₂ O	mgL-1	0.038 ± 0.003	(0.036 - 0.042)	0.060 ± 0.039	(0.033 - 0.105)	0.020 ± 0.002	(0.018 - 0.022)	0.051 ± 0.033	(0.027 - 0.089)	0.020 ± 0.017	(0.009 - 0.040)	0.038 ± 0.003	(0.036 - 0.042)	0.051 ± 0.033	(0.027 - 0.089)	0.020 ± 0.017	(0.009 - 0.040)

6.1.1 Análisis multivariado

En el Análisis de Componente Principales (ACP) explicaron el 61.51% de la variación en los primeros dos componentes. El primer componente PC1 (38.44%) presentó valores positivos con correlaciones bajas (<3) a medias (5), resaltando el NO₂⁻+NO₃⁻

con correlación media (5), en cambio, los únicos componentes negativos fueron NO_2^- y $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ con una correlación media (5). El componente PC2 (23.07%), cuatro de los cinco nutrientes presentaron valores negativos con correlaciones bajas (5) a altas (>7), excepto Urea con una correlación positiva y baja. En este caso, la variable alta (<7) fue NH_3 , como se observa en la **Tabla 5**. Además, los nutrientes con correlaciones altas y medias corresponden con los nutrientes con lo que presentan una mayor contribución con los datos de ambos componentes. Además, durante el otoño tres de los cinco sitios presentaron una correlación con las variables de $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, por otro lado, Malibu Lagoon y Ventura River presentaron patrones opuestos a los nutrientes, mientras que, en primavera los sitios como Ventura River y Malibu Lagoon, presentaron una correlación al $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$. Los sitios restantes, como Goleta Slough, presentó una correlación con el NH_3 (**Fig. 7**).

Tabla 5. Resultados del análisis de componentes principales (PCA) para las cinco variables consideradas en este estudio.

Variable	PC1	PC2
Amoníaco	0.119	-0.817
Fosfato	0.310	-0.246
Nitrito	-0.537	-0.496
Nitrito+Nitrato	0.504	-0.162
Urea	-0.590	0.020

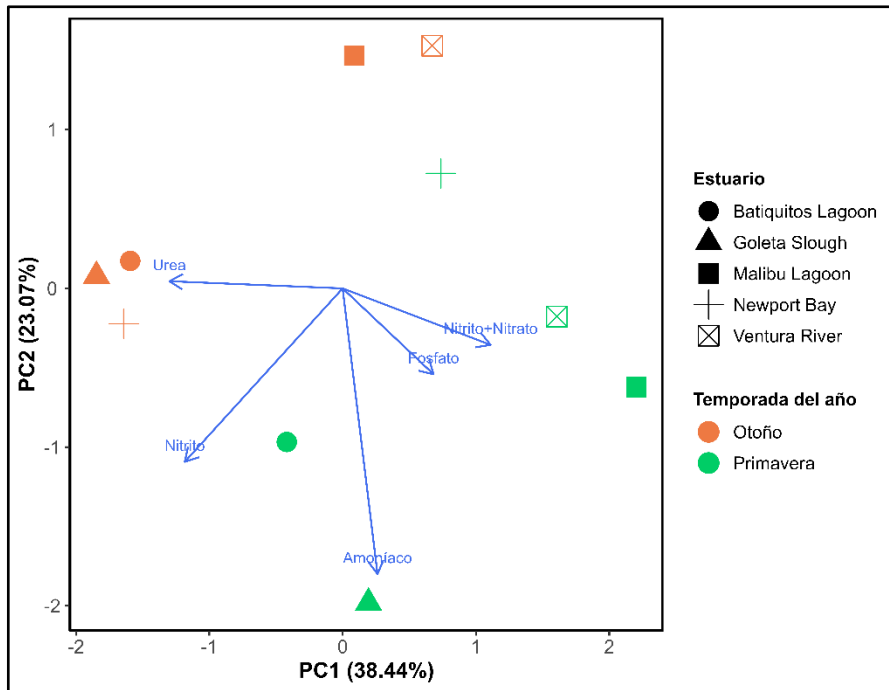


Figura 7. Gráfica de Análisis de Componentes Principales (ACP) basado en una matriz de Distancias Euclidianas de los puntos de muestreo considerando cinco nutrientes de los estuarios del Sur de California durante las estaciones del año 2021. Los nutrientes son Urea, Nitrito, Fosfato, Nitrito + Nitrato y Amoníaco.

6.2 Análisis de diversidad y abundancia de la comunidad de poliquetos meifaunales

6.2.1 Abundancia de poliquetos meifaunales

El número total de poliquetos meiofaunales muestreados en los cinco estuarios del Sur de California (SoCal) fue de 702 individuos durante primavera y otoño del año 2021. En los sitios de Malibu Lagoon sólo hubo muestreo en primavera y en Ventura River no se encontraron organismos en otoño. Por estas razones los conteos se presentaron por temporada. Los estuarios de Batiquitos Lagoon (313 individuos) y Newport Bay (198 individuos) aportaron con más del 70% de la abundancia de SoCal.

En las temporadas del año, primavera (508 individuos) presentó el doble de organismos en comparación con otoño (194 individuos), como se observa en la **Figura**

8 y Figura 9, aunque las únicas diferencias significativas ($p \leq 0.005$) entre sitios que se encontraron fueron Batiquitos Lagoon con Goleta Slough y Newport Bay y el sitio de Goleta Slough entre Newport Bay. Asimismo, hubo diferencias entre otoño y primavera ($p \leq 0.005$) (Tabla ap. 5 y Tabla ap. 6). En cambio, en la comunidad de poliquetos de cada estuario durante las temporadas de año (espacio-temporal), durante primavera Goleta Slough (83 individuos) y Batiquitos Lagoon (243 individuos) presentaron una mayor contribución en esta temporada del año. Por otro lado, Newport Bay (133 individuos) presentó una dominancia $>50\%$ en otoño en comparación con primavera. De forma general, los sitios siguen el comportamiento de una mayor abundancia en primavera en comparación con otoño, excepto Newport Bay.

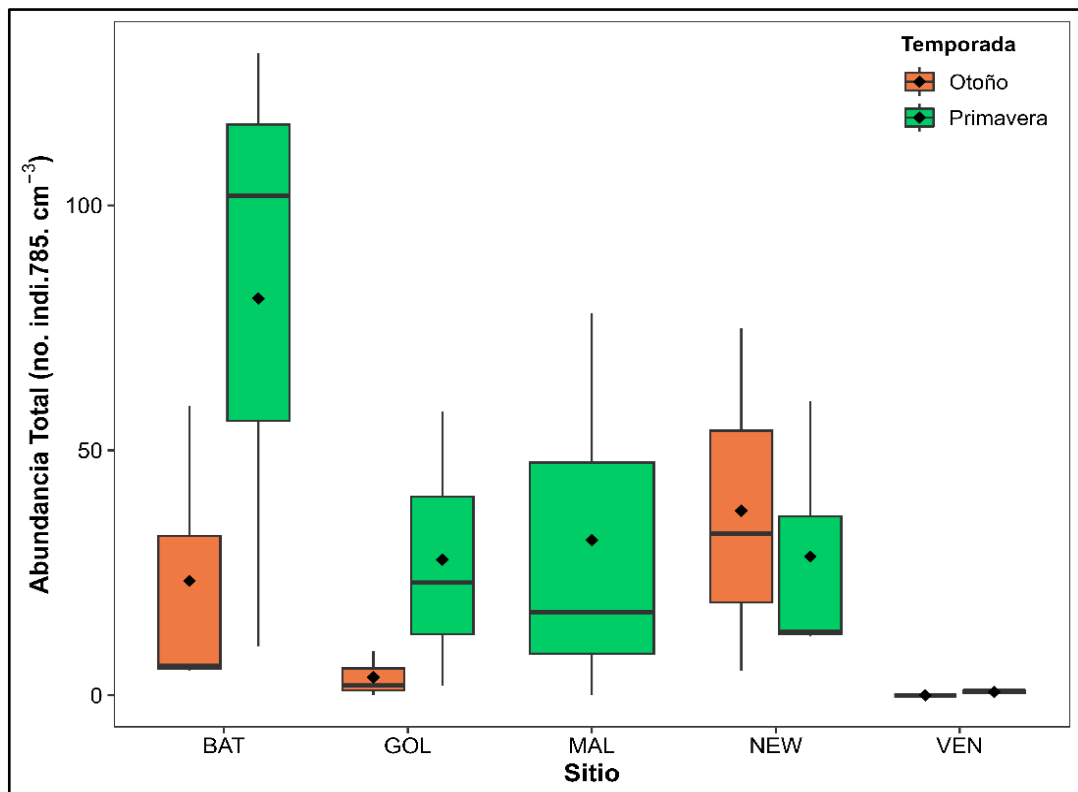


Figura 8. Gráfico de caja y bigotes de las especies de poliquetos estuarinos (no. indi.785.4cm⁻³) del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. La línea

a la mitad de la caja es la mediana y el \blacklozenge representa la media. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

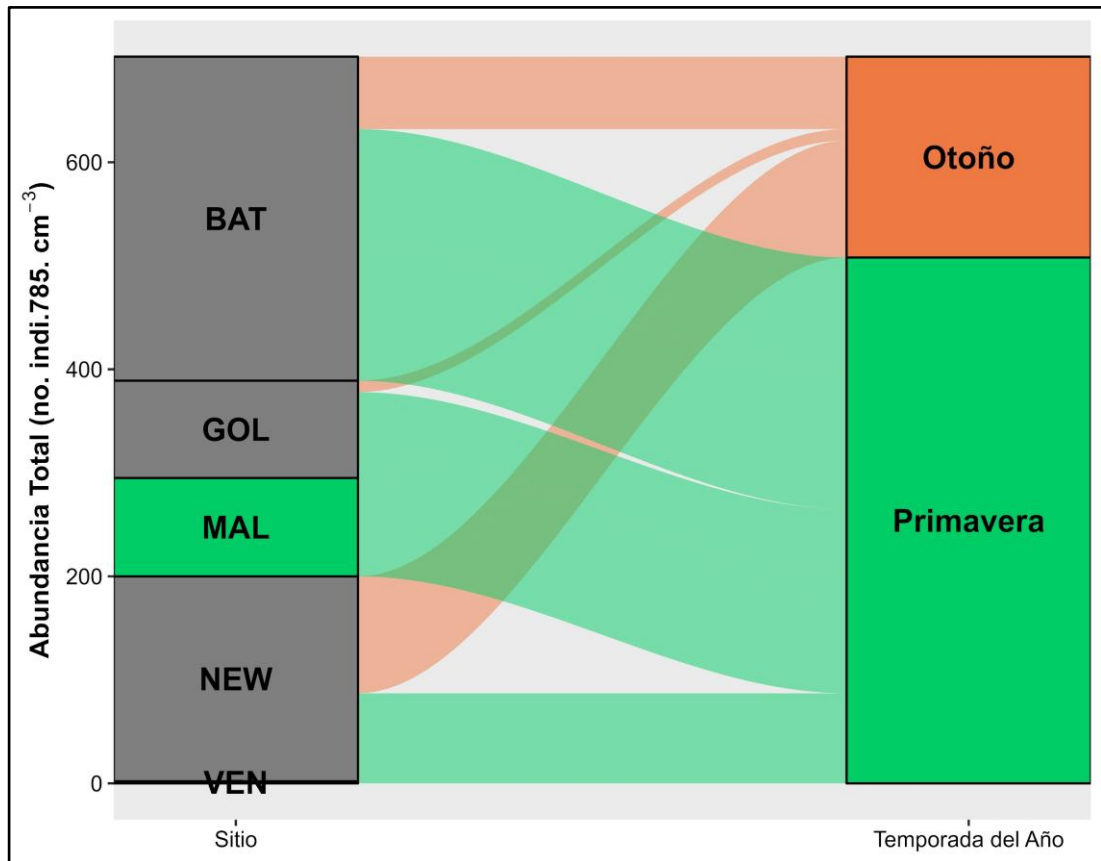


Figura 9. Diagrama aluvial de las especies de poliquetos estuarinos (no. indi.785.4cm⁻³) del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

6.2.2 Abundancia relativa de poliquetos meifaunales

En términos de abundancia relativa, en SoCal las especies de *Capitella capitata* Complex (52.14%) y *Polydora nuchalis* (19.37%) contribuyeron con más del 60% de la abundancia, además, *C. capitata* Complex conformó el >70% de Batiquitos Lagoon y Goleta Slough, mientras que en Malibu Lagoon, Newport Bay y Ventura River conformó menos del 55%, considerando que en Ventura River sólo se presentó *C. capitata* Complex y *Pseudopolydora* sp., como se observa en la **Tabla 6**. Por otro lado,

P. nuchalis representó el >80% en Malibu Lagoon y menos del 14% en Newport Bay, Batiquitos Lagoon y Goleta Slough. Otras especies abundantes fueron *Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)* y *P. cornuta* que conformaron el >8% en Goleta Slough y Malibu Lagoon. De forma temporal (**Tabla 7**), en primavera sólo las especies de *C. capitata Complex* (68.31%) y *P. nuchalis* (16.34%) conformaron más del 50% de todos los organismos. De forma contraria, en otoño las especies que contribuyeron >50% fueron *P. nuchalis* (27.32%), *Exogone lourei* (11.34%), *C. capitata Complex* (9.79%) y *Boccardia proboscidea* (8.25%).

Tabla 6. Abundancias relativas (%) especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River, * = Representan las especies menos comunes.

Especie	BAT	GOL	MAL	NEW	VEN
<i>Capitella capitata Complex</i>	72.84	76.60	4.21	30.81	50.00
<i>Polydora nuchalis</i>	8.95	3.19	83.16	13.13	0.00
<i>Pseudopolydora sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.51*	50.00
<i>Exogone lourei</i>	0.32*	0.00	0.00	10.61	0.00
<i>Polydora cornuta</i>	0.00	0.00	9.47	0.51*	0.00
<i>Boccardia proboscidea</i>	7.03	1.06*	0.00	1.52	0.00
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	0.00	8.51	0.00	0.00	0.00
<i>Polydora sp.</i>	0.00	1.06*	0.00	4.55	0.00
<i>Capitella sp.</i>	0.00	5.32	0.00	0.00	0.00
<i>Alitta succinea</i>	0.00	0.00	0.00	5.05	0.00
<i>Euchone incolor</i>	0.00	0.00	0.00	4.55	0.00
<i>Dispio sp.</i>	3.51	0.00	0.00	1.01	0.00
<i>Jasmineira sp. B</i>	0.00	0.00	0.00	4.04	0.00
<i>Neanthes acuminata</i>	0.00	0.00	0.00	4.04	0.00
<i>Eteone californica</i>	0.00	0.00	0.00	3.54	0.00
<i>Pseudopolydora kempfi</i>	0.00	0.00	0.00	3.54	0.00
<i>Ophelina acuminata</i>	0.00	2.13	0.00	0.00	0.00
<i>Polydora websteri</i>	0.00	0.00	2.11	0.00	0.00
<i>Caulleriella armata</i>	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00
<i>Chaetozone sp. SD7</i>	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00
<i>Marphysa sp.</i>	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00

<i>Boccardiella hamata</i>	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Eteone pigmentata</i>	0.00	1.06*	0.00	0.00	0.00
<i>Flabelligera sp.</i>	0.00	1.06*	0.00	0.00	0.00
<i>Nereis sp.</i>	0.00	0.00	1.05*	0.00	0.00
<i>Chaetozone acuta</i>	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00
<i>Chaetozone sp. 1 NB</i>	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00
<i>Euchone sp.</i>	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00
<i>Nicon moniloceras</i>	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00
<i>Prionospio jubata</i>	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Neomediomastus sp.</i>	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Laonice sp.</i>	0.32	0.00	0.00	0.51*	0.00
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Chaetozone lunula</i>	0.00	0.00	0.00	0.51*	0.00
<i>Dispio uncinata</i>	0.00	0.00	0.00	0.51*	0.00
<i>Euchone arenae</i>	0.00	0.00	0.00	0.51*	0.00
<i>Mediomastus californiensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.51*	0.00
<i>Scoloplos armiger (LA2)</i>	0.00	0.00	0.00	0.51*	0.00
<i>Chaetozone sp. 1</i>	0.32*	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Mediomastus acutus</i>	0.32*	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Polydora narica</i>	0.32*	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Sabellidae sp.</i>	0.32*	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Spiophanes norrisi</i>	0.32*	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Spiophanes wigleyi</i>	0.32*	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 7. Abundancias relativas (%) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021. * = Representan las especies menos comunes.

Especie	Otoño	Primavera
<i>Capitella capitata Complex</i>	9.79	68.31
<i>Polydora nuchalis</i>	27.32	16.34
<i>Exogone lourei</i>	11.34	0.00
<i>Boccardia proboscidea</i>	8.25	1.97
<i>Dispio sp.</i>	5.15	0.59
<i>Euchone incolor</i>	4.64	0.00
<i>Alitta succinea</i>	3.61	0.59
<i>Jasmineira sp. B</i>	3.61	0.20*
<i>Pseudopolydora kempfi</i>	3.09	0.20*
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	2.58	0.59
<i>Polydora sp.</i>	1.55	1.38
<i>Eteone californica</i>	2.06	0.59
<i>Boccardiella hamata</i>	2.06	0.00

<i>Polydora cornuta</i>	0.00	1.97
<i>Neanthes acuminata</i>	0.00	1.57
<i>Caulleriella armata</i>	1.55	0.00
<i>Chaetozone sp. SD7</i>	1.55	0.00
<i>Chaetozone acuta</i>	1.03	0.00
<i>Chaetozone sp. 1 NB</i>	1.03	0.00
<i>Euchone sp.</i>	1.03	0.00
<i>Laonice sp.</i>	1.03	0.00
<i>Prionospio jubata</i>	1.03	0.00
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	1.03	0.00
<i>Capitella sp.</i>	0.00	0.98
<i>Marphysa sp.</i>	0.52*	0.39
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	0.00	0.79
<i>Nicon moniloceras</i>	0.52*	0.20*
<i>Pseudopolydora sp.</i>	0.52*	0.20*
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0.00	0.59
<i>Neomediomastus sp.</i>	0.00	0.59
<i>Chaetozone lunula</i>	0.52*	0.00
<i>Chaetozone sp. 1</i>	0.52*	0.00
<i>Dispio uncinata</i>	0.52*	0.00
<i>Euchone arenae</i>	0.52*	0.00
<i>Mediomastus californiensis</i>	0.52*	0.00
<i>Polydora narica</i>	0.52*	0.00
<i>Sabellidae sp.</i>	0.52*	0.00
<i>Spiophanes norrisi</i>	0.52*	0.00
<i>Ophelina acuminata</i>	0.00	0.39
<i>Polydora websteri</i>	0.00	0.39
<i>Eteone pigmentata</i>	0.00	0.20*
<i>Flabelligera sp.</i>	0.00	0.20*
<i>Mediomastus acutus</i>	0.00	0.20*
<i>Nereis sp.</i>	0.00	0.20*
<i>Scoloplos armiger (LA2)</i>	0.00	0.20*
<i>Spiophanes wigleyi</i>	0.00	0.20*

En escala espacio-temporal (**Tabla 8**), durante primavera *C. capitata* Complex representó el >60% en Batiquitos Lagoon, Goleta Slough y Newport Bay. Además, *Neanthes acuminata* y *Polydora sp.* representó el >8% de la abundancia relativa de Newport Bay, por otro lado, *B. proboscidea* y *Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)* representó el >3% en Batiquitos Lagoon y Goleta Lagoon. En comparación, durante otoño la especie con una contribución >45% fue *Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)* en

Goleta Slough, mientras que *C. capitata Complex* conformó menos del 19% en Batiquitos Lagoon, Goleta Slough y Newport Bay, pero *P. nuchalis* representó el >22%. Otras especies que presentaron una proporción de abundancia similar fueron *B. proboscidea* en Batiquitos Lagoon y *E. lourei* en Newport Bay con >18%. En las tres escalas (espacial, temporal y espacio-temporal), las especies con una menor contribución se resaltan en la **Tabla 6-8**, destacando a las especies *Chaetozone sp. 1*, *C. lunula*, *Dispio uncinata*, *Euchone arenae*, *Mediomastus californiensis*, *P. narica*, *Sabellidae sp.*, *Spiophanes norrisi*, *Eteone pigmentata*, *Flabelligera sp.*, *M. acutus*, *Nereis sp.*, *Scoloplos armiger (LA2)* y *S. wigleyi* como las menos abundantes.

Tabla 8. Abundancias relativas (%) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) en cada estuario, BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River durante las temporadas de otoño y primavera del año 2021. * = Representan las especies menos comunes.

Especie	Otoño				Primavera				
	BAT	GOL	NEW	VEN	BAT	GOL	MAL	NEW	VEN
<i>Capitella capitata Complex</i>	14.29	18.18	6.19	0.00	89.71	84.34	4.21	63.53	50.00
<i>Polydora nuchalis</i>	35.71	27.27	22.12	0.00	1.23	0.00	83.16	1.18	0.00
<i>Pseudopolydora sp.</i>	0.00	0.00	0.88*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	0.00	45.45	0.00	0.00	0.00	3.61	0.00	0.00	0.00
<i>Boccardia proboscidea</i>	18.57	0.00	2.65	0.00	3.70	1.20*	0.00	0.00	0.00
<i>Exogone lourei</i>	1.43*	0.00	18.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Polydora sp.</i>	0.00	9.09*	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	8.24	0.00
<i>Dispio sp.</i>	14.29	0.00	0.00	0.00	0.41*	0.00	0.00	2.35	0.00
<i>Polydora cornuta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.47	1.18*	0.00
<i>Alitta succinea</i>	0.00	0.00	6.19	0.00	0.00	0.00	0.00	3.53	0.00
<i>Neanthes acuminata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.41	0.00
<i>Euchone incolor</i>	0.00	0.00	7.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Jasmineira sp. B</i>	0.00	0.00	6.19	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18*	0.00
<i>Eteone californica</i>	0.00	0.00	3.54	0.00	0.00	0.00	0.00	3.53	0.00
<i>Pseudopolydora kempfi</i>	0.00	0.00	5.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18*	0.00
<i>Capitella sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.02	0.00	0.00	0.00
<i>Boccardiella hamata</i>	5.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Marphysa sp.</i>	0.00	0.00	0.88*	0.00	0.00	0.00	0.00	2.35	0.00

<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	2.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Caulleriella armata</i>	0.00	0.00	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Chaetozone sp. SD7</i>	0.00	0.00	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ophelina acuminata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	0.00	0.00	0.00
<i>Laonice sp.</i>	1.43*	0.00	0.88*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Polydora websteri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11	0.00	0.00
<i>Nicon moniloceras</i>	0.00	0.00	0.88*	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18*	0.00
<i>Chaetozone acuta</i>	0.00	0.00	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Chaetozone sp. 1 NB</i>	0.00	0.00	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Euchone sp.</i>	0.00	0.00	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Prionospio jubata</i>	0.00	0.00	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Chaetozone sp. 1</i>	1.43*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Polydora narica</i>	1.43*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Sabellidae sp.</i>	1.43*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Spiophanes norrisi</i>	1.43*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Neomediomastus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Eteone pigmentata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20*	0.00	0.00	0.00
<i>Flabelligera sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20*	0.00	0.00	0.00
<i>Scoloplos armiger (LA2)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18*	0.00
<i>Nereis sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05*	0.00	0.00
<i>Chaetozone lunula</i>	0.00	0.00	0.88*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Dispio uncinata</i>	0.00	0.00	0.88*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Euchone arenae</i>	0.00	0.00	0.88*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Mediomastus californiensis</i>	0.00	0.00	0.88*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Mediomastus acutus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41*	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Spiophanes wigleyi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41*	0.00	0.00	0.00	0.00

6.2.3 Diversidad de la comunidad de poliquetos meifaunales

En los estuarios de SoCal se registraron 46 especies en total. Además, el sitio (**Tabla 9**) con mayor diversidad de Shannon-Weiner (H') fue Newport Bay (3.6 H'), mientras que Malibu Lagoon fue el menos diverso (0.92 H'). La diversidad en las temporadas fue (**Tabla 10**), otoño presentó el valor de H' (3.9 H') más elevado en comparación con primavera (1.860 H'). Al relacionar los sitios con las temporadas del año (**Tabla 11**), se presentó un comportamiento de incremento de H' durante otoño. El comportamiento de la diversidad de H' de los sitios y temporadas también se refleja en la riqueza específica (S) (ver **Tabla 11**). En escala local, Newport Bay presentó los

valores más altos de H' durante primavera y otoño (2.081 H' ; 3.780 H'), pero los estuarios con menor diversidad fueron Batiquitos Lagoon en primavera (0.747 H'), mientras que en otoño fue Ventura River (0 H') junto a Goleta Slough (1.790 H'). En términos de riqueza específica, está no coincidió con la H' sólo durante primavera, en vez de Batiquitos Lagoon con la menor riqueza (S), fue Ventura River.

Al analizar la heterogeneidad, de forma general se presentó la tendencia de entre una mayor dominancia de Simpson (C'), una menor equidad Pielou (J') en la mayoría de las estaciones. A nivel espacial (**Tabla 10**), Ventura River (1 J') y Newport Bay (0.762 J') presentaron los valores de equidad de J' más elevados y Malibu Lagoon (0.7 C') tuvo una mayor dominancia de C' . A nivel temporal (Tabla X), otoño presentó un valor de J' más elevado (0.781 J'), mientras que primavera tuvo un valor de C' más alto (0.494 C'). A nivel espacio-temporal (**Tabla 12**), se presentó la tendencia de un incremento en la J' en otoño, pero de forma contraría la C' tuvo una tendencia de incremento en primavera. De forma específica, los sitios con mayor equidad y dominancia en primavera fueron Newport Bay (2.081 J') y Batiquitos Lagoon (0.806 C') respectivamente, por otro lado, en otoño Goleta Slough presentó la mayor J' y C' (0.895 J' ; 0.255 C'). Además, se resalta que Newport Bay durante primavera los valores de J' y C' presentaron valores similares.

Tabla 9. Índices de diversidad de Shannon-Weiner (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson ($\lambda : C'$) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) en el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Sitio	S	($H' \log 2$)	(J')	($\lambda : C'$)
BAT	17	1.631	0.399	0.544
GOL	9	1.378	0.435	0.594

MAL	5	0.922	0.397	0.700
NEW	28	3.666	0.762	0.133
VEN	2	1	1	0

Tabla 10. Índices de diversidad de Shannon-Weiner (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson ($\lambda : C'$) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021.

Estación del año	S	($H' \log 2$)	(J')	($\lambda : C'$)
Otoño	32	3.905	0.781	0.111
Primavera	27	1.860	0.391	0.494

Tabla 11. Índices de diversidad de Shannon-Weiner (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson ($\lambda : C'$) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Sitio	Estación del año	S	($H' \log 2$)	(J')	($\lambda : C'$)
BAT	Otoño	12	2.692	0.751	0.197
GOL		4	1.790	0.895	0.255
NEW		24	3.780	0.824	0.102
VEN		0	0	0	0
BAT	Primavera	9	0.747	0.236	0.806
GOL		7	0.985	0.351	0.714
MAL		5	0.922	0.397	0.700
NEW		13	2.081	0.562	0.417
VEN		2	1	1	0

6.3 Análisis de grupos funcionales en poliquetos

El gremio alimenticio de la estructura de la comunidad de poliquetos estuarinos de SoCal que contribuyó el >60% fue el depositívoro de subsuperficie (SSDF). De forma específica, Batiquitos Lagoon y Ventura River presentaron la dominancia de tres gremios alimenticios, los suspensívoros (SF), SDF (depositívoros de superficie) y SSDF como se observa en la **Figura 10**, en comparación, Newport Bay, Malibu

Lagoon y Goleta Slough presentaron una mayor “heterogeneidad” de gremios, con la presencia adicional de omnívoros (O), carnívoros (C) y herbívoros (H). En Newport Bay, los gremios de SSDF y SDF aún presentaron la mayor proporción, pero O, C y H contribuyeron con >3%. La tendencia de mayor abundancia de los suspensívoros y depositívoros prevaleció en Malibu Lagoon y Goleta Slough (**Fig. 10**). Al mismo tiempo, Malibu Lagoon tuvo una contribución del <1% de C y H, mientras que en Goleta Slough el gremio de O fue menor del 2%. Igualmente, a nivel temporal, se compartió la tendencia en primavera y otoño de la mayor prevalencia de SDF y SSDF, donde primavera tuvo una menor proporción de SDF (16.07%) en comparación con SSDF (79.26%), por el contrario, durante otoño este gremio disminuyó (48.46%) y la de SDF aumento (41.57%). Además, los gremios de C, H, O y SF en ambas temporadas no presentaron una proporción menor al 20%, como se observa en la **Figura ap. 11**.

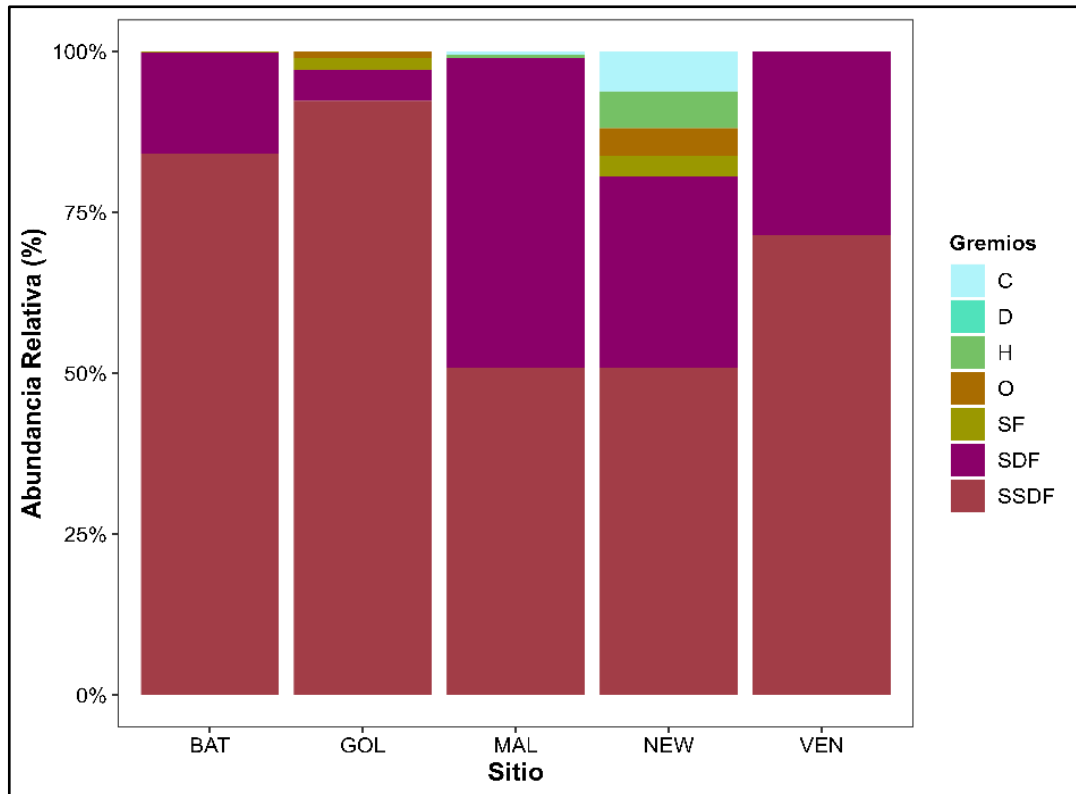


Figura 10. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. Los gremios son C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Los sitios son NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

En escala espacio-temporal, durante la primavera (**Fig. 11**), todos los sitios tuvieron una dominancia del >50% del gremio de SSDF, resaltando a Batiquitos Lagoon y Goleta Slough con una contribución superior al 90%, mientras que SDF presentó una proporción del <50% en la mayoría de los sitios, pero en Batiquitos Lagoon, Goleta Slough y Newport Bay tuvo una dominancia menor del 15%. Además, Newport Bay y Malibu Lagoon presentaron valores <10% de C y H, asimismo, el gremio O tuvo una poca contribución (<6%) en Newport Bay y Goleta Slough. Por otro lado, en otoño la dominancia de SSDF no superó los 90%, con una dominancia

del >40% en Batiquitos Lagoon, Goleta Slough y Newport Bay, mientras que SDF presentó valores entre 20%-46% en Batiquitos Lagoon, Goleta Slough y Newport Bay. El sitio de Newport Bay aún presentó C, H y O, sin embargo, la abundancia fue menor (4%) en comparación con primavera. En ambas temporadas y en todos los sitios la abundancia de SF fue menos del 6%, como se observa en la **Figura 11**.

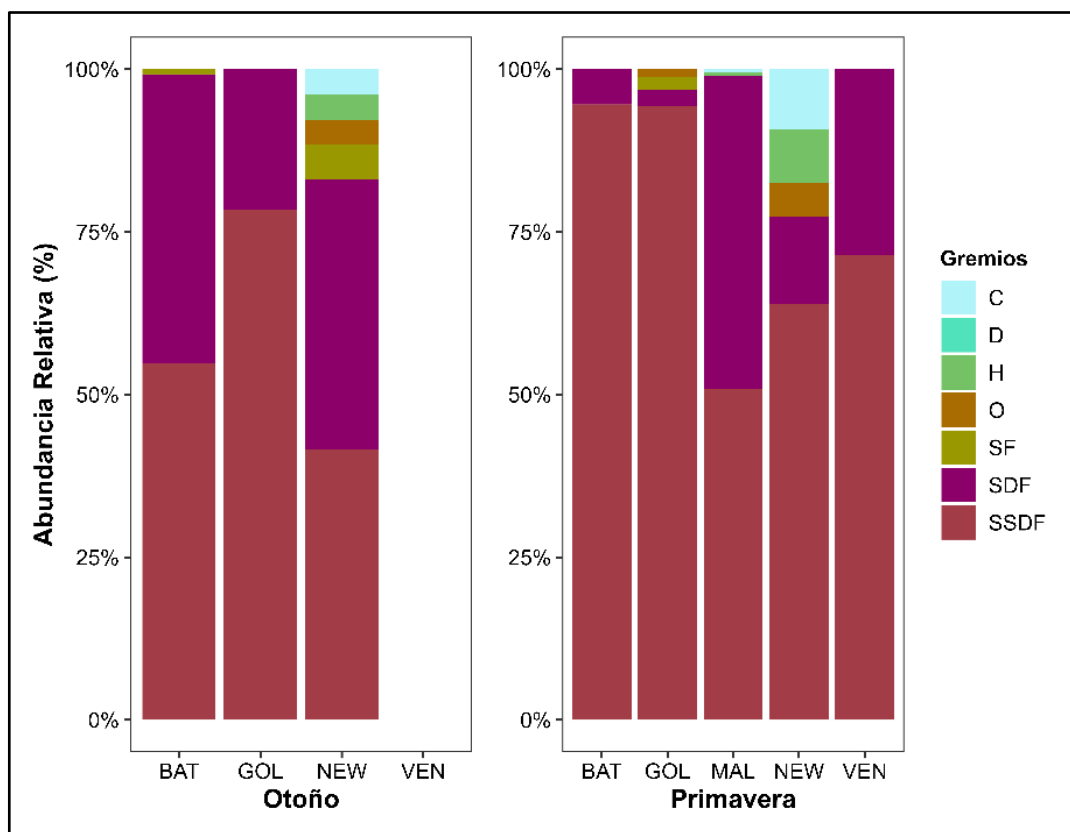


Figura 11. Abundancia relativa (%) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. Los gremios son C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Los sitios son NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

6.4 Análisis multivariados de comunidades de poliquetos

6.4.1 Distribución espacio-temporal de poliquetos (MDS) - Ensamblaje de poliquetos (SIMPER).

El resultado del análisis de agrupamiento de tipo Escalamiento multidimensional no métrico en dos dimensiones (NMDS) a nivel espacio-temporal, se representó en un gráfico de ordenación con un valor de estrés de 0.001, lo que indicó una buena representación en los ensamblajes de la comunidad de poliquetos. En el gráfico del MDS entre sitios y temporadas (**Fig. 12 y Fig. 13**) se muestran principalmente dos grupos, en el primer grupo se acumularon tres de los cinco sitios en primavera, mientras que el segundo grupo presentó dos de los tres sitios durante otoño, resaltando su cercanía con Malibu Lagoon en primavera. Además, el punto más distante de los dos grupos fue Ventura River durante primavera.

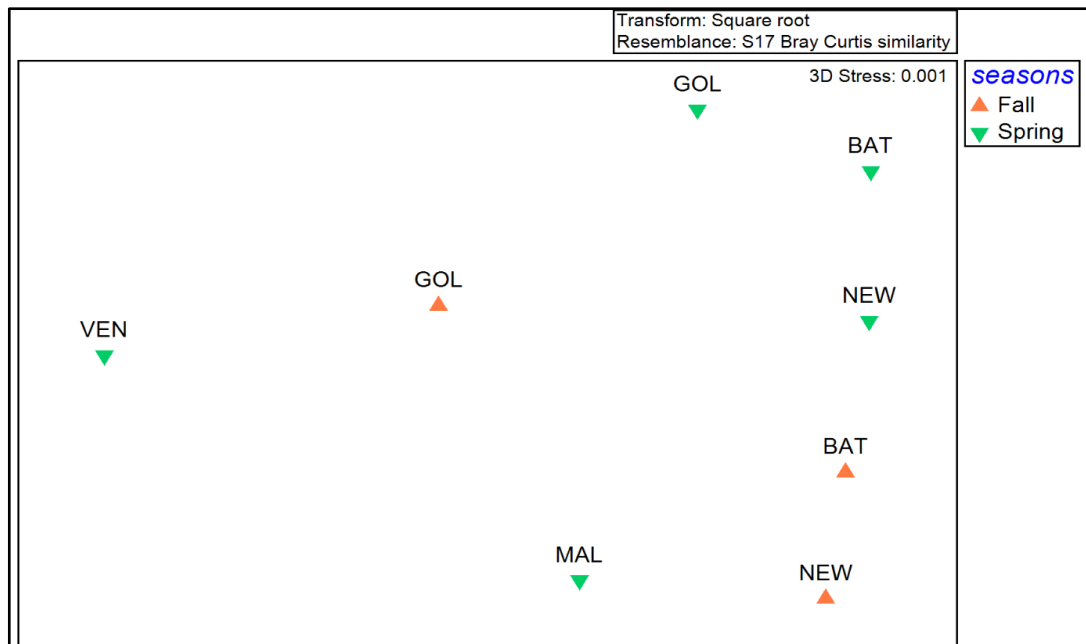


Figura 12. Gráfica del análisis de agrupamiento de tipo Escalamiento multidimensional no métrico en tres dimensiones (NMDS) con base al valor de similitud de Bray-Curtis de la abundancia de especies estuarios del Sur de California (SoCal) de poliquetos durante las

temporadas del año 2021 sumando estratos en cada sitio y temporada del año. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

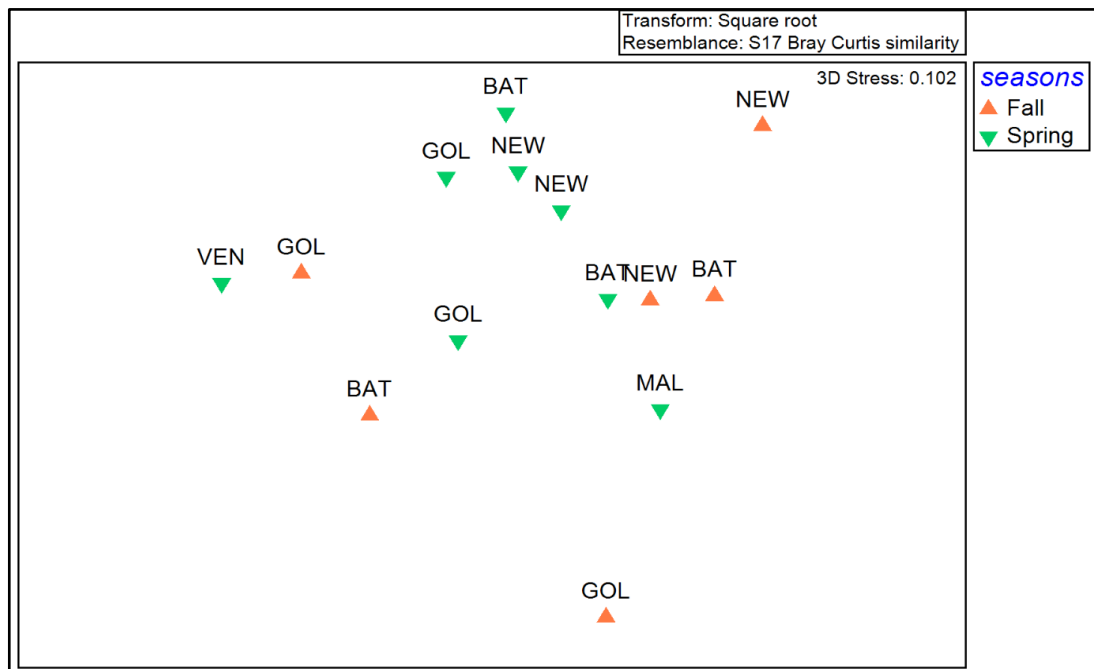


Figura 13. Gráfica del análisis de agrupamiento de tipo Escalamiento multidimensional no métrico en tres dimensiones (NMDS) con base al valor de similitud de Bray-Curtis de la abundancia de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California en el año 2021 considerando estrato del intermareal como réplicas. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

El análisis SIMPER (**Tabla 12**) encontró disimilares en la abundancia de las comunidades de poliquetos entre sitios en los rangos de 66.03%-93.32%. Sólo se presentaron dos comparaciones entre sitios con una disimilitud superior al 90%. La primera fue Batiquitos Lagoon vs Ventura River (93.32%), donde la disimilitud se debió a la contribución acumulada del >50% de las especies de *C. capitata Complex* (49.23%) y *Boccardia proboscidea* (10.73%). La segunda fue Newport Bay vs Ventura River (92.62%), donde *C. capitata Complex* también presentó la mayor contribución (25.28%), pero fue acompañado de *Neanthes acuminata* (11.26%), *Polydora sp.* (10.53%) y *Alitta succinea* (6.9%) para obtener la acumulación superior al 50%. Además, cinco de las diez comparaciones presentaron una disimilitud con valores

cercanos al 80%, donde las especies de *P. nuchalis* y *C. capitata Complex* presentaron la mayor contribución en las diferencias de Malibu Lagoon con Batiquitos Lagoon (54.13%), Goleta Slough (52.51%) y Ventura River (54.52%). Ambas especies aún presentaron la mayor contribución en la disimilitud de Malibu Lagoon con Newport Bay (39.61%), en este sitio también contribuyeron las especies de *Neanthes acuminata* (8.46%) y *Polydora sp.* (7.92%). Otra comparación fue entre Goleta Slough con Ventura River con las especies *C. capitata Complex* (43.98%) y *Capitata sp.* (13.35%). Asimismo, durante temporadas la disimilitud entre otoño y primavera fue del 67.73%, donde las especies de *C. capitata Complex* (29%), *P. nuchalis* (9.56%), *Capitella sp.* (4.76%), *E. lourei* (4.15%) y *B. proboscidea* (3.91%) presentaron la contribución acumulada de >50%.

Tabla 12. Resultados de análisis SIMPER de dos vías entre sitios y temporadas del año de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) en el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River. Undefined!/NA: Corresponde a los valores que lograron ser computados.

Especie	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<u>Av. dissimilarity: 68.81%</u>	BAT vs GOL					
<i>Capitella capitata Complex</i>	8.96	4.89	10	1.64	14.53	14.53
<i>Boccardia proboscidea</i>	3.3	0.5	8.1	1.58	11.78	26.31
<i>Polydora nuchalis</i>	3.37	0.87	7.25	1.52	10.54	36.85
<i>Dispio sp.</i>	2.08	0	6.26	1.1	9.1	45.96
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	0	1.98	5.58	2.32	8.1	54.06
<i>Boccardiella hamata</i>	1	0	3.25	0.71	4.73	58.79
<i>Capitella sp.</i>	0	1.12	2.5	0.71	3.63	62.42
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	0.71	0	2.3	0.71	3.34	65.77
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	1	0	2.24	0.71	3.25	69.02
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0.87	0	1.94	0.71	2.81	71.83
<i>Neomediomastus sp.</i>	0.87	0	1.94	0.71	2.81	74.65
<i>Chaetozone sp. 1</i>	0.5	0	1.63	0.71	2.36	77.01
<i>Exogone lourei</i>	0.5	0	1.63	0.71	2.36	79.38
<i>Laonice sp.</i>	0.5	0	1.63	0.71	2.36	81.74
<i>Polydora narica</i>	0.5	0	1.63	0.71	2.36	84.11
<i>Polydora sp.</i>	0	0.5	1.63	0.71	2.36	86.47

<i>Sabellidae sp.</i>	0.5	0	1.63	0.71	2.36	88.84
<i>Spiophanes norrisi</i>	0.5	0	1.63	0.71	2.36	91.2
<u>Av. dissimilarity: 83.14%</u>	BAT vs MAL					
<i>Capitella capitata Complex</i>	8.96	2	28.84	Undefined!	34.69	34.69
<i>Polydora nuchalis</i>	3.37	8.89	16.17	Undefined!	19.45	54.13
<i>Boccardia proboscidea</i>	3.3	0	6.78	Undefined!	8.15	62.29
<i>Polydora cornuta</i>	0	3	6.78	Undefined!	8.15	70.44
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	1	0	4.52	Undefined!	5.43	75.87
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0.87	0	3.91	Undefined!	4.71	80.58
<i>Neomediomastus sp.</i>	0.87	0	3.91	Undefined!	4.71	85.29
<i>Polydora websteri</i>	0	1.41	3.19	Undefined!	3.84	89.13
<i>Dispio sp.</i>	2.08	0	2.26	Undefined!	2.72	91.85
<u>Av. dissimilarity: 87.90%</u>	GOL vs MAL					
<i>Polydora nuchalis</i>	0.87	8.89	26.89	Undefined!	30.59	30.59
<i>Capitella capitata Complex</i>	4.89	2	19.26	Undefined!	21.91	52.51
<i>Polydora cornuta</i>	0	3	9.08	Undefined!	10.33	62.84
<i>Capitella sp.</i>	1.12	0	6.77	Undefined!	7.7	70.53
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	1.98	0	5.24	Undefined!	5.96	76.5
<i>Ophelina acuminata</i>	0.71	0	4.28	Undefined!	4.87	81.36
<i>Polydora websteri</i>	0	1.41	4.28	Undefined!	4.87	86.23
<i>Boccardia proboscidea</i>	0.5	0	3.03	Undefined!	3.44	89.67
<i>Eteone pigmentata</i>	0.5	0	3.03	Undefined!	3.44	93.12
<u>Av. dissimilarity: 66.03%</u>	BAT vs NEW					
<i>Capitella capitata Complex</i>	8.96	5	7.36	0.79	11.14	11.14
<i>Boccardia proboscidea</i>	3.3	0.87	4.17	1.99	6.32	17.46
<i>Alitta succinea</i>	0	2.19	3.53	9.27	5.35	22.81
<i>Polydora sp.</i>	0	2.03	3.51	1.68	5.31	28.12
<i>Eteone californica</i>	0	1.87	3.07	11.16	4.65	32.77
<i>Jasmineira sp. B</i>	0	1.82	2.84	2.1	4.31	37.08
<i>Pseudopolydora kempfi</i>	0	1.72	2.7	2.34	4.09	41.17
<i>Neanthes acuminata</i>	0	1.41	2.66	0.71	4.03	45.2
<i>Dispio sp.</i>	2.08	0.71	2.66	1	4.03	49.24
<i>Exogone lourei</i>	0.5	2.29	2.57	0.71	3.9	53.13
<i>Euchone incolor</i>	0	1.5	2.16	0.71	3.26	56.4
<i>Marphysa sp.</i>	0	1.21	2.05	2.36	3.11	59.51
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	1	0	1.88	0.71	2.85	62.36
<i>Nicon moniloceras</i>	0	1	1.66	5.25	2.51	64.87
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0.87	0	1.63	0.71	2.47	67.34
<i>Neomediomastus sp.</i>	0.87	0	1.63	0.71	2.47	69.81
<i>Boccardiella hamata</i>	1	0	1.44	0.71	2.18	71.99
<i>Caulleriella armata</i>	0	0.87	1.24	0.71	1.88	73.88
<i>Chaetozone sp. SD7</i>	0	0.87	1.24	0.71	1.88	75.76

<i>Chaetozone acuta</i>	0	0.71	1.02	0.71	1.54	77.3
<i>Chaetozone sp. 1 NB</i>	0	0.71	1.02	0.71	1.54	78.84
<i>Euchone sp.</i>	0	0.71	1.02	0.71	1.54	80.38
<i>Prionospio jubata</i>	0	0.71	1.02	0.71	1.54	81.92
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	0.71	0	1.02	0.71	1.54	83.46
<i>Mediomastus acutus</i>	0.5	0	0.94	0.71	1.43	84.88
<i>Polydora cornuta</i>	0	0.5	0.94	0.71	1.43	86.31
<i>Scoloplos armiger (LA2)</i>	0	0.5	0.94	0.71	1.43	87.74
<i>Spiophanes wigleyi</i>	0.5	0	0.94	0.71	1.43	89.16
<i>Chaetozone lunula</i>	0	0.5	0.72	0.71	1.09	90.25
Av. dissimilarity: 74.41%						
	GOL	vs	NEW			
<i>Alitta succinea</i>	0	2.19	4.63	6.63	6.22	6.22
<i>Exogone lourei</i>	0	2.29	4.44	0.71	5.97	12.19
<i>Polydora nuchalis</i>	0.87	3	4.36	1.56	5.86	18.05
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	1.98	0	4.23	30.78	5.69	23.74
<i>Eteone californica</i>	0	1.87	4.01	21.56	5.38	29.12
<i>Jasmineira sp. B</i>	0	1.82	3.76	1.94	5.05	34.17
<i>Pseudopolydora kempi</i>	0	1.72	3.57	2.14	4.79	38.96
<i>Polydora sp.</i>	0.5	2.03	3.56	0.91	4.79	43.75
<i>Neanthes acuminata</i>	0	1.41	3.38	0.71	4.54	48.29
<i>Euchone incolor</i>	0	1.5	2.91	0.71	3.91	52.19
<i>Boccardia proboscidea</i>	0.5	0.87	2.87	4.2	3.86	56.05
<i>Capitella sp.</i>	1.12	0	2.67	0.71	3.59	59.64
<i>Marphysa sp.</i>	0	1.21	2.66	2.61	3.57	63.21
<i>Capitella capitata Complex</i>	4.89	5	2.41	73.8	3.24	66.45
<i>Nicon moniloceras</i>	0	1	2.16	6.78	2.91	69.36
<i>Dispio sp.</i>	0	0.71	1.69	0.71	2.27	71.63
<i>Ophelina acuminata</i>	0.71	0	1.69	0.71	2.27	73.9
<i>Caulleriella armata</i>	0	0.87	1.68	0.71	2.25	76.15
<i>Chaetozone sp. SD7</i>	0	0.87	1.68	0.71	2.25	78.41
<i>Chaetozone acuta</i>	0	0.71	1.37	0.71	1.84	80.25
<i>Chaetozone sp. 1 NB</i>	0	0.71	1.37	0.71	1.84	82.09
<i>Euchone sp.</i>	0	0.71	1.37	0.71	1.84	83.93
<i>Prionospio jubata</i>	0	0.71	1.37	0.71	1.84	85.77
<i>Eteone pigmentata</i>	0.5	0	1.19	0.71	1.6	87.37
<i>Flabelligera sp.</i>	0.5	0	1.19	0.71	1.6	88.98
<i>Polydora cornuta</i>	0	0.5	1.19	0.71	1.6	90.58
Av. dissimilarity: 80.68%						
	MAL	vs	NEW			
<i>Polydora nuchalis</i>	8.89	3	19.05	Undefined!	23.6	23.6
<i>Capitella capitata Complex</i>	2	5	12.91	Undefined!	16	39.61
<i>Neanthes acuminata</i>	0	1.41	6.83	Undefined!	8.46	48.07
<i>Polydora sp.</i>	0	2.03	6.39	Undefined!	7.92	55.99

<i>Polydora cornuta</i>	3	0.5	4.83	Undefined!	5.98	61.98
<i>Alitta succinea</i>	0	2.19	4.18	Undefined!	5.18	67.16
<i>Eteone californica</i>	0	1.87	4.18	Undefined!	5.18	72.34
<i>Dispio sp.</i>	0	0.71	3.41	Undefined!	4.23	76.57
<i>Marphysa sp.</i>	0	1.21	3.41	Undefined!	4.23	80.81
<i>Polydora websteri</i>	1.41	0	3.41	Undefined!	4.23	85.04
<i>Jasmineira sp. B</i>	0	1.82	2.41	Undefined!	2.99	88.03
<i>Nereis sp.</i>	1	0	2.41	Undefined!	2.99	91.02
<u>Av. dissimilarity: 93.32%</u>	BAT	vs	VEN			
<i>Capitella capitata</i> Complex	8.96	1	45.94	Undefined!	49.23	49.23
<i>Boccardia proboscidea</i>	3.3	0	10.01	Undefined!	10.73	59.96
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	1	0	6.68	Undefined!	7.15	67.11
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0.87	0	5.78	Undefined!	6.19	73.31
<i>Neomediomastus sp.</i>	0.87	0	5.78	Undefined!	6.19	79.5
<i>Polydora nuchalis</i>	3.37	0	5.78	Undefined!	6.19	85.69
<i>Dispio sp.</i>	2.08	0	3.34	Undefined!	3.58	89.27
<i>Mediomastus acutus</i>	0.5	0	3.34	Undefined!	3.58	92.85
<u>Av. dissimilarity: 89.33%</u>	GOL	vs	VEN			
<i>Capitella capitata</i> Complex	4.89	1	39.29	Undefined!	43.98	43.98
<i>Capitella sp.</i>	1.12	0	11.93	Undefined!	13.35	57.33
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	1.98	0	9.24	Undefined!	10.34	67.67
<i>Ophelina acuminata</i>	0.71	0	7.54	Undefined!	8.44	76.12
<i>Boccardia proboscidea</i>	0.5	0	5.33	Undefined!	5.97	82.09
<i>Eteone pigmentata</i>	0.5	0	5.33	Undefined!	5.97	88.06
<i>Flabelligera sp.</i>	0.5	0	5.33	Undefined!	5.97	94.03
<u>Av. dissimilarity: 89.07%</u>	MAL	vs	VEN			
<i>Polydora nuchalis</i>	8.89	0	48.56	Undefined!	54.52	54.52
<i>Polydora cornuta</i>	3	0	16.39	Undefined!	18.4	72.92
<i>Polydora websteri</i>	1.41	0	7.73	Undefined!	8.67	81.6
<i>Capitella capitata</i> Complex	2	1	5.46	Undefined!	6.13	87.73
<i>Nereis sp.</i>	1	0	5.46	Undefined!	6.13	93.87
<u>Av. dissimilarity: 92.62%</u>	NEW	vs	VEN			
<i>Capitella capitata</i> Complex	5	1	23.41	Undefined!	25.28	25.28
<i>Neanthes acuminata</i>	1.41	0	10.43	Undefined!	11.26	36.54
<i>Polydora sp.</i>	2.03	0	9.76	Undefined!	10.53	47.07
<i>Alitta succinea</i>	2.19	0	6.39	Undefined!	6.9	53.97
<i>Eteone californica</i>	1.87	0	6.39	Undefined!	6.9	60.87
<i>Dispio sp.</i>	0.71	0	5.22	Undefined!	5.63	66.5
<i>Marphysa sp.</i>	1.21	0	5.22	Undefined!	5.63	72.13
<i>Jasmineira sp. B</i>	1.82	0	3.69	Undefined!	3.98	76.11
<i>Nicon moniloceras</i>	1	0	3.69	Undefined!	3.98	80.09

<i>Polydora cornuta</i>	0.5	0	3.69	Undefined!	3.98	84.07
<i>Polydora nuchalis</i>	3	0	3.69	Undefined!	3.98	88.06
<i>Pseudopolydora kempi</i>	1.72	0	3.69	Undefined!	3.98	92.04
<hr/>						
Av. dissimilarity: 67.73%	Otoño vs Primavera					
<i>Capitella capitata</i> Complex	2.41	6.7	19.64	1.65	29	29
<i>Polydora nuchalis</i>	3.91	2.32	6.47	7.02	9.56	38.56
<i>Capitella</i> sp.	0	0.45	3.22	0.58	4.76	43.32
<i>Exogone lourei</i>	1.86	0	2.81	0.84	4.15	47.46
<i>Boccardia proboscidea</i>	1.78	0.8	2.65	1.66	3.91	51.37
<i>Dispio</i> sp.	1.05	0.48	2.05	0.99	3.02	54.4
<i>Ophelina acuminata</i>	0	0.28	2.04	0.58	3.01	57.41
<i>Polydora</i> sp.	0.8	0.53	2.02	0.93	2.99	60.39
<i>Eteone pigmentata</i>	0	0.2	1.44	0.58	2.13	62.52
<i>Flabelligera</i> sp.	0	0.2	1.44	0.58	2.13	64.65
<i>Euchone incolor</i>	1	0	1.42	0.58	2.1	66.75
<i>Neanthes acuminata</i>	0	0.57	1.34	0.58	1.98	68.73
<i>Boccardiella hamata</i>	0.67	0	1.27	0.58	1.88	70.61
<i>Paradialychone Eiffelturris</i>	0	0.4	1.27	0.58	1.88	72.49
<i>Laonice</i> sp.	0.67	0	1.11	1.12	1.64	74.13
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0	0.35	1.1	0.58	1.63	75.76
<i>Neomediomastus</i> sp.	0	0.35	1.1	0.58	1.63	77.39
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	0.47	0	0.9	0.58	1.33	78.72
<i>Caulleriella armata</i>	0.58	0	0.82	0.58	1.21	79.93
<i>Chaetozone</i> sp. SD7	0.58	0	0.82	0.58	1.21	81.15
<i>Jasmineira</i> sp. B	0.88	0.2	0.78	0.58	1.15	82.3
<i>Aricidea</i> (<i>Strelzovia</i>) sp. A (GS)	0.75	0.35	0.73	0.58	1.07	83.37
<i>Pseudopolydora kempi</i>	0.82	0.2	0.69	0.58	1.01	84.38
<i>Chaetozone acuta</i>	0.47	0	0.67	0.58	0.99	85.37
<i>Chaetozone</i> sp. 1 NB	0.47	0	0.67	0.58	0.99	86.36
<i>Euchone</i> sp.	0.47	0	0.67	0.58	0.99	87.35
<i>Prionospio jubata</i>	0.47	0	0.67	0.58	0.99	88.34
<i>Chaetozone</i> sp. 1	0.33	0	0.64	0.58	0.94	89.28
<i>Mediomastus acutus</i>	0	0.2	0.64	0.58	0.94	90.22

6.4.2 Análisis de varianza permutacional PERMANOVA

El análisis PERMANOVA utilizando Bray Curtis para evaluar la disimilitud, (9999 permutaciones) mostró que en la comunidad de poliquetos en sitios (psuedo- $F_{2,81}=4$, $p=0.0003$) y temporadas (psuedo- $F_{2,76}=1$, $p=0.0027$) fueron significativamente

diferentes en el año 2021 (**Tabla 13**), resaltando que coincide con lo observado en los patrones de abundancia y riqueza y en los mapas de ordenación nMDS. De forma específica, se realizó una prueba Pair-Wise permutada (9999 permutaciones) para encontrar las diferencias específicas entre los sitios, se encontraron diferencias entre Batiquitos Lagoon con Goleta Slough ($t_{1.438}=1, p=0.0003$) y Newport Bay ($t_{1.752}=1, p=0.0003$), asimismo, también entre Goleta Slough y Newport Bay ($t_{1.522}=1, p=0.0003$). Se hace hincapié que los resultados de estas pruebas son las únicas que se lograron realizar debido al modelo desbalanceado de los datos obtenidos durante este estudio, principalmente a nivel de temporadas del año, como se observa en la **Tabla 14** y **Tabla 15**.

Tabla 13. Resultados de análisis de varianza permutacional (PERMANOVA) utilizando 9999 permutaciones. Si = Estuario y Se = Temporada del Año. El * representa valores de p menores a 0.05 (< 0.001). Tipo II y modelo raw data:

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
si	4	16294	4073.4	2.8103	0.0003*	3169	0.0376
se	1	4001.6	4001.6	2.7607	0.0027*	1668	0.066
Res	2	2898.9	1449.5				
Total	7	2.20E+04					

Tabla 14. Resultados de prueba Pair-Wise de los estuarios. El * representa valores de p menores a 0.005. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River. Tipo III y modelo full:

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
BAT, GOL	1.438	0.0003*	1	0.3827
BAT, MAL	No test			
BAT, NEW	1.752	0.0003*	1	0.3287
BAT, VEN	No test			
GOL, MAL	No test			
GOL, NEW	1.5229	0.0003*	1	0.3672
GOL, VEN	No test			
MAL, NEW	No test			

MAL, VEN	No test
NEW, VEN	No test

Tabla 15. Resultados de prueba Pair-Wise de las estaciones del año. El * representa valores de p menores a 0.05. Tipo III y modelo raw:

Groups	t	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Otoño, Primavera	1.6615	0.0021*	1672	0.0705

6.5 Análisis de la relación de las comunidades de poliquetos con nutrientes

En el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), tomando en cuenta cinco nutrientes, la abundancia de poliquetos en los sitios y las temporadas del año explicaron el 67.74% de las variaciones en los primeros dos componentes, esto correspondió a los valores de C1 (45.34%) y C2 (22.5%). Al considerar sólo las variables ambientales, tres de los valores del componente C1 fueron negativos, con correlaciones bajas a (<3) a medias altas (<6), resaltando al Nitrito+Nitrato con una correlación media alta negativa (<6), como se observa en la **Tabla 16**. En el componente C2, se comparte el mismo comportamiento que el C1, donde tres de las cinco variables son negativas, sin embargo, las correlaciones fueron de bajas (<3) a altas (>7). La Urea fue la única variable con una correlación alta positiva (>7).

Tabla 16. Resultados de análisis de correspondencia canónica (ACC) para las cinco variables consideradas en este estudio. Los valores de correlación corresponden a R².

Variabes	C1	C2
Amoníaco	0.546	-0.148
Fosfato	-0.510	-0.626
Nitrito	0.189	0.386
`Nitrito+Nitrato`	-0.627	-0.625
Urea	-0.500	0.795

Además, al integrar las especies de poliquetos (**Tabla 17**), los organismos que presentaron correlaciones de medias (0.5) a altas (>0.7) con valores positivos; fueron

Capitella sp. (0.962), *Eteone pigmentata* (0.962), *Flabelligera sp.* (0.962), *Ophelina acuminata* (0.962), *Mediomastus acutus* (0.838), *M. ambiseta* (0.838), *Neomediomastus sp.* (0.838), *Paradialychone eiffelturris* (0.823), *Spiophanes wigleyi* (0.838), *Capitella capitata Complex* (0.705) y *Neanthes acuminata* (0.581). Por otro lado, las especies con valores negativos con correlaciones medias a altas corresponden a *Laonice sp.* (-0.839), *Jasmineira sp. B* (-0.839), *Pseudopolydora kempfi* (-0.810), *Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)* (-0.642), *Boccardia hamata* (-0.629), *Chaetozone sp. 1* (-0.629), *Polydora narica* (-0.629), *Pseudopolydora paucibranchiata* (-0.629), *Sabellidae sp.* (-0.629), *Spiophanes norrisi* (-0.629) y *Alitta succinea* (-0.555). Al relacionarlas con los nutrientes, las especies *M. acutus*, *M. ambiseta*, *Neomediomastus sp.*, *P. eiffelturris*, *S. wigleyi* y *C. capitata Complex* presentaron una correlación alta y media al NH₃. De forma contraria, *Laonice sp.*, *Jasmineira sp. B*, *P. kempfi* y *Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)* presentaron una correlación media alta a alta negativa con la CH₄N₂O, como se observa en la **Figura 14** y **15**.

Tabla 17. Resultados de análisis de correspondencia canónica (ACC) de las especies de poliquetos y las cinco variables consideradas en este estudio. Los valores de correlación corresponden a R².

Especie	C1	C2
<i>Alitta succinea</i>	-0.555	1.121
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	-0.642	1.289
<i>Boccardia proboscidea</i>	-0.108	0.283
<i>Boccardiella hamata</i>	-0.629	0.492
<i>Capitella capitata Complex</i>	0.705	-0.116
<i>Capitella sp.</i>	0.962	0.234
<i>Caulleriella armata</i>	-1.042	1.481
<i>Chaetozone acuta</i>	-1.042	1.481
<i>Chaetozone lunula</i>	-1.042	1.481
<i>Chaetozone sp. 1</i>	-0.629	0.492
<i>Chaetozone sp. 1 NB</i>	-1.042	1.481

<i>Chaetozone sp. SD7</i>	-1.042	1.481
<i>Dispio sp.</i>	-0.330	0.390
<i>Dispio uncinata</i>	-1.042	1.481
<i>Eteone californica</i>	-0.346	0.967
<i>Eteone pigmentata</i>	0.962	0.234
<i>Euchone arenae</i>	-1.042	1.481
<i>Euchone incolor</i>	-1.042	1.481
<i>Euchone sp.</i>	-1.042	1.481
<i>Exogone lourei</i>	-1.023	1.436
<i>Flabelligera sp.</i>	0.962	0.234
<i>Jasmineira sp. B</i>	-0.839	1.331
<i>Laonice sp.</i>	-0.836	0.987
<i>Marphysa sp.</i>	0.040	0.681
<i>Mediomastus acutus</i>	0.838	-0.414
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0.838	-0.414
<i>Mediomastus californiensis</i>	-1.042	1.481
<i>Neanthes acuminata</i>	0.581	0.281
<i>Neomediomastus sp.</i>	0.838	-0.414
<i>Nereis sp.</i>	-1.616	-1.835
<i>Nicon moniloceras</i>	-0.230	0.881
<i>Ophelina acuminata</i>	0.962	0.234
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	0.838	-0.414
<i>Polydora cornuta</i>	-1.396	-1.624
<i>Polydora narica</i>	-0.629	0.492
<i>Polydora nuchalis</i>	-1.258	-0.668
<i>Polydora sp.</i>	0.038	0.685
<i>Polydora websteri</i>	-1.616	-1.835
<i>Prionospio jubata</i>	-1.042	1.481
<i>Pseudopolydora kempfi</i>	-0.810	1.310
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	-0.629	0.492
<i>Pseudopolydora sp.</i>	-0.414	2.313
<i>Sabellidae sp.</i>	-0.629	0.492
<i>Scoloplos armiger (LA2)</i>	0.581	0.281
<i>Spiophanes norrisi</i>	-0.629	0.492
<i>Spiophanes wigleyi</i>	0.838	-0.414

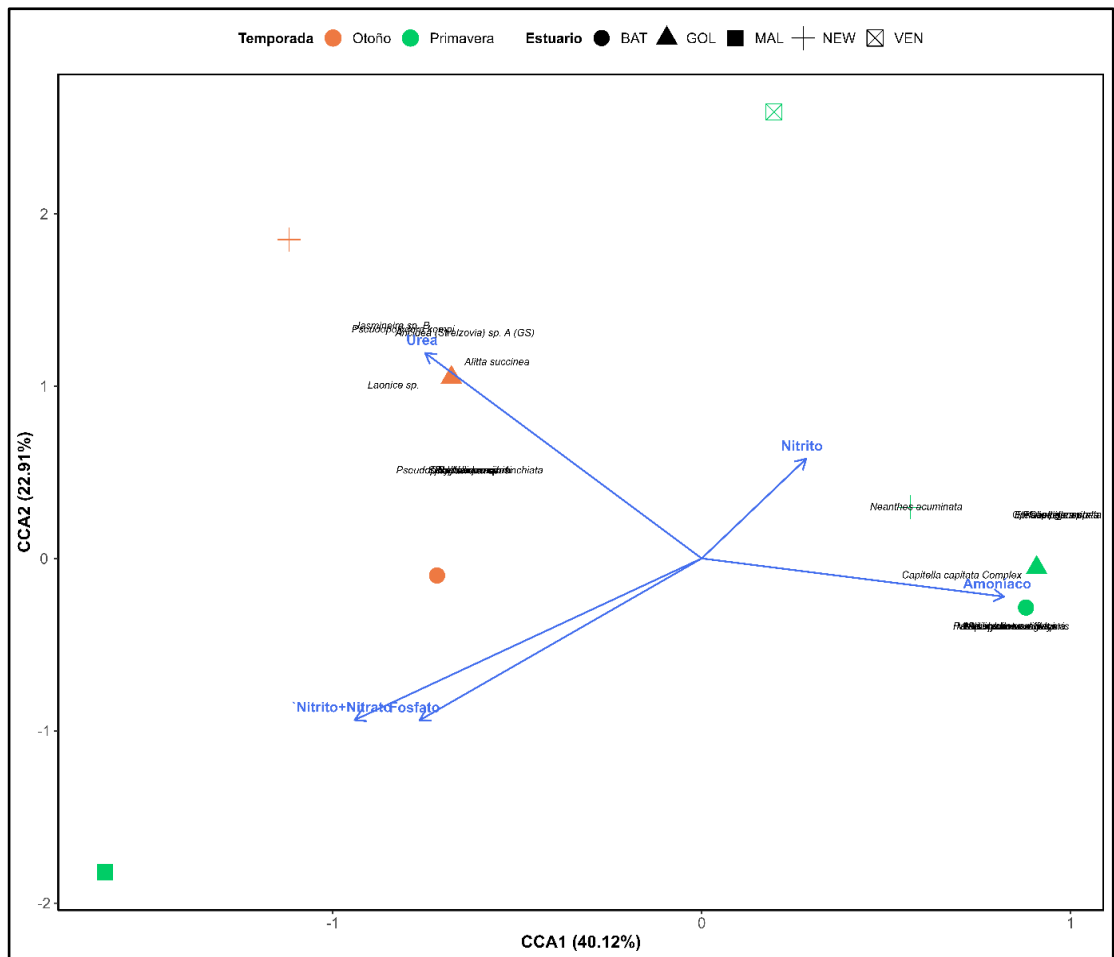


Figura 15. Gráfica de Análisis de Correlación Canónica (ACC) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) considerando cinco nutrientes durante las temporadas del año 2021. Los nutrientes son Urea, Nitrito, Fosfato, Nitrito + Nitrato y Amoníaco. Las correlaciones tuvieron un valor de $X^2_{1,849}=5$, $p=0.1217$ considerando 9999 permutaciones en un modelo reducido. No todas las especies están representadas, los valores de las especies restantes se encuentran en la **Tabla 17**.

VII. DISCUSIÓN

7.1 Resumen

En este estudio se encontraron principalmente dos hallazgos. El primer hallazgo es la dominancia de especies como *Capitella Capitata Complex* que están relacionadas a

sitios con altas concentraciones de materia orgánica (Pearson et al. 1978; Guerra-García et al. 2004). Lo que se ve apoyado por la prevalencia de gremios alimenticios de SSDF y SDF característicos de zonas altamente perturbadas por materia orgánica (Pearson et al. 1978). La dominancia de estos grupos y especies apoya la hipótesis del presente estudio, pero no se encontró una relación significativa con los nutrientes en el ACC, por lo que las comunidades de poliquetos son afectadas por características particulares de cada estuario, como la presencia de vegetación, junto a las concentraciones de materia orgánica. El segundo hallazgo es la diferencia entre primavera y otoño, lo que se refleja en los índices de diversidad y la distribución de los gremios alimenticios, esto se puede deber a eventos de precipitación. Ambos hallazgos se ven apoyados por las diferencias significativas a nivel espacial y temporal obtenidas del análisis PERMANOVA. Cada uno de estos fenómenos se explora de forma específica a nivel de la comunidad de poliquetos y los gremios alimenticios en las siguientes secciones.

7.2 Cambios espacio-temporales de la comunidad de poliquetos

La baja abundancia de poliquetos responde principalmente a los cambios en la hidrología, salinidad, variables químicas (Largier et al. 2019), cobertura vegetal y estructura de los canales y boca de los estuarios (O'Connor et al. 2023), sumando al creciente desarrollo urbano que ocurre en la región del Sur de California (Freeman et al. 2019). Esto se refleja en la dominancia principalmente de dos especies, *Capitella capitata Complex* y *Polydora Nuchalis*. El poliqueto de *C. capitata Complex* presentó una mayor dominancia en Goleta Slough, Batiquitos Lagoon, Ventura River y Newport Bay, lo que indica que estos sitios están siendo perturbados por alto contenido de materia orgánica y por ende la prevalencia de *C. capitata Complex* especie conocida

por ser indicadora de ambientes perturbados con carga alta de materia orgánica en sedimentos (Pearson et al. 1978; Guerra-García et al. 2004), este fenómeno ya ha sido observado en el pasado en Los Ángeles, Long Beach Harbor (Reish, 1957). Además, estas especies tienen tolerancia a perturbaciones ambientales (Méndez et al. 2019), resistencia a condiciones anaeróbicas (Tsutsumi, 1987), es decir, son organismos oportunistas (Grassle et al. 1974). Por otro lado, *P. nuchalis* organismo que dominó en Malibu Lagoon y suele estar asociada con la especie *C. capitata Complex* (Bailey-Brock, 1990), y ha sido reportada como tolerante a altas variaciones de salinidad (Woodwick, 1953), así como a altas concentraciones de Cu (Neira et al. 2014).

Considerando la abundancia total de poliquetos, uno de los sitios donde *C. capitata Complex* presentó una mayor prevalencia, fue el sitio de Ventura River, que destacó por valores bajos en todos los parámetros comunitarios. En este sitio se han registrado una baja dominancia de poliquetos en comparación con ostrácodos, además de una mayor prevalencia de especies dulceacuícolas con tolerancia a niveles de 5 ppt de salinidad (Buenaventura, 2003).

De la misma forma, en este estudio se registraron las especies de *C. capitata Complex* y *Pseudopolydora sp.* que no fueron reportadas en Buenaventura (2003). Otra de las características del estuario de Ventura River es su cercanía a zonas agrícolas recibiendo descargas de nitratos (O'Connor et al. 2023), las cuales concuerdan con las obtenidas en este estudio al ser el segundo estuario con la mayor concentración de Nitratos+Nitritos, sumado a la presencia de *Pseudopolydora sp.*, género que se ha reportado asociado a procesos de desnitrificación (O'Meara et al. 2020), sin considerar que se han reportado fugas del sistema séptico de aguas residuales de la zona urbana (Buenaventura, 2003). Además, la baja dominancia de poliquetos, podría indicar que

otras características ambientales que, en conjunto con los nitratos, como el tipo de sedimento (Raffaelli et al. 1999; Musale et al. 2011), concentraciones extremadamente bajas de oxígeno (Reish et al. 1960), otros contaminantes humanos (Reish et al. 1997) o depredación estén afectando la abundancia de poliquetos (Sardá et al. 1998; Virnstein, 1979). Se hace énfasis en otros contaminantes, debido a que existen reportes por arriba del estándar de plomo y arsénico (Buenaventura, 2003), lo que podrían influir en la sobrevivencia y abundancia de las comunidades de poliquetos (Reish et al. 1991; Ventura-Lima et al. 2007), en especial el plomo en altas concentraciones (Reish et al. 1978; Bat et al. 2001).

Otro de los sitios con prevalencia de *C. capitata Complex* y baja abundancia es Goleta Slough, también presentó una mayor concentración de nitrógeno en forma de amoníaco, lo que podría indicar la eutroficación del sitio y estaciones anóxicas (Pinckney et al. 2001), además de ser conocido por la presencia de especies de algas como *Ulva lactuca* (Mathieson et al. 1994). Por otro lado, se ha registrado la descarga de sedimentos y contaminantes orgánicos, como pesticidas clorados (Padre and Associates, 2010), lo que podría explicar la dominancia de *C. capitata Complex* debido a la disponibilidad de nutrientes en el sedimento (Pearson et al. 1978; Dafforn et al. 2013).

Por último, el sitio con poca abundancia, pero con la dominancia de *P. nuchalis* en vez de *C. capitata Complex* fue Malibu Lagoon. Previamente, se reportó la dominancia de *P. nuchalis* (Dagit, 1989), lo que concuerda con este estudio. Su dominancia fue reportada principalmente en sedimentos finos (limos y arcillas) ricos en sulfuro de hidrógeno y material vegetal en descomposición (Dagit, 1989), aunque se ha reportado una asociación negativa de su densidad con el material orgánico,

sulfuro y limo del sedimento (Neira et al. 2007). Considerando la asociación negativa con la materia orgánica, su dominancia en comparación con otras especies menos abundantes, podría ser por las variaciones en la salinidad causadas por la morfología del estuario (temporalmente abierto) y entrada de agua dulce temporal (Woodwick, 1953). La presencia de *C. capitata Complex* podría indicar la presencia de descargas de nutrientes en el río (Pearson et al. 1978).

Por otro lado, los sitios con mayor abundancia total, pero con dominancia de *C. capitata Complex* son Batiquitos Lagoon y Newport Bay. Estos estuarios han tenido un historial de eutrofización por influencias urbanas, como la descarga por medio de ríos de nutrientes (carbono, nitritos y fosfatos) afectando la columna de agua y sedimentos (Boyle et al. 2004; Ahn et al. 2005). Aunque se han implementado varios proyectos de manejo de ecosistemas en los últimos años (Walker et al. 1998; Green et al. 2021; Orange County Coastkeeper, 2015; Orange County Coastkeeper (OCC) et al. 2019), en especial de Newport Bay donde se ha reportado una disminución de las descargas de nutrientes (nitrógeno) de fuentes no puntuales (ríos, mantos acuíferos y lluvias), disminuyendo la formación de florecimientos de algas, sin considerar el aumento, aunque no significativo, de la cobertura de pasto marino de *Zoster marina* en sitios específicos (Green et al. 2021). Por otro lado, en Batiquitos Lagoon se han realizado esfuerzos para mitigar los efectos causados por el proyecto de The Batiquitos Lagoon Enhancement, que cambió los tipos de ecosistemas costeros de la región (Walker et al. 1998; Beller et al. 2014), sumado a otros esfuerzos de restauración como el Southern California Wetlands Recovery Project (SCWRP), pero no al mismo nivel de Newport Bay con el trasplante de *Z. marina* (SCWRP, 2025^a; SCWRP, 2025^b).

En Newport Bay, se ha reportado *C. capitata Complex* como especie dominante, pero también *Streblospio benedicti* y *Polydora cornuta* todas ellas asociadas a ambientes con altas concentraciones de materia orgánica (Levin et al. 1998; Pearson et al. 1978). La ausencia de alguna de las especies, como *S. benedicti* podrían indicar un cambio en la comunidad de poliquetos (Johnson et al. 2007; Peterson et al. 2010), pero no en las concentraciones de materia orgánica o el tipo de sedimento debido a la dominancia de *C. capitata Cmplx*, que comparte un ambiente similar (sedimento estable y rico en materia orgánica) con estas especies, en especial *S. benedicti* (Gray, 1976; Pearson et al. 1978). Así mismo, *S. benedicti* está relacionada con el género de *Pseudopolydora* reportada en este estudio (Levin, 1981; Levin, 1982), por lo que un cambio en las condiciones ambientales y la estructura de la comunidad que favorece esta especie fue distinto en Newport Bay en 2021, como eventos de precipitación, competencia interespecífica (Levin, 1984), tiempo de inundación por mareas (Johnson et al. 2007) y salinidad (Peterson et al. 2010).

Además, el manejo de restauración podría haber influido en la abundancia de poliquetos (Steinfurth et al. 2022; OCC (2015); OCC et al. (2019), aunque la dominancia del poliqueto *C. capitata Complex* podría indicar aún la influencia de descargas de sedimentos orgánicos (Pearson et al. 1978; Guerra-García et al. 2004) como carbonos y Chl-a con las familias como Capitellidae y Spionidae (Dafforn et al. 2013), aunque el aumento en *Z. marina* por proyectos como OCC (2015), OCC et al. (2019), podría destacar aún más su similitud con un estuario con menor impacto humano como San Quintín, México, en donde *Z. marina* favorece la retención de sedimento y una etapa de la maduración de lagunas marinas (Barnard, 1970), lo que sumado a otros servicios ecológicos aumentan la abundancia de organismos infaunales

(Steinfurth et al. 2022; Homziak et al. 1982; Micheli et al. 2008). Además, la dominancia de *C. capitata Complex* sigue el mismo patrón que los sitios anteriores (Pearson et al. 1978; Guerra-García et al. 2004).

Al incluir la escala temporal, en SoCal la mayor abundancia ocurre en primavera lo que se puede relacionar a bajos niveles de precipitación (Reish et al. 1978), pero durante la primavera de 2021 se registró una mayor precipitación en comparación con otoño (National Weather Service, 2021), sin considerar la cercanía de primavera a eventos de lluvia que ocurren en invierno (Luković et al. 2021). La abundancia se puede explicar a que se ha registrado que después de eventos masivos de lluvias se observa una mayor densidad de organismos (Reish et al. 1978), pero este tipo de eventos meteorológicos aún tienen un efecto en los poliquetos debido al impacto en la salinidad, oxígeno disuelto y tamaño de grano en los estuarios (Nozais et al. 2005; Santos et al. 1996), lo que se refleja en la alta dominancia, pero equidad y diversidad baja de los estuarios durante primavera, en especial Batiquitos Lagoon, Goleta Slough y Malibu Lagoon. La dominancia es principalmente por las especies *C. capitata Complex* y *P. nuchalis*, lo que se podría deber a su tolerancia a los cambios relacionados con la lluvia (Cuomo et al. 1997; Woodwick, 1953; Grassle et al. 1974; Jumars et al. 2015), así como la mayor disponibilidad de nichos después de eventos con cambios abruptos, como la lluvia (Zajac et al. 1982). El único sitio que presentó valores altos de diversidad y valores similares de equidad y dominancia fue Newport Bay, lo que podría deberse a una mayor disponibilidad de nutrientes, como contenido orgánico (Jumars et al. 2015), además de la presencia de vegetación, como *Z. marina*, que, al tener funciones como la retención de sedimento, podría funcionar como protección con los efectos de las lluvias (Waycott et al. 2009; Orth et al. 2006).

Por otro lado, aunque durante otoño también se presentaron precipitaciones, estas fueron leves (National Weather Service, 2021), lo que se refleja en una mayor diversidad y equidad en los cinco sitios, lo que significa que no se presentaron efectos severos en la estructura del sedimento (Nozais et al. 2005; Santos et al. 1996), permitiendo la sobrevivencia y heterogeneidad de los poliquetos como *Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)*, *Boccardia proboscidea* y *E. lourei* en los estuarios durante la temporada, pero aún con la dominancia de *C. capitata Complex* y *P. nuchalis*, aunque la presencia de *C. capitata Complex* y *E. lourei*, aún podrían indicar la perturbación de sedimento por lluvia, debido a su registro como especies que colonizan después de este tipo de perturbaciones (Levin, 1984).

7.3 Diversidad de Gremios alimenticios

La gran dominancia del gremio depositivo de subsuperficie (SSDF) se refleja por la prevalencia de *C. capitata Complex* (Capitellidae), sin considerar que este gremio tiene una relación con la disponibilidad de partículas de nutrientes en el sedimento y el tipo de grano del sustrato (Gray, 1976; Jumars et al. 2015; Pagliosa, 2005). Por lo que los estuarios de SoCal, en especial Batiquitos Lagoon y Ventura River, donde sólo se presentan depositivo de subsuperficie y superficie, tienen una relación estrecha con altas concentraciones de materia orgánica en forma de carbono (Pearson et al. 1978), aunque estos gremios también están relacionados a etapas tempranas de sucesión en estuarios (Cuomo et al. 1997) y sustratos blandos lodoso (Carrasco et al. 1998), pero su dominancia se puede deber a la perturbación de los sitios por causas antropogénicas, como las descargas de nutrientes por medio de ríos o cercanías a zonas urbanas (Zajac et al. 1982; Freeman et al. 2019; Padre and Associates, 2010) en estuarios oligotróficos como los de SoCal (Maziarz et al. 2019), lo que se observa en los cinco estuarios de

SoCal, al tener concentraciones altas de nutrientes como el nitrógeno y fosfato en diferentes formas.

De forma contraria, en sitios donde se presentaron otros gremios alimenticios, pero aún tuvieron una dominancia los depositívoros, como Newport Bay, Malibu Lagoon y Goleta Slough, se destaca Newport Bay al presentar herbívoros, omnívoros y carnívoros, lo que podría indicar que la red trófica de poliquetas presenta una mayor diversidad y complejidad (Sokołowski et al. 2012; MacArthur, 1955; Magalhães et al. 2011), al tener organismos carnívoros como Eunicidos y Phyllodocidos que se alimentan de organismos (Fauchald et al. 1979) o consumen detrito (Blake et al. 1997), lo que equivale a un aumento en el transporte de nutrientes a través de red trófica (Fox et al. 2009; Sokołowski et al. 2012), pero una comunidad conformada sólo de carnívoros y SSDF también se ha relacionado a ambientes con altos niveles de descarga de materia orgánica (Pearson et al. 1978). Además, otros factores abióticos como el tamaño y la profundidad impactan los nichos ecológicos y gremios alimenticios disponibles en el ambiente (Mattos et al. 2013; Carrasco et al. 1998).

Por otra parte, los organismos del gremio omnívoro, como los Nereidos y Syllidos, al no tener una restricción en su alimentación (Jumars et al. 2015; Giangrande et al. 2000), podría indicar que el ambiente presenta características menos favorables para gremios con menor flexibilidad al seleccionar su alimento (Pagliosa, 2005). Aunque, la presencia de omnívoros en Newport Bay, se debe principalmente por el syllido *E. lourei*, que al tener la categoría de herbívoro (Levin, 1984) (la cual no se vio reflejado en el fuzzy coding a nivel de familia) junto al eunicido *Marphysa sp.* (Fauchald et al. 1979), podrían indicar la presencia de recursos vegetales (Gerwing et

al. 2023), no necesariamente cobertura de algas, disponibles en el sitio (Woodin, 1974).

Al incluir la escala temporal, durante primavera hay una mayor proporción de SSDF en comparación con otros gremios, mientras que otoño la proporción es entre SSDF y SDF, este cambio se puede deber a las precipitaciones en primavera en comparación con otoño (National Weather Service, 2021), donde se ha asociado un cambio en la contribución de SDF en relación a sucesos de desecación de sedimento o estancamiento de agua, como los que pudieron ocurrir en temporadas con bajas precipitaciones (Johnson et al. 2007). El único sitio que no presenta este comportamiento es Newport Bay, por condiciones que se describieron anteriormente en el análisis de Cambios espacio-temporales de la comunidad de poliquetos, como la mayor disponibilidad de nutrientes, presencia de vegetación (Pearson et al. 1978; Waycott et al. 2009; Orth et al. 2006).

VIII.CONCLUSIONES

El presente estudio aporta el elenco de especies, la estructura de la comunidad de los poliquetos de la región sur de California, así como la descripción de los de los gremios de poliquetos como una herramienta de diversidad para analizar los impactos antropogénicos en los estuarios del Sur de California en 2021 a nivel espacial (Batiqitos Lagoon, Newport Bay, Goleta Slough, Ventura River y Malibu Lagoon) y temporal (primavera y otoño). Además, se registró que la relación entre la comunidad de poliquetos, en escala temporal y espacial con la concentración de nutrientes considerados en este estudio aún no es clara, y factores como las concentraciones de material orgánico, características específicas de cada sitio y eventos climáticos, como

las precipitaciones, fueron los que definieron la estructura comunitaria de poliquetos. Dichos factores, presentan variación entre temporadas del año, por lo que modifican las comunidades de organismos en los estuarios. No obstante, se recomienda que futuros estudios consideren variables representativas del sedimento como el tamaño de grano, concentración de carbono, disolución de oxígeno y salinidad, así como la inclusión de otros grupos de importancia de la meiofauna, esto con el fin de tener un entendimiento más amplio del ambiente y poder percibir los cambios causados por eventos climatológicos y estocásticos.

IX. LITERATURA CITADA

- Ahn, J.H., Grant, S.B., Surbeck, C.Q., DiGiacomo, P.M., Nezlin, N.P. y Jiang, S. 2005. Coastal water quality impact of stormwater runoff from an urban watershed in southern California. *Environmental science & technology*, 39(16): 5940-5953. doi: 10.1021/es0501464.
- Alvarez-Aguilar, A. 2017. Análisis espacio-temporal de la comunidad de poliquetos bénticos y su relación con factores físico-químicos del sedimento en la franja costera Tijuana-Ensenada, Baja California, México [Tesis de doctorado]. Universidad Autónoma de Baja California.
- Alvarez-Aguilar, A., Rodríguez-Villanueva, V., Macías-Zamora, J.V., Ramírez-Álvarez, N. y Hernández-Guzmán, F.A. 2017. Spatio-temporal analysis of benthic polychaete community structure in the north-western coast of Baja California, Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97(5): 993-1005. doi: 10.1017/S0025315417000637.
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral ecology*, 26(1): 32-46. doi: 10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N. y Clarke, K.R. 2008. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth.
- Araujo-Leyva, O., Rodríguez-Villanueva, L.V. y Macías-Zamora, J.V. 2020. Biodiversity of polychaetous annelids in Bahía de Todos Santos, Baja California México. *Zoosymposia*, 19: 51-71. doi: 10.11646/ZOOSYMPOSIA.19.1.10.

- Arthur C.M. y Edward J.H. 1994. A comparison of the marine algae from the Goleta Slough and adjacent open coast of Goleta/Santa Barbara, California with those in the southern Gulf of Maine. *Rhodora*, 96(887): 207–258.
- BA, I.M., Spencer, T., French, J.R., Leggett, D.J. y Dixon, M. 2001. The sea-defence value of salt marshes: field evidence from North Norfolk. *Water and Environment Journal*, 15(2): 109-116. doi: 10.1111/j.1747-6593.2001.tb00315.x.
- Bailey-Brock, J.H. 1990. *Polydora nuchalis* (Polychaeta: Spionidae), a new Hawaiian record from aquaculture ponds. *Pacific Science*, 44(1): 81- 87
- Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C. y Silliman, B.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological monographs*, 81(2): 169-193. doi: 10.1890/10-1510.1.
- Barnard, J.L. 1970. Benthic Ecology of Bahia de San Quintín, Baja California. Vol. 44. Smithsonian Institution Scholarly Press. doi: 10.5479/si.00810282.44
- Bartholdy, J. 2012. Salt Marsh Sedimentation. En Davis Jr., R. y Dalrymple, R. (Eds.), *Principles of Tidal Sedimentology*. Springer. 151–185 pp. doi: 10.1007/978-94-007-0123-6_8.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Akbulut, Çulha, M. y Satilmis, H. 2001. Toxicity of zinc and lead to the polychaete worm *Hediste diversicolor*. *Turkish Journal of Marine Sciences*, 7(2): 71–84.
- Baudrimont, M., Schäfer, J., Marie, V., Maury-Brachet, R., Bossy, C., Boudou, A. y Blanc, G. 2005. Geochemical survey and metal bioaccumulation of three bivalve species (*Crassostrea gigas*, *Cerastoderma edule* and *Ruditapes philippinarum*) in the Nord Médoc salt marshes (Gironde estuary, France).

Science of the Total Environment, 337(1-3): 265-280. doi:
10.1016/j.scitotenv.2004.07.009.

- Beller, E.E., Baumgarten, S.A., Grossinger, R.M., Longcore, T.R., Stein, E.D., Dark, S.J. y Dusterhoff, S.R. 2014. Northern San Diego County Lagoons Historical Ecology Investigation: Regional Patterns, Local Diversity, and Landscape Trajectories. Prepared for the State Coastal Conservancy. sfel Publication #722, San Francisco Estuary Institute, Richmond, CA. 90-92 pp.
- Bergen, M., Weisberg, S.B., Cadien, D., Dalkey, A., Montagne, D., Smith, R.W., Stull, J.K. y Velard, R.G. 1998. Southern California Bight 1994 Pilot Project: IV. Benthic Infauna. Southern California Coastal Water Research Project, Westminster, CA. 260 p.
- Blake, J.J., Hilbig, B. y Scott, P.H. (Eds.). 1995. The Annelida ; Part 2. Polychaeta: Phyllodocida (Syllidae and Scale-Bearing families), Amphinomida, and Eunicida. En (Eds.) Taxonomic atlas of the benthic fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel. Vol. 5. Santa Barbara Museum of Natural History.
- Blake, J.J., Hilbig, B. y Scott, P.H. (Eds.). 1996. The Annelida ; Part 3. Polychaeta: Orbiniidae to Cossuridae. En eds. Taxonomic atlas of the benthic fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel. Vol. 6. Santa Barbara Museum of Natural History.
- Blake, J.J., Hilbig, B. y Scott, P.H. (Eds.). 1997. The Annelida ; Part 1. Oligochaeta and Polychaeta: Phyllodocida (Phyllodocidae to Paralacydoniidae). En Taxonomic atlas of the benthic fauna of the Santa Maria Basin and Western

- Santa Barbara Channel. Rev. ed. Vol. 4. Santa Barbara Museum of Natural History. 407 p.
- Blake, J.J., Hilbig, B. y Scott, P.H. (Eds.). 2000. The Annelida ; Part 4. Polychaeta: Flabelligeridae to Ampharetidae. En Taxonomic atlas of the benthic fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel. Vol. 7. Santa Barbara Museum of Natural History.
- Boyle, K.A., Kamer, K. y Fong, P. 2004. Spatial and temporal patterns in sediment and water column nutrients in a eutrophic southern California estuary. *Estuaries*, 27: 378-388. doi: 10.1007/BF02803530.
- Bradshaw, J.S. y Mudie, P.J. 1972. Some aspects of pollution in San Diego County lagoons. California Marine Research Commission, California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report, 16: 84-92.
- Carlton, J.T. 2023. Marine Invertebrate Neoextinctions: An Update and Call for Inventories of Globally Missing Species. *Diversity*, 15(6): 782. MDPI AG. doi: 10.3390/d15060782.
- Carman, K.R., Fleeger, J.W. y Pomarico, S.M. 1997. Response of a benthic food web to hydrocarbon contamination. *Limnology and Oceanography*, 42(3): 561-571. doi: 10.4319/lo.1997.42.3.0561.
- Carrasco, F.D. y Carbajal, W. 1998. The Distribution of Polychaete Feeding Guilds in Organic Enriched Sediments of San Vicente Bay, Central Chile. *International Review of Hydrobiology*, 83(3): 233–249. doi: 10.1002/iroh.19980830306.
- Chandler, G.T., Coull, B.C. y Davis, J.C. 1994. Sediment-and aqueous-phase fenvalerate effects on meiobenthos: Implications for sediment quality criteria development. *Marine Environmental Research*, 37(3): 313-327.

- Chevene, F., Doleadec, S. y Chessel, D. 1994. A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshwater biology*, 31(3): 295-309. doi: 10.1111/j.1365-2427.1994.tb01742.x.
- Cirrito, N.D. 2023. Quantifying Carbon Stock Variation in Batiquitos Lagoon's Salt Marshes: Implications for Conservation and Nature-based Solutions to Reduce the Impacts of Climate Change [Master of Advanced Studies, Climate Science & Policy, Scripps Institution of Oceanography]. <https://escholarship.org/uc/item/7s13h9hd>.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology*, 18(1): 117-143. doi: 10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x.
- Clarke, K.R. y Warwick, R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition, PRIMER-E, Ltd., Plymouth.
- Clements, F.E. 1905. *Research Methods in Ecology*. University of Nebraska–Lincoln. 334 p.
- Coull, B.C. 1990. Are members of the meiofauna food for higher trophic levels?. *Transactions of the American Microscopical Society*, 109(3): 233-246.
- Coull, B.C. 1999. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Australian Journal of Ecology*, 24(4): 327-343. doi: 10.1046/j.1442-9993.1999.00979.x.
- Cox, B. 2001. The biogeographic regions reconsidered. *Journal of biogeography*, 28(4): 511-523. doi: 10.1046/j.1365-2699.2001.00566.x.
- Cuomo, C. y Zinn, G.A. 1997. Benthic invertebrates of the lower West River. En *Restoration of an urban salt marsh: an interdisciplinary approach*. Yale School

of the Environment Bulletin Series. 152-161 pp.

https://elischolar.library.yale.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1101&context=yale_fes_bulletin.

- Dafforn, K.A., Kelaher, B.P., Simpson, S.L., Coleman, M.A., Hutchings, P.A., Clark, G. F., Knott, N.A., Doblin, M.A. y Johnston, E.L. 2013. Polychaete richness and abundance enhanced in anthropogenically modified estuaries despite high concentrations of toxic contaminants. *PloS one*, 8(9): e77018. doi: 10.1371/journal.pone.0077018.
- Dagit, R. 1989. Chapter 5.0: Benthic Infauna Survey. En Dillingham, J.H. y Manion B.S. (Eds.), *Malibu lagoon: A Baseline Ecological Survey*. Topanga-Las Virgenes Resource Conservation District. Performed for Los Angeles County, Department of Beaches and Harbors and California State Department of Parks and Recreation. 73-93 pp.
- Dean, H.K. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Revista de biologia tropical*, 56(4): 11-38. pp.
- De León-González, J. A., Bastida-Zavala, J.R., Carrera-Parra, L.F., García-Garza, M.E., Peña-Rivera, A., Salazar-Vallejo, S.I. y Solís-Weiss, V. (Eds.). 2009. *Poliquetos (Annelida:Polychaeta) de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.
- Díaz-Castañeda, V. y Reish, D. 2009. Polychaetes in environmental studies. *Annelids in modern biology*, 7: 203-227. doi: 10.1002/9780470455203.ch11.
- Dong, C. y McWilliams, J.C. 2007. A numerical study of island wakes in the Southern California Bight. *Continental Shelf Research*, 27(9): 1233-1248. doi: 10.1016/j.csr.2007.01.016.

- Ellis, D. 1985. Taxonomic sufficiency in pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 16(12): 459.
- EMPA. 2022^a. Estuary Marine Protected Area Monitoring Protocol. SCWRP. https://ftp.sccwrp.org/pub/download/PROJECTS/EMPA/deliverables/monitoring_manual.pdf.
- EMPA. 2022^b. SOP 3 Sediment Quality. SCWRP. https://ftp.sccwrp.org/pub/download/PROJECTS/EMPA/sopPDFs/SOP092623/manuals/SOP3_Sediment_Quality.pdf.
- Ertel, B. 2018. Marine debris in salt marshes and microplastic ingestion by *Uca pugilator* [Honors Thesis]. University of North Carolina at Chapel Hill. doi: 10.17615/j1s3-8963.
- Espinosa-Carreón, T.L., Gaxiola-Castro, G., Robles-Pacheco, J.M. y Nájera-Martínez, S. 2001. Temperature, salinity, nutrients and chlorophyll a in coastal waters of the Southern California Bight. *Ciencias marinas*, 27(3): 397-422. doi: 10.7773/cm.v27i3.490.
- Fauchald, K. y Jumars, P.A. 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and marine Biology annual review*, 17:193–284.
- Fauchald, K. 1997. The polychaete worms, definitions and keys to the orders, families and genera. 1er ed. Natural History Museum of Los Angeles Country. 1-4 pp.
- Ferraro, S.P. y Cole, F.A. 1990. Taxonomic level and sample size sufficient for assessing pollution impacts on the Southern California Bight macrobenthos. *Marine ecology progress series*. Oldendorf, 67(3): 251-262.
- Fetscher, A.E., Sutula, M.A., Callaway, J.C., Parker, V.T., Vasey, M.C., Collins, J.N. y Nelson, W.G. 2010. Patterns in estuarine vegetation communities in two

- regions of California: Insights from a probabilistic survey. *Wetlands*, 30: 833-846. doi: 10.1007/s13157-010-0096-9.
- Fox, S.E., Teichberg, M., Olsen, Y.S., Heffner, L. y Valiela, I. 2009. Restructuring of benthic communities in eutrophic estuaries: Lower abundance of prey leads to trophic shifts from omnivory to grazing. *Marine Ecology Progress Series*, 380: 43–57. doi: 10.3354/meps07917.
- Frangipane, G., Ghirardini, A.V., Collavini, F., Zaggia, L., Pesce, A. y Tagliapietra, D. 2005. Heavy metals in *Hediste diversicolor* (polychaeta: nereididae) and salt marsh sediments from the lagoon of Venice (Italy). *Chemistry and Ecology*, 21(6): 441-454. doi: 10.1080/02757540500438649.
- Freeman, L.A., Corbett, D.R., Fitzgerald, A.M., Lemley, D.A., Quigg, A. y Steppe, C.N. (2019). Impacts of Urbanization and Development on Estuarine Ecosystems and Water Quality. *Estuaries and Coasts*, 42(7): 1821–1838. doi: 10.1007/s12237-019-00597-z.
- Friedrichs, C.T. y Perry, J.E. 2001. Tidal salt marsh morphodynamics: a synthesis. *Journal of Coastal Research*, 27: 7-37.
- Gaston, G.R. 1992. Green-winged teal ingest epibenthic meiofauna. *Estuaries*, 15(2): 227-229.
- Gerwing, T.G., Campbell, L., Hamilton, D.J., Barbeau, M.A., Norris, G.S., Dudas, S.E. y Juanes, F. 2023. Structuring forces of intertidal infaunal communities on the northern coast of British Columbia, Canada: Assessing the relative importance of top-down, bottom-up, middle-out, and abiotic variables. *FACETS*, 8: 1–14. doi: 10.1139/facets-2022-0199.

- Gheller, P.F. y Corbisier, T.N. 2022. Monitoring the anthropogenic impacts in Admiralty Bay using meiofauna community as indicators (King George Island, Antarctica). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94(Suppl.1): 1-20. doi: 10.1590/0001-3765202220210616.
- Gelpi, C.G. y Norris, K.E. 2008. Seasonal temperature dynamics of the upper ocean in the Southern California Bight. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 113(C4): 1–18. doi: 10.1029/2006JC003820.
- Gerlach, S.A. 1971. On the importance of marine meiofauna for benthos communities. *Oecologia*, 6(2): 176-190.
- Giangrande, A., Licciano, M. y Pagliara, P. 2000. The diversity of diets in Syllidae (Annelida: Polychaeta). *Cahiers de Biologie Marine*, 41(1): 55-66.
- Gillett, D.J., Enright, W. y Walker, J.B. 2022. Southern California Bight 2018 Regional Monitoring Program: Volume III. Benthic Infauna. Technical Report 1289. Southern California Coastal Water Research Project. Costa Mesa, CA.
- Gillett, D.J., Lovell, L.L. y Schiff, K.C. 2017. Southern California Bight 2013 Regional Monitoring Program: Volume VI. Benthic Infauna. Technical Report 971. Southern California Coastal Water Research Project. Costa Mesa, CA.
- Guerra-García, J.M. y García-Gómez, J.C. 2004. Polychaete assemblages and sediment pollution in a harbour with two opposing entrances. *Helgol Mar Res* 58: 183–191. doi: 10.1007/s10152-004-0184-4.
- Grassle, J.F. y Grassle, J.P. 1974. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes. *Journal of Marine Research*, 32(2): 253-284. https://elischolar.library.yale.edu/journal_of_marine_research/1289.

- Gray, J. S. 1976. The fauna of the polluted river Tees estuary. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 4(6): 653–676. doi: 10.1016/0302-3524(76)90073-6.
- Green, L., Magel, C. y Brown, C. 2021. Management pathways for the successful reduction of nonpoint source nutrients in coastal ecosystems. *Regional studies in marine science*, 45: 101851. doi: 10.1016/j.rsma.2021.101851.
- Grewell, B.J., Callaway, J.C. y Ferren, W.R. 2007. Estuarine wetlands. En Barbour M. G., Keeler-Wolf, T. y Schoenherr, A.A. (Eds.), *Terrestrial vegetation of California*. 1ra ed. University of California Press, Berkeley. 124–154 pp.
- Hammerstrom, K.K., Ranasinghe, J. A., Weisberg, S.B., Oliver, J. S., Fairey, W.R., Slattery, P.N. y Oakden, J.M. 2012. Effect of sample area and sieve size on benthic macrofaunal community condition assessments in California enclosed bays and estuaries. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 8(4): 649-658.
- Harris, L.H., De León-González, J.A. y Salazar-Vallejo, S.I. 2021. Morfología, Métodos, Clave para Familias y Clasificación. En De León-González, J. A., Bastida-Zavala, J. R., Carrera-Parra, L. F., García-Garza, M. E., Salazar-Vallejo, S. I., Solís-Weiss, V., Tovar-Hernández, M. A. (Eds). *Anélidos Marinos de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León. 9-40 pp.
- Hawkins, C.P. y MacMahon, J.A. 1989. Guilds: the multiple meanings of a concept. *Annual review of entomology*, 34(1): 423-451. doi: 10.1146/annurev.en.34.010189.002231.
- He, X., Wallace, W.G. y Reinfelder, J.R. 2022. Grass shrimp (*Palaemonetes pugio*) as a trophic link for methylmercury accumulation in urban salt marshes.

- Environmental science & technology, 56(12): 8071-8081. doi: 10.1021/acs.est.2c01184.
- Hickey, B.M. 1993. Physical oceanography. En Dailey, M.D., Reish, D.J. y Anderson, J.W. (Eds.), Ecology of the Southern California Bight: A Synthesis and Interpretation. University of California Press, Berkeley, CA.19-70 pp.
- Hickey, B.M. 1992. Circulation over the Santa Monica-San Pedro basin and shelf. Progress in Oceanography, 30(1-4): 37-115. doi: 10.1016/0079-6611(92)90009-O.
- Homziak, J., Fonseca, M.S. y Kenworthy, W.J. 1982. Macrobenthic Community Structure in a Transplanted Eelgrass (*Zostera marina*) Meadow. Marine Ecology Progress Series, 9(3): 211–221.
- Hughes, R.G. 2004. Climate change and loss of saltmarshes: consequences for birds. Ibis, 146: 21-28. doi: 10.1111/j.1474-919X.2004.00324.x.
- Hughes, B.B., Levey, M.D., Brown, J.A., Fountain, M.C., Carlisle, A.B., Litvin, S. Y., Greene C.M., Heady, W.N. y Gleason, M.G. 2014. Nursery functions of US West Coast estuaries: the state of knowledge for juveniles of focal invertebrate and fish species. Arlington, Virginia: Nature Conservancy. 15 p.
- Hulings, N.C. y Gray, J.S. 1971. A manual for the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press.1-2 pp.
- Hutchings, P. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. Biodiversity & Conservation, 7: 1133-1145. doi: 10.1023/A:1008871430178.
- Johnson, D.S., Fleeger, J.W., Galván, K.A. y Moser, E.B. 2007. Worm holes and their space-time continuum: Spatial and temporal variability of macroinfaunal

- annelids in a Northern New England salt marsh. *Estuaries and Coasts*, 30(2): 226–237. doi: 10.1007/BF02700166.
- Jumars, P.A., Dorgan, K.M. y Lindsay, S.M. 2015. Diet of worms emended: an update of polychaete feeding guilds. *Annual review of marine science*, 7: 497-520. doi: 10.1146/annurev-marine-010814-020007.
- Kinne, O. 1966. Physiological aspects of animal life in estuaries with special reference to salinity. *Netherlands Journal of Sea Research*, 3(2): 222–244. doi:10.1016/0077-7579(66)90013-5.
- Kim, H.G., Song, S.J., Bae, H., Noh, J., Lee, C., Kwon, B.O., Lee, J.H., Ryu, J. y Khim, J.S. 2020. Natural and anthropogenic impacts on long-term meiobenthic communities in two contrasting nearshore habitats. *Environment international*, 134: 1-12. doi: 10.1016/j.envint.2019.105200.
- Klumpp, D.W. y Kwak, S.N. 2005. Composition and abundance of benthic macrofauna of a tropical sea-grass bed in north Queensland, Australia. *Pacific Science*, 59(4): 541-560. doi: 10.1353/psc.2005.0046.
- Largier, J., O'Connor, K. y Clark, R. 2019. Considerations for management of the mouth state of California's bar-built estuaries. Report to the Pacific States Marine Fisheries Commission and NOAA (NA14NMF437012). https://mlml.sjsu.edu/ccwg/wp-content/uploads/sites/23/2020/01/Lagoon-guidance_Final-Report-2019.01.24.pdf.
- Legendre, P. y Legendre, L. 2012. *Numerical Ecology*. 3ra ed. Elsevier. 512 p.; 247-250 pp.; 253-258 pp.; 452-456 pp.; 661-673 pp.
- Levin, L. 1981. Dispersion, feeding behavior and competition in two spionid polychaetes. *Journal of Marine Research*, 39(1): 99–117.

- Levin, L.A. 1982. Interference interactions among tube-dwelling polychaetes in a dense infaunal assemblage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 65(2): 107–119. doi: 10.1016/0022-0981(82)90039-9.
- Levin, L.A. 1984. Life History and Dispersal Patterns in a Dense Infaunal Polychaete Assemblage: Community Structure and Response to Disturbance. *Ecology*, 65(4): 1185–1200. doi: 10.2307/1938326
- Levin, L.A., Talley, T.S. y Hewitt, J. 1998. Macrobenthos of *Spartina foliosa* (Pacific cordgrass) salt marshes in southern California: community structure and comparison to a Pacific mudflat and a *Spartina alterniflora* (Atlantic smooth cordgrass) marsh. *Estuaries*, 21: 129-144. doi: 10.2307/1352552.
- Lewis III, G.F. y Stoner, A.W. 1983. Distribution of macrofauna within seagrass beds: an explanation for patterns of abundance. *Bulletin of marine science*, 33(2): 296-304.
- Ludwig, J.A. y Reynolds, J.F. 1988. *Statistical ecology*. John Wiley and Sons, Inc., Toronto, Canada. 337 p.
- Luković, J., Chiang, J.C., Blagojević, D. y Sekulić, A. 2021. A later onset of the rainy season in California. *Geophysical Research Letters*, 48(4): e2020GL090350. doi: 10.1029/2020GL090350.
- MacArthur, R.H. 1955. Fluctuation of animal populations and a measure of community stability. *Ecology* 36: 533-536.
- Magalhães, W.F. y Barros, F. 2011. Structural and functional approaches to describe polychaete assemblages: Ecological implications for estuarine ecosystems. *Marine and Freshwater Research*, 62(8): 918-926. doi: 10.1071/MF10277.

- Manion, B.S. 1989. Chapter 1.0: Overview of Malibu Lagoon. En Dillingham, J.H. y Manion B.S. (Eds.), Malibu lagoon: A Baseline Ecological Survey. Topanga-Las Virgenes Resource Conservation District. Performed for Los Angeles County, Department of Beaches and Harbors and California State Department of Parks and Recreation. 1-16 pp.
- Mathieson, A.C. y Hehre, E.J. 1994. A comparison of the marine algae from the Goleta Slough and adjacent open coast of Goleta/Santa Barbara, California with those in the southern Gulf of Maine. *Rhodora*, 96(887): 207-258.
- Mattos, G., Cardoso, R.S. y Santos, A.S.D. 2013. Environmental effects on the structure of polychaete feeding guilds on the beaches of Sepetiba Bay, southeastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(4): 973–980. doi: 10.1017/S0025315412000707.
- Maziarz, J., Vourlitis, G.L. y Kristan, W. 2019. Carbon and nitrogen storage of constructed and natural freshwater wetlands in southern California. *Ecological Engineering*, 142: 1-8. doi: 10.1016/j.ecoena.2019.100008.
- McArdle, B.H. y Anderson, M.J. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology*, 82(1): 290-297. doi: 10.1890/0012-9658(2001)082[0290:FMMTCD]2.0.CO;2.
- McLaughlin, K., Ahn, J.H., Litton, R.M. y Grant, S.B. 2007. Use of salinity mixing models to estimate the contribution of creek water fecal indicator bacteria to an estuarine environment: Newport Bay, California. *Water Research*, 41(16): pp. 3595–3604. doi: 10.1016/j.watres.2007.05.005.
- McLaughlin, K., Sutula, M., Busse, L., Anderson, S., Crooks, J., Dagit, R., Gibson, D., Johnston, K., Nezlin, N. y Stratton, L. 2012. Southern California Bight

2008 Regional Monitoring Program Vol. VIII. Southern California Coastal Water Research Project. Costa Mesa, CA.

Méndez, N. 2002. Annelid assemblages in soft bottoms subjected to human impact in the Urías estuary (Sinaloa, Mexico). *Oceanologica Acta*, 25: 139–147. doi: 10.1016/S0399-1784(02)01193-3.

Méndez, N., Hilliard, J. y Schulze, A. 2019. Early development of two *Capitella* species (Annelida: Capitellidae) from the Gulf of Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(7): 1557-1568. doi: 10.1017/S0025315419000687.

Metcalf, K.N. y Glasby, C.J. 2008. Diversity of Polychaeta (Annelida) and other worm taxa in mangrove habitats of Darwin Harbour, northern Australia. *Journal of Sea Research*, 59(1-2): 70-82. doi: 10.1016/j.seares.2007.06.002.

Micheli, F., Bishop, M.J., Peterson, C.H. y Rivera, J. 2008. Alteration of Seagrass Species Composition and Function Over Two Decades. *Ecological Monographs*, 78(2): 225–244. doi: 10.1890/06-1605.1.

Mikel, T.K., Ranasinghe, J.A. y Montagne, D.E. 2007. Appendix F: Characteristics of Benthic Macrofauna of the Southern California Bight. En Ranasinghe, J. A., Barnett, A.M., Schiff, K., Montagne, D.E., Brantley, C., Beegan, C., Cadien, D.B., Cash, C., Deets, G.B., Diener, D.R., Mikel, T.K., Smith, R.W., Velarde, R.G., Watts, S.D. y Weisberg, S.B. (Eds.), *Southern California Bight 2003 Regional Monitoring Program: III. Benthic Macrofauna* (pp. F-1 - F22). Southern California Coastal Water Research Project. Westminster, CA.

Millward, R.N., Carman, K.R., Fleeger, J.W., Gambrell, R.P., Powell, R.T. y Rouse, M.A.M. 2001. Linking ecological impact to metal concentrations and

- speciation: a microcosm experiment using a salt marsh meiofaunal community. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 20(9): 2029-2037. doi: 10.1002/etc.5620200923.
- Molles, M.C. 2016. *Ecology, concepts and applications 7ed.* McGrawHill Education. 58- 62 pp.; p. 393 p.
- Montagna, P.A. 1984. In situ measurement of meiobenthic grazing rates on sediment bacteria and edaphic diatoms. *Marine Ecology Progress Series*, 18(1/2):119-130.
- Moradi, J., Vicentini, F., Šimáčková, H., Pižl, V., Tajovský, K., Stary, J. y Frouz, J. 2018. An investigation into the long-term effect of soil transplant in bare spoil heaps on survival and migration of soil meso and macrofauna. *Ecological Engineering*, 110: 158-164. doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.11.012.
- Mudie, P.J., Browning, B.M. y Speth, J.W. 1976. The natural resources of San Dieguito and Batiquitos lagoons (Apendice F). California Department of Fish and Game. 6-12 pp.
- Musale, A.S. y Desai, D.V. 2011. Distribution and abundance of macrobenthic polychaetes along the South Indian coast. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178: 423-436. doi: 10.1007/s10661-010-1701-3.
- National Weather Service. 2021. Monthly precipitation summaries for 2021. NOAA. https://www.cnrfc.noaa.gov/monthly_precip_2021.php.
- Neira, C., Levin, L.A., Grosholz, E.D. y Mendoza, G. 2007. Influence of invasive *Spartina* growth stages on associated macrofaunal communities. *Biological Invasions*, 9(8): 975–993. doi: 10.1007/s10530-007-9097-x.

- Neira, C., Levin, L.A., Mendoza, G. y Zirino, A. 2014. Alteration of benthic communities associated with copper contamination linked to boat moorings. *Marine Ecology*, 35(1): 46-66. doi: 10.1111/maec.12054.
- Nezlin, N.P., Kamer, K., Hyde, J. y Stein, E.D. 2009. Dissolved oxygen dynamics in a eutrophic estuary, Upper Newport Bay, California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 82(1): 139-151.
- Nipper, M. y Scott Carr, R. 2003. Recent advances in the use of meiofaunal polychaetes for ecotoxicological assessments. *Hydrobiologia*, 496: 347-353. doi: 10.1023/A:1026129806435.
- Nozais, C., Perissinotto, R. y Tita, G. 2005. Seasonal dynamics of meiofauna in a South African temporarily open/closed estuary (Mdloti Estuary, Indian Ocean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 62(1): 325–338. doi: 10.1016/j.ecss.2004.09.02.
- Odum, E.P. 1979. *Ecología. Interamericana. Edo. de México, México.* 636 p.
- Otero, X.L., Sánchez, J.M. y Macías, F. 2000. Bioaccumulation of heavy metals in thionic fluvisols by a marine polychaete: the role of metal sulfides. *Journal of Environmental Quality*, 29(4): 1133-1141. doi: 10.2134/jeq2000.00472425002900040014x.
- O'Connor, K., Clark, R., Fulkerson, B., Walker, J., Stein, E.B., Whitcraft, C. y Garcia, S. 2023. *Estuary Marine Protected Area 2021 Data Analysis Report. A report prepared for the California Ocean Protection Council and the California Department of Fish and Wildlife.* 65 pp.
- Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward,

M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M., Lahti, L., McGlinn, D., Ouellette, M., Ribeiro-Cunha E., Smith, T., Stier, A., Ter-Braak C. y Weedon, J. 2022. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.6-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

O'Meara, T.A., Hewitt, J.E., Thrush, S.F., Douglas, E.J. y Lohrer, A.M. 2020. Denitrification and the role of macrofauna across estuarine gradients in nutrient and sediment loading. *Estuaries and Coasts*, 43: 1394-1405. doi: 10.1007/s12237-020-00728-x.

Orth, R.J., Carruthers, T.J.B., Dennison, W.C., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Olyarnik, S., Short, F.T., Waycott, M. y Williams, S.L. 2006. A Global Crisis for Seagrass Ecosystems. *BioScience*, 56(12): 987–996. doi: 10.1641/0006-3568(2006)56[987:AGCFSE]2.0.CO;2_

Orange County Coastkeeper (OCC). 2015. Upper Newport Bay Eelgrass Restoration Project. Orange County Coastkeeper. 1–43. pp.

Orange County Coastkeeper (OCC), California State University Fullerton (CSUF) and California State University Long Beach (CSULB). 2019. Upper Newport Bay Living Shorelines Project. Orange County Coastkeeper, California State University Fullerton and California State University Long Beach. 1-37. pp.

Padre and Associates. 2010. Final Subsequent Environmental Impact Report for Flood Control Maintenance Activities in the Goleta Slough. Prepared for Santa Barbara County. October.

https://flysba.santabarbaraca.gov/sites/default/files/2022-06/GoletaSloughBA%202015_07_10_.pdf.

- Pagliosa, P.R. 2005. Another diet of worms: the applicability of polychaete feeding guilds as a useful conceptual framework and biological variable. *Marine Ecology*, 26(3-4): 246-254. doi: 10.1111/j.1439-0485.2005.00065.x.
- Pearson, T.H. y Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and marine biology: an annual review*, 16: 229-311.
- Pechenik, J.A. 2015. *Biology of the Invertebrates*. 7ma ed. McGraw-Hill Education. 295-296 pp.
- Pednekar, A.M., Grant, S.B., Jeong, Y., Poon, Y. y Oancea, C. 2005. Influence of Climate Change, Tidal Mixing, and Watershed Urbanization on Historical Water Quality in Newport Bay, a Saltwater Wetland and Tidal Embayment in Southern California. *Environmental Science & Technology*, 39(23): 9071–9082. doi: 10.1021/es0504789
- Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5(1): 285-307.
- Peterson, H. y Vayssieres, M. 2010. Benthic Assemblage Variability in the Upper San Francisco Estuary: A 27-Year Retrospective. *San Francisco Estuary and Watershed Science*, 8(1): 1–27. doi: 10.15447/sfews.2010v8iss1art2.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections., 13: 131–144. doi:10.1016/0022-5193(66)90013-0.
- Pielou, E.C. 1977. *Mathematical ecology*. John Wiley and Sons. New York. (385 p.

- Pinckney, J.L., Paerl, H. W., Tester, P. y Richardson, T.L. 2001. The role of nutrient loading and eutrophication in estuarine ecology. *Environmental Health Perspectives*, 109(Suppl 5): 699–706. doi: 10.1289/ehp.01109s5699.
- Pocklington, P. y Wells, P.G. 1992. Polychaetes key taxa for marine environmental quality monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 24(12): 593-598. doi: 10.1016/0025-326X(92)90278-E.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Raffaelli D. y Hawkins, S. 1999. *Intertidal Ecology*. 2 ed. Kluwer Academic Publishers. 52-61 pp.
- Ranasinghe, J.A., Montagne, D.E., Smith, R.W., Mikel, T.K., Weisberg, S.B. Cadien, D. Velarde, R. y Dalkey, A. 2003. Southern California Bight 1998 Regional Monitoring Program: VII. Benthic Macrofauna (91 p + 9 Appendices). Southern California Coastal Water Research Project. Westminster, CA.
- Ranasinghe, J.A., Barnett, A.M., Schiff, K., Montagne, D.E., Brantley, C., Beegan, C., Cadien, D.B., Cash, C., Deets, G.B., Diener, D.R., Mikel, T.K., Smith, R.W., Velarde, R.G., Watts, S.D. y Weisberg, S.B. 2007. Executive Summary: Southern California Bight 2003 Regional Monitoring Program: III. Benthic Macrofauna. Southern California Coastal Water Research Project. Westminster, CA.
- Ranasinghe, J.A., Schiff, K.C., Brantley, C.A., Lovell, L. L., Cadien, D. B., Mikel, T.K., Velarde, R.G., Holt, S. y Johnson, S.C. 2012. Southern California Bight 2008 Regional Monitoring Program: VI. Benthic Macrofauna. Southern

California Coastal Water Research Project. Costa Mesa, CA. Technical Report 665.

Read, G. y Fauchald, K. Ed. 25 de julio de 2023. World Polychaeta Database. Accessed at <https://www.marinespecies.org/polychaeta> on 2023-07-26.

Redondo-Gómez, S. 2013. Bioaccumulation of heavy metals in *Spartina*. *Functional Plant Biology*, 40(9): 913-921. doi: 10.1071/FP12271.

Reish, D.J. y Barnard, J.L. 1960. Field toxicity tests in marine water utilizing the polychaetous annelid *Capitella capitata* (Fabricius). *Pacific Naturalist*, 1(21): 1-8.

Reish, D.J. 1963. A quantitative study of the benthic polychaetous annelids of Bahía de San Quintín, Baja California. *Pacific Naturalist*, 3(14): 399-436.

Reish, D.J. 1957. The relationship of the polychaetous annelid *Capitella capitata* (Fabricius) to waste discharges of biological origin. *Transactions*, (1): 195-200. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=N0wDe1qAsEEC&oi=fn&pg=PA194-IA2&dq=capitella+capitata+Los+Angeles&ots=5xXSbufHKV&sig=ArvYmqLvfc6kazzkVmay0M5uI6M&redir_esc=y#v=onepage&q=capitella%20capitata%20Los%20Angeles&f=false.

Reish, D.J. y Carr, R.S. 1978. The effect of heavy metals on the survival, reproduction, development, and life cycles for two species of polychaetous annelids. *Marine Pollution Bulletin*, 9(1): 24-27. doi: 10.1016/0025-326X(78)90280-1.

Reish, D.J. y LeMay, J.A. 1991. Toxicity and Bioconcentration of Metals and Organic Compounds by Polychaeta. En Petersen, M.E. y Kirkegaard, J.B. (Eds.),

- Systematics, Biology and Morphology of World Polychaeta. Brill. 653–660 pp.. doi: 10.1163/9789004629745_069.
- Reish, D.J. y Gerlinger, T.V. 1997. A review of the toxicological studies with polychaetous annelids. *Bulletin of Marine Science*, 60(2): 584-607.
- Rincon Consultants, Inc., Stillwater Sciences, Dudek y BASH Incorporated. 2015. Goleta Slough biological assessment. Santa Barbara Airport, City of Santa Barbara. https://flysba.santabarbaraca.gov/sites/default/files/2022-06/GoletaSloughBA%202015_07_10_.pdf.
- Rodríguez-Villanueva, V., Martínez-Lara, R. y Díaz-Castañeda, V. 2000. Structure and composition of the benthic polychaete families in Bahía de Todos Santos, Baja California, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 67(1): 113-126.
- Root, R.B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological monographs*, 37(4): 317-350. doi: 10.2307/1942327.
- Rouse, G. Pleijel, F. y Tilic, E. 2022. *Annelida*. Oxford University Press. doi: 10.1093/oso/9780199692309.001.0001. 9-24 pp.
- Rouse, G. y Pleijel, F. 2001. *Polychaetes*. Oxford University Press. 354 p.
- San Buenaventura, C. O. 2002. Resident Species Study Santa Clara River Estuary Ventura Water Reclamation Facility NPDES Permit NO. CA0053651, CI-1822. <https://www.cityofventura.ca.gov/DocumentCenter/View/10413/Resident-Species-Study>.
- Santos, P.J.P., Castel, J. y Souza-Santos, L.P. 1996. Seasonal Variability of Meiofaunal Abundance in the Oligo-mesohaline Area of the Gironde Estuary,

- France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 43(5): 549–563. doi: 10.1006/ecss.1996.0087.
- Salazar-Vallejo, S., de León-González, J.A. y Salaices-Polanco, H. 1989. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de Mexico. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS México.
- Sardá, R., Foreman, K., Werme, C.E. y Valiela, I. 1998. The impact of epifaunal predation on the structure of macroinfaunal invertebrate communities of tidal saltmarsh creeks. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46(5): 657-669. doi: 10.1006/ecss.1997.0322.
- Schiff, K.C. y Gossett, R.W. 1998. Southern California Bight 1994 Pilot Project. Demersal fishes and megabenthic invertebrates. Westminster, CA: Southern California Coastal Water Research Project.
- Schratzberger, M. y Ingels, J. 2018. Meiofauna matters: the roles of meiofauna in benthic ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 502: 12-25. doi: 10.1016/j.jembe.2017.01.007.
- Scrimshaw, M.D. y Lester, J.N. 1996. The occurrence and effects of organic micropollutants in salt marsh sediments with reference to the UK Essex coast: a review. *Environmental technology*, 17(9): 951-964. doi: 10.1080/09593331708616464.
- Seapy, R.R. 1981. Structure, distribution, and seasonal dynamics of the benthic community in the Upper Newport Bay, California. Marine Resources Technical Report. No. 46.
- Sigamani, S., Samikannu, M. y Alagiri, T.G. 2019. Assessment of effluent stressed ecosystem of Cuddalore coastal waters—a bio-indicator approach. *Thalassas*:

- An International Journal of Marine Sciences, 35: 437-449. doi:
10.1007/s41208-019-00128-4.
- Silva, H., Dias, J.M. y Caçador, I. 2009. Is the salt marsh vegetation a determining factor in the sedimentation processes?. *Hydrobiologia*, 621: 33-47. doi:
10.1007/s10750-008-9630-7.
- Simberloff, D. y Dayan, T. 1991. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual review of ecology and systematics*, 22(1): 115-143. doi:
10.1146/annurev.es.22.110191.000555.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of Diversity. *Nature*, 163(4148): 688–688.
doi:10.1038/163688a0.
- Sokołowski, A., Wołowicz, M., Asmus, H., Asmus, R., Carlier, A., Gasiunaitė, Z., Grémare, A., Hummel, H., Lesutienė, J., Razinkovas, A., Renaud, P.E., Richard, P. y Kędra, M. 2012. Is benthic food web structure related to diversity of marine macrobenthic communities? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 108: 76–86. doi: 10.1016/j.ecss.2011.11.011.
- Southern California Wetlands Recovery Project (SCWRP). 2025^a. San Diego County Marine Protected Area (MPA) Wetland Restoration Project. <https://scwrp.org/projects/batiquitos-lagoon-exotics-removal-and-revegetation/>
- Southern California Wetlands Recovery Project (SCWRP). 2025^b. Batiquitos Lagoon Wetland Restoration Project. <https://scwrp.org/projects/batiquitos-lagoon-wetland-restoration-project/>
- Steinfurth, R.C., Lange, T., Oncken, N.S., Kristensen, E., Quintana, C.O. y Flindt, M.R. 2022. Improved benthic fauna community parameters after large-scale

- eelgrass (*Zostera marina*) restoration in Horsens Fjord, Denmark. *Marine Ecology Progress Series*, 687: 65–77. doi: 10.3354/meps14007.
- Stumpf, R.P. 1983. The process of sedimentation on the surface of a salt marsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 17(5): 495-508. doi: 10.1016/0272-7714(83)90002-1.
- Sutula, M.A., Collins, J., Wiskind, A., Roberts, C., Solek, C., Pearce, S., Clark, R., Fetscher A.E., Grosso C., O'Connor K., Robinson A., Clark C., Rey K., Morrissette S., Eicher A., Pasquinelli R., May M. y Ritter, K. 2008. Status of perennial estuarine wetlands in the state of California. Southern California Coastal Water Research Project, Costa Mesa.
- Tarbuck, E.J., Lutgens, F.K., y Tasa, D. 2005. *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física*. 8va ed. Pearson Educación S. A. 581 p.
- Tsutsumi, H. 1987. Population dynamics of *Capitella capitata* (Polychaeta; Capitellidae) in an organically polluted cove. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 36: 139-149. doi: 10.3354/meps036139.
- Ventura-Lima, J., Sandrini, J.Z., Cravo, M.F., Piedras, F.R., Moraes, T.B., Fattorini, D., Notti, A., Regoli, F., Geracitano, L.A., Marins, L.F.F. y Monserrat, J.M. 2007. Toxicological responses in *Laeonereis acuta* (annelida, polychaeta) after arsenic exposure. *Environment International*, 33(4): 559–564. doi: [10.1016/j.envint.2006.09.016](https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.09.016).
- Venturini, N. y Tommasi, L.R. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons and changes in the trophic structure of polychaete assemblages in sediments of Todos los Santos Bay, Northeastern, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 48(1-2): 97-107. doi: 10.1016/S0025-326X(03)00331-X.

- Vernberg, F.J. 1993. Salt-marsh processes: a review. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 12(12): 2167-2195. doi: 10.1002/etc.5620121203.
- Vila, I. y Veliz, D. 2014. Life cycle of a freshwater Gondwanic remnant polychaete *Stratiodrilus aeglaphilus* (Annelida: Eunicida: Histiobdellidae), commensal with *Aegla laevis* (Crustacea: Anomura). *Gayana*, 78(2): 120-126. doi: 10.4067/S0717-65382014000200005.
- Virnstein, R.W. 1979. Predation on estuarine infauna: response patterns of component species. *Estuaries*, 2: 69-86. doi: 10.2307/135163.
- Walker, J.R., Josselyn, M., Sales, L., Appy, R. y Hemphill, M. P. 1998. Batiqitos Lagoon Restoration Project. *Engineering Approaches to Ecosystem Restoration*: 199–204. doi: 10.1061/40382(1998)38.
- Waring, J.S., Maher, W.A. y Krikowa, F. 2006. Trace metal bioaccumulation in eight common coastal Australian polychaeta. *Journal of Environmental Monitoring*, 8(11): 1149-1157. doi: 10.1039/B612509N.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T. y Williams, S.L. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(30): 12377–12381. doi: 10.1073/pnas.0905620106.
- Welsh Jr, H.H. 1994. Bioregions: an ecological and evolutionary perspective and a proposal for California. *California Fish and Game*, 80(3): 97-124.

- Wickham, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4. <https://ggplot2.tidyverse.org>.
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang W., McGowan L.D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T.L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D.P. , Spinu, V., Takahashi, K., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K. y Yutani, H. 2019. “Welcome to the tidyverse”. *Journal of Open-Source Software*, 4(43): 1686. doi:10.21105/joss.01686.
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K. y Vaughan, D. 2023. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.2, <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- Wilhelm-Schimper, A.F. 1903. *Plant-geography upon a physiological basis*. Clarendon Press.
- Willason, S.W. 1981. Factors influencing the distribution and coexistence of *Pachygrapsus crassipes* and *Hemigrapsus oregonensis* (Decapoda: Grapsidae) in a California salt marsh. *Marine Biology*, 64(2): 125–133. doi: 10.1007/BF00397101.
- Woodin, S.A. 1974. Polychaete Abundance Patterns in a Marine Soft-Sediment Environment: The Importance of Biological Interactions. *Ecological Monographs*, 44(2): 171–187. doi: 10.2307/1942310.
- Woodwick, K.H. 1953. *Polydora nuchalis*, a new species of polychaetous annelid from California. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 43(11): 381-383.
- Zajac, R. y Whitlatch, R. 1982. Responses of Estuarine Infauna to Disturbance. I. Spatial and Temporal Variation of Initial Recolonization. *Marine Ecology-*

Progress Series - MAR Ecol-Progr Ser, 10(1): 1–14. doi:
10.3354/meps010001.

Zeppilli, D., Sarrazin, J., Leduc, D., Arbizu, P.M., Fontaneto, D., Fontanier, C., Gooday, A.J., Kristensen, R. M., Ivanenko, V.N., Sørensen, M.V., Vanreusel, A., Thébault, J., Mea, M., Allio, N., Andro, T., Arvigo, A., Castrec, J., Danielo, M., Foulon, V., Fumeron, R., Hermabessiere, L., Hulot, V. James, T., Langonne-Augen, R., Le-Bot, T., Long, M., Mahabror, D., Morel, Q., Pantalos, M., Pouplard, E., Raimondeau, L., Rio-Cabello, A. Seite, S., Traisnel, G., Urvoy, K., Stegen, T.V.D. Weyand, M. y Fernandes, D. 2015. Is the meiofauna a good indicator for climate change and anthropogenic impacts? *Marine Biodiversity*, 45(3): 505–535. doi: 10.1007/s12526-015-0359-z.

Yodzis, P. 1982. The compartmentation of real and assembled ecosystems. *The American Naturalist*, 120(5): 551-570.

X. APÉNDICE

10.1 Apartado de Figuras

10.1.1. Variables de nutrientes

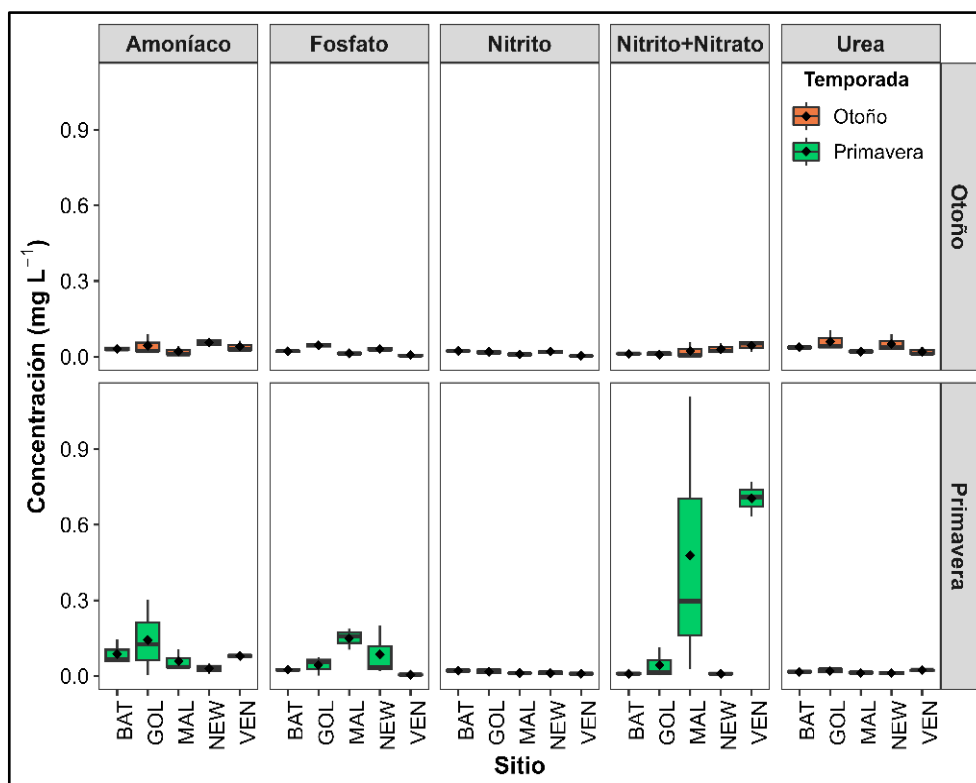


Figura ap. 1. Gráfica de cajas y bigotes de las concentraciones (mgL^{-1}) de cinco nutrientes entre diferentes estratos de los estuarios del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. La línea a la mitad de la caja es la mediana y el \blacklozenge representa la media. Los nutrientes son Urea, Nitrito, Fosfato, Nitrito + Nitrato y Amoníaco. Las únicas diferencias significativas encontradas fueron en BAT ($p \leq 0.005$) entre Amoníaco y Nitrito+Nitrato ($p \leq 0.005$); VEN ($p \leq 0.005$) entre Fosfato y Nitrito+Nitrato ($p \leq 0.005$) y Otoño ($p \leq 0.005$), pero no se encontraron con la prueba post-hoc. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

10.1.2 Abundancias:

Nivel de SitioXTemporadaXEstrato utilizando mediana y media:

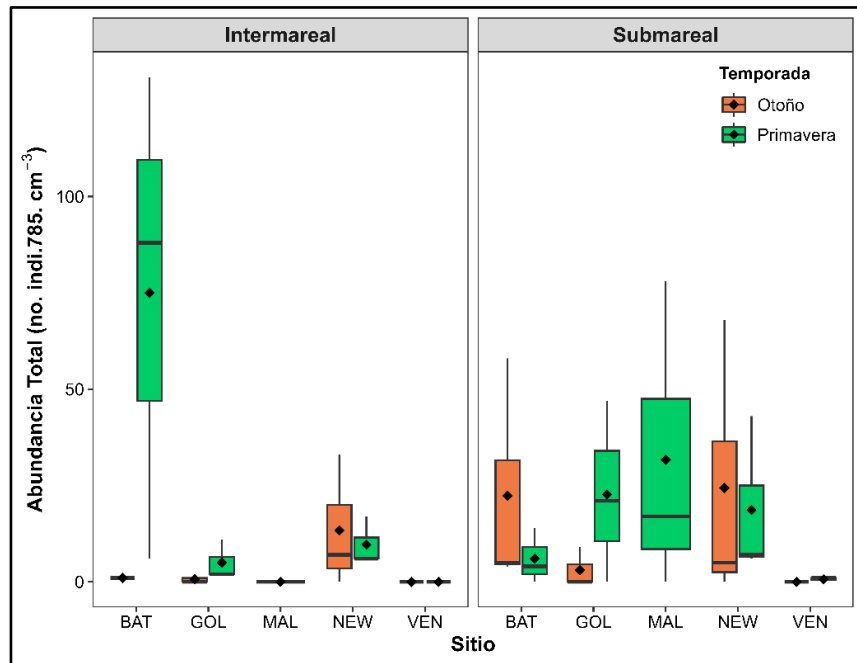


Figura ap. 2. Gráfico de cajas y bigotes de especies de poliquetos (no. indi.785.4cm⁻³) estuarinos del Sur de California (SoCal) entre diferentes estratos durante las temporadas del año 2021. La línea a la mitad de la caja es la mediana y el \blacklozenge representa la media. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Nivel de Sitio

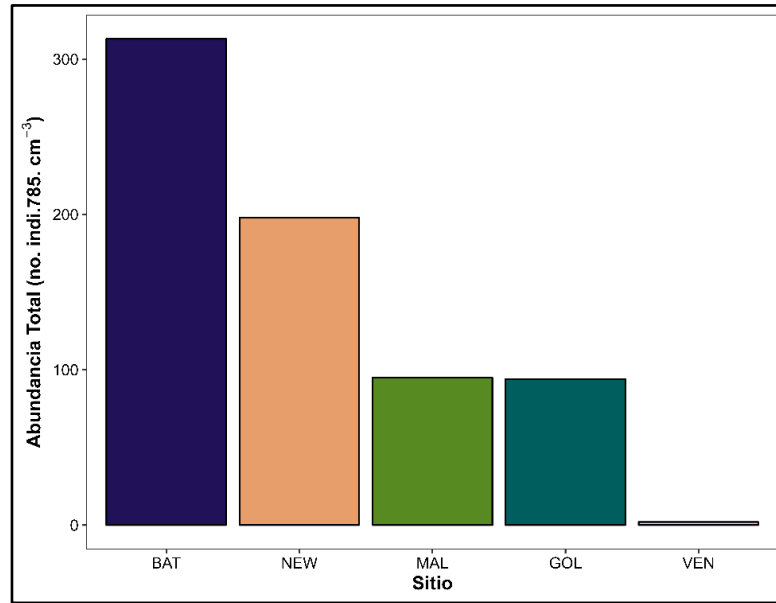


Figura ap. 3. Abundancia total (no. indi.785.4cm⁻³) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River durante el año 2021.

Nivel de Temporada

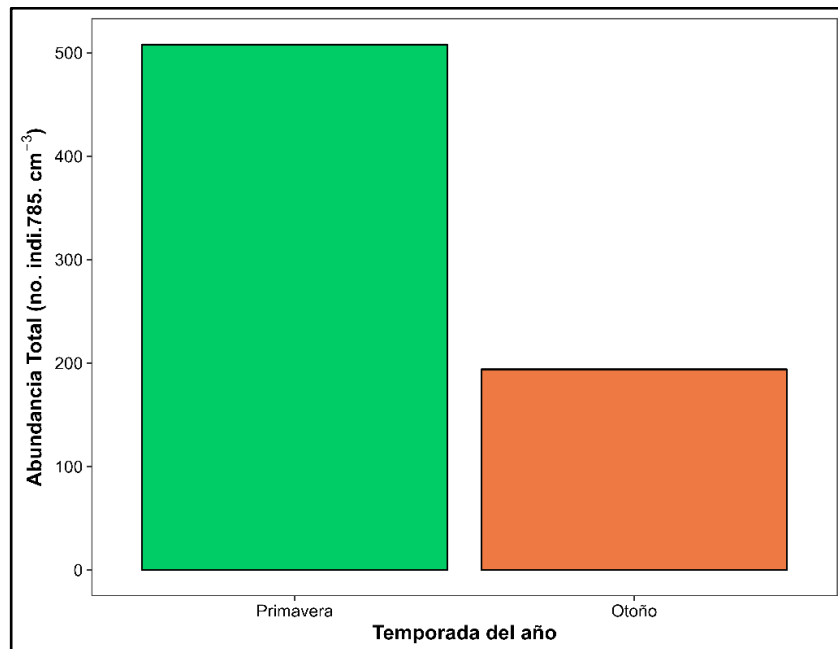


Figura ap. 4. Abundancia total (no. indi.785.4cm⁻³) de especie de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021.

Nivel de SitioXTemporada

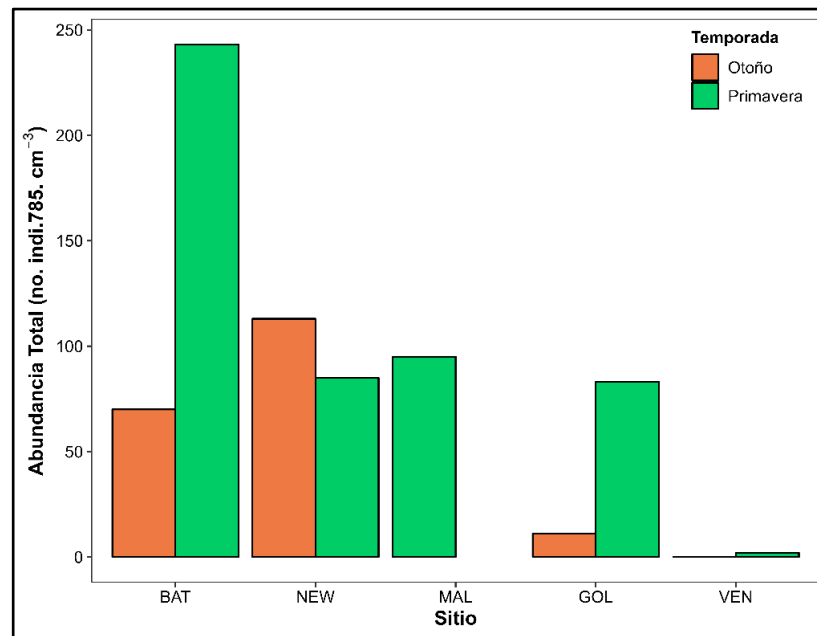


Figura ap. 5. Abundancia total (no. indi. 785.4cm^{-3}) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

10.1.3 Riqueza específica:

Nivel de Sitio

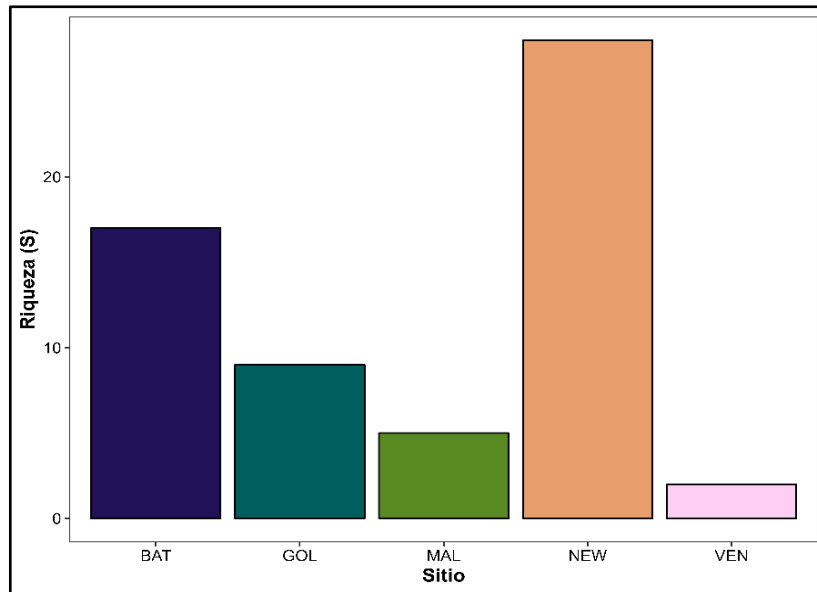


Figura ap. 6. Riqueza total (S) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante el año 2021. BAT = Batiqitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Nivel de Temporada

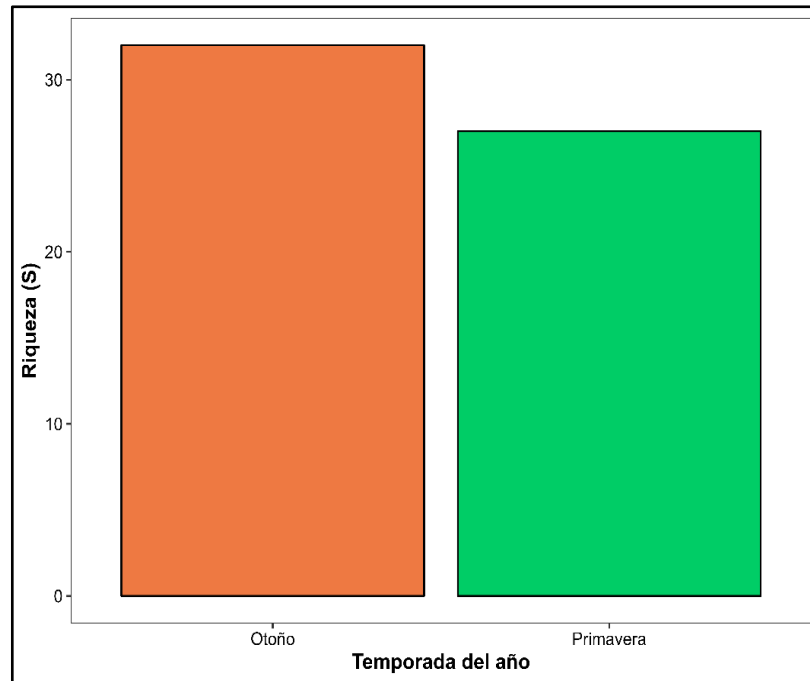


Figura ap. 7. Riqueza total (S) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Nivel de SitioXTemporada

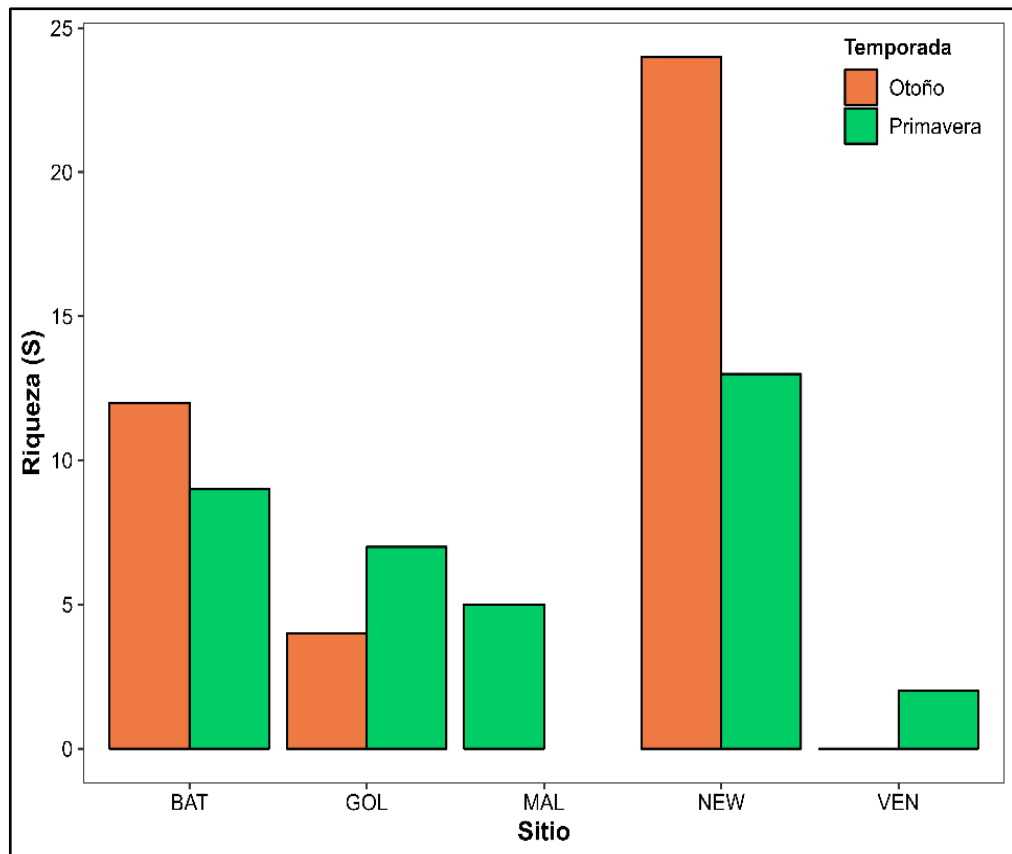


Figura ap. 8. Riqueza total (S) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Nivel de SitioXTemporadaXEstratoXEstación

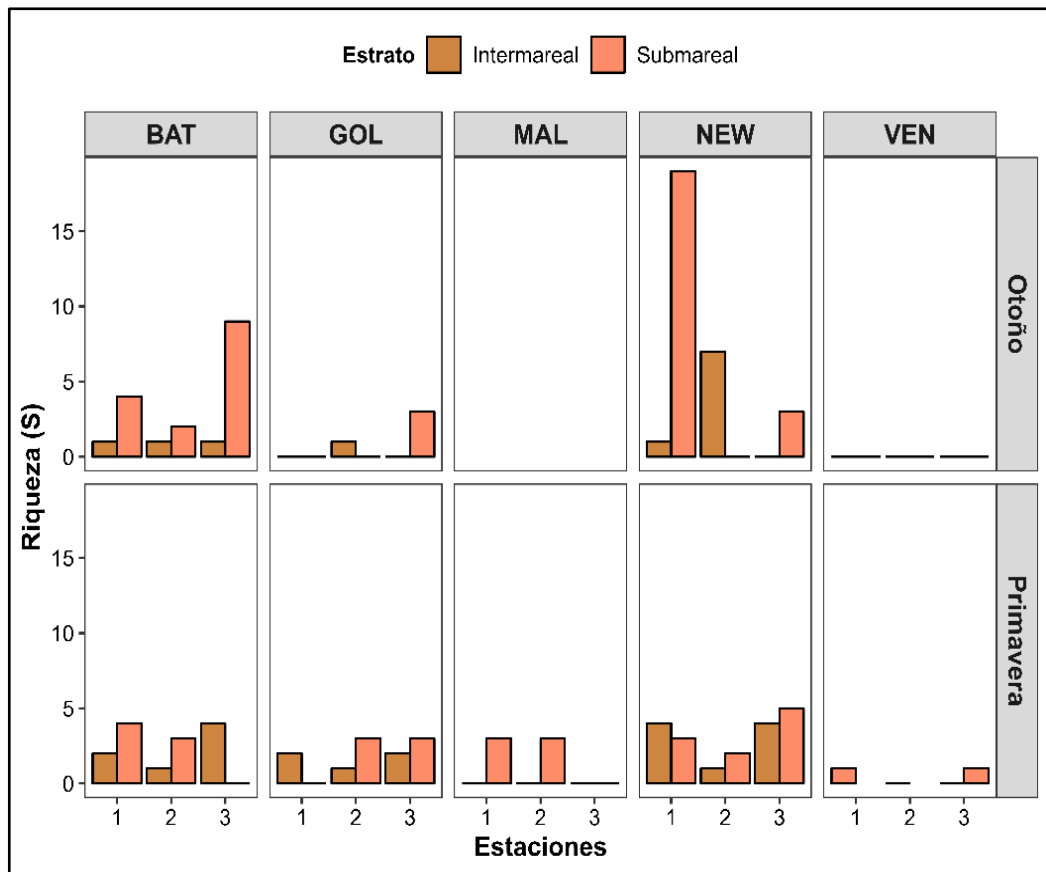


Figura ap. 9. Riqueza total (S) de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) entre diferentes estratos durante las temporadas del año 2021. NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

10.1.4 Gremios alimenticios

Nivel Sitio

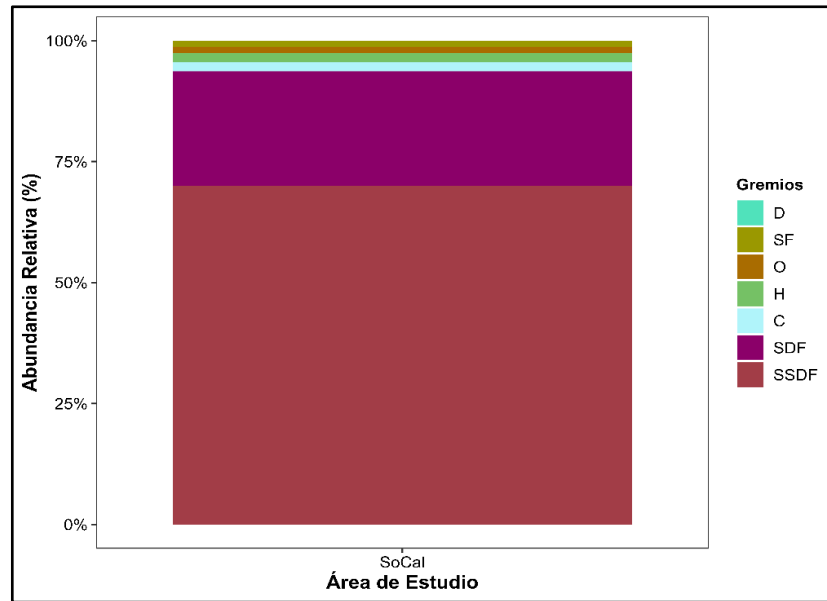


Figura ap. 10. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de todos los poliquetos en el Sur de California (SoCal) durante el año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie.

Nivel Temporada

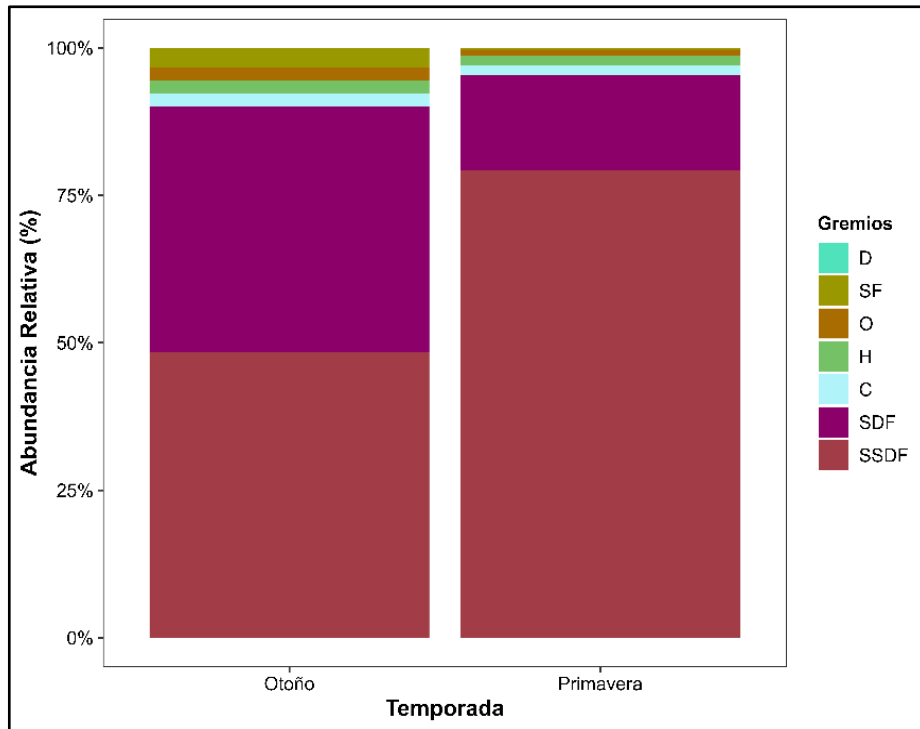


Figura ap. 11. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante las temporadas del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie.

Batiquitos Lagoon: Nivel de SitioXTemporadaXEstratoXEstación

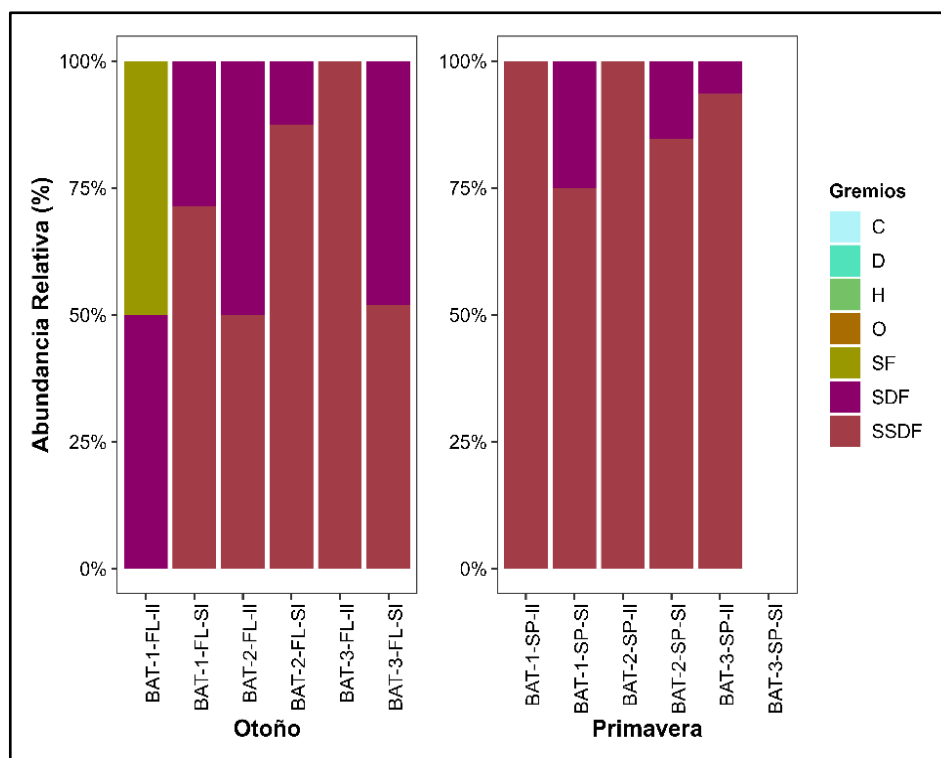


Figura ap. 12. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Batiquitos Lagoon durante las temporadas del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a BAT = Batiquitos Lagoon, # = Número de la estación, FL= Otoño, SP= Primavera, II = Intermareal y SI = Submareal.

Newport Bay: Nivel de SitioXTemporadaXEstratoXEstación

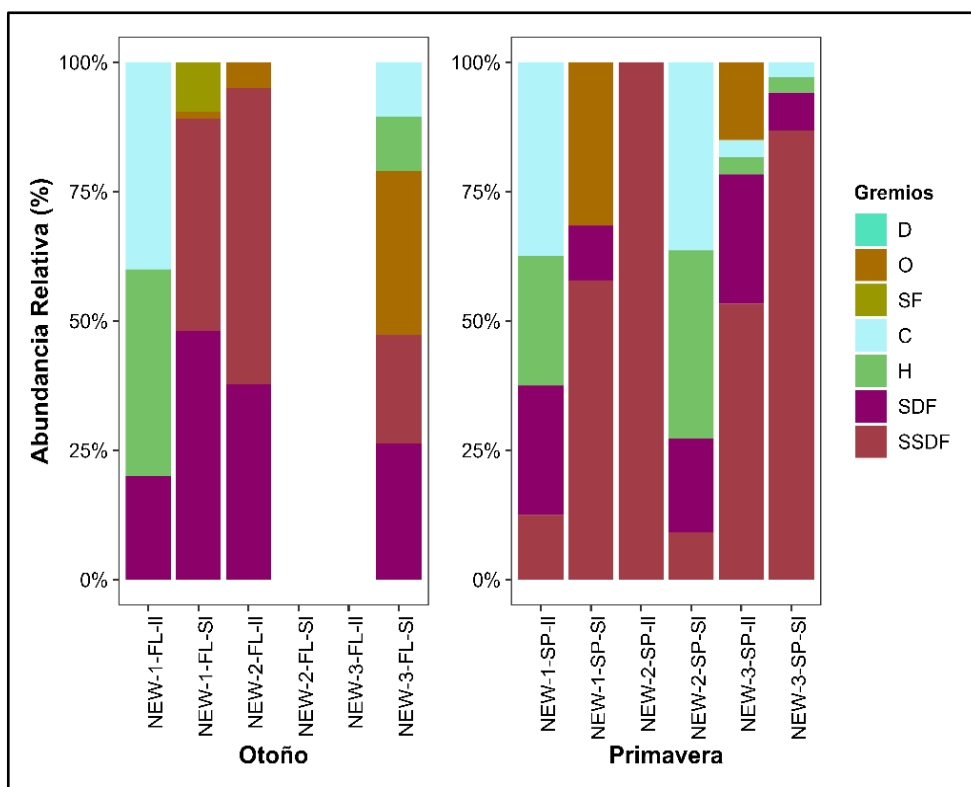


Figura ap. 13. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Newport Bay durante las temporadas del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a NEW = Newport Bay, # = Número de la estación, FL= Otoño, SP= Primavera, II = Intermareal y SI = Submareal.

Malibu Lagoon: Nivel de SitioXTemporadaXEstratoXEstación

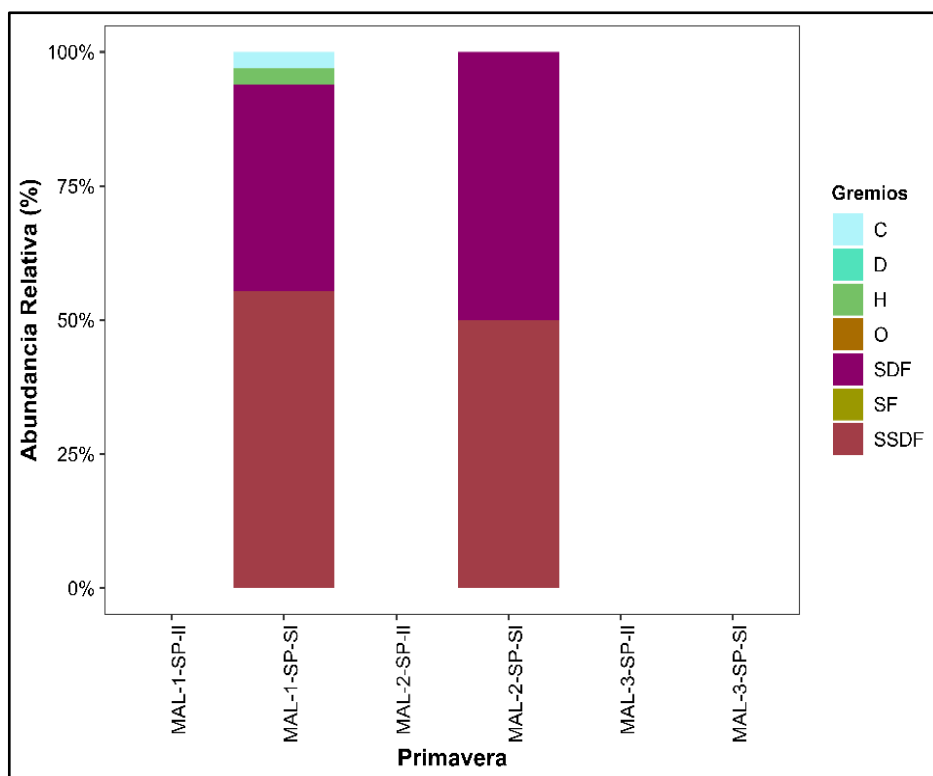


Figura ap. 14. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Malibu Lagoon durante la primavera del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a MAL = Malibu Lagoon, # = Número de la estación, SP= Primavera, II = Intermareal y SI = Submareal.

Goleta Slough: Nivel de SitioXTemporadaXEstratoXEstación

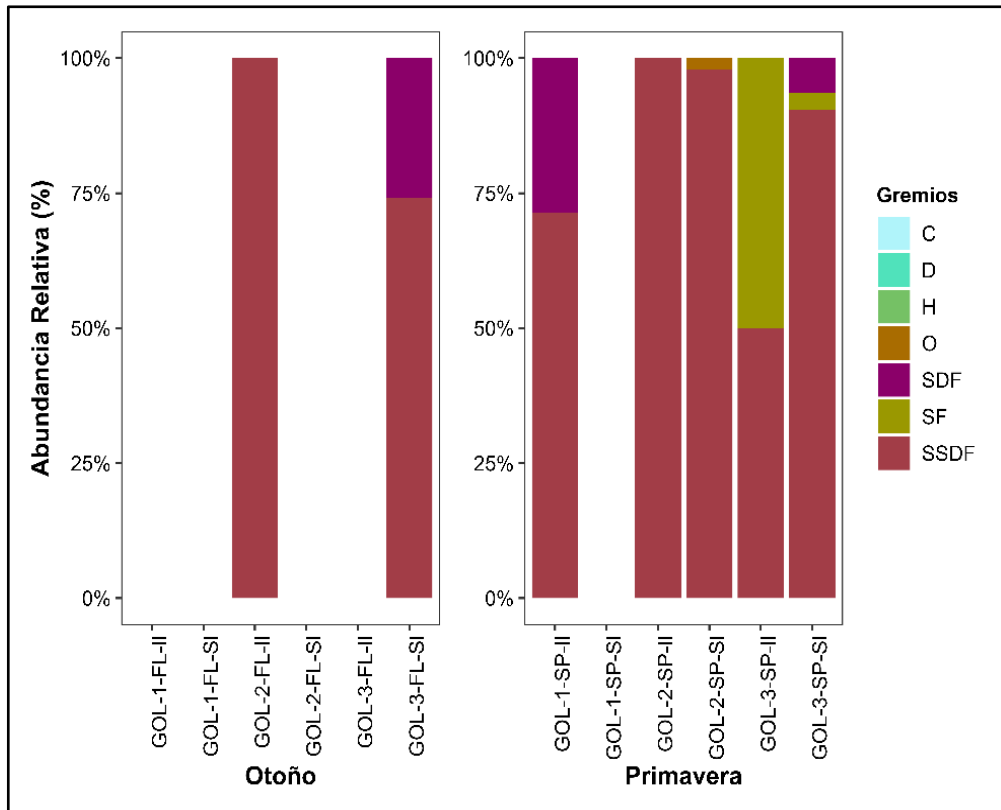


Figura ap. 15. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Goleta Slough durante las temporadas del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a GOL = Goleta Slough, # = Número de la estación, FL= Otoño, SP= Primavera, II = Intermareal y SI = Submareal.

Ventura River: Nivel de SitioXTemporadaXEstratoXEstación

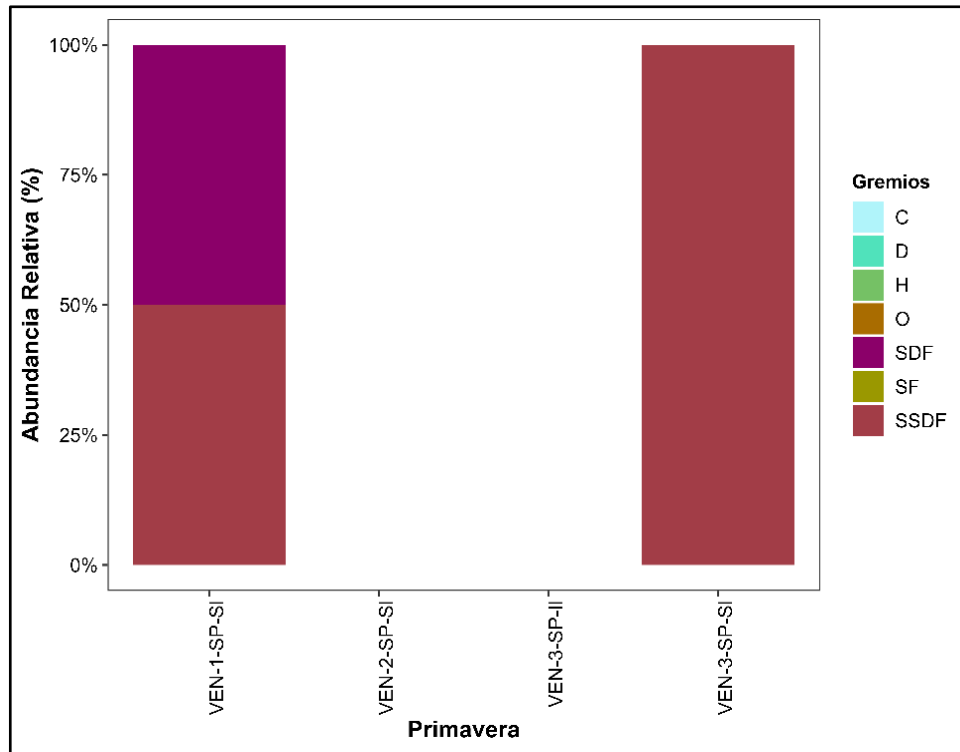


Figura ap. 16. Abundancia relativa (%) de gremios alimenticios de poliquetos en Ventura River durante la primavera del año 2021. C = Carnívoro, D = Detritívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, SF = Suspensívoro, SDF = Depositívoro de superficie y SSDF = Depositívoro de subsuperficie. Las etiquetas del eje X se refieren a VEN = Ventura River, # = Número de la estación, SP= Primavera, II = Intermareal y SI = Submareal.

10. 2 Apartado de Tablas/Cuadros

10.2.1 Listado de especies

Nivel de Sitiogh

Tabla ap. 1. Listado de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante el año 2021. BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River.

Especie	BAT	GOL	MAL	NEW	VEN	Total
<i>Capitella capitata Complex</i>	228	72	4	61	1	366
<i>Polydora nuchalis</i>	28	3	79	26	0	136
<i>Boccardia proboscidea</i>	22	1	0	3	0	26
<i>Exogone lourei</i>	1	0	0	21	0	22
<i>Dispia sp.</i>	11	0	0	2	0	13
<i>Alitta succinea</i>	0	0	0	10	0	10
<i>Polydora cornuta</i>	0	0	9	1	0	10
<i>Polydora sp.</i>	0	1	0	9	0	10
<i>Euchone incolor</i>	0	0	0	9	0	9
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	0	8	0	0	0	8
<i>Jasmineira sp. B</i>	0	0	0	8	0	8
<i>Neanthes acuminata</i>	0	0	0	8	0	8
<i>Eteone californica</i>	0	0	0	7	0	7
<i>Pseudopolydora kempfi</i>	0	0	0	7	0	7
<i>Capitella sp.</i>	0	5	0	0	0	5
<i>Boccardiella hamata</i>	4	0	0	0	0	4
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	4	0	0	0	0	4
<i>Caulleriella armata</i>	0	0	0	3	0	3
<i>Chaetozone sp. SD7</i>	0	0	0	3	0	3
<i>Marphysa sp.</i>	0	0	0	3	0	3
<i>Mediomastus ambiseta</i>	3	0	0	0	0	3
<i>Neomediomastus sp.</i>	3	0	0	0	0	3
<i>Chaetozone acuta</i>	0	0	0	2	0	2
<i>Chaetozone sp. 1 NB</i>	0	0	0	2	0	2
<i>Euchone sp.</i>	0	0	0	2	0	2
<i>Laonice sp.</i>	1	0	0	1	0	2
<i>Nicon moniloceras</i>	0	0	0	2	0	2
<i>Ophelina acuminata</i>	0	2	0	0	0	2
<i>Polydora websteri</i>	0	0	2	0	0	2
<i>Prionospio jubata</i>	0	0	0	2	0	2
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Pseudopolydora sp.</i>	0	0	0	1	1	2
<i>Chaetozone lunula</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Chaetozone sp. 1</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Dispia uncinata</i>	0	0	0	1	0	1

<i>Eteone pigmentata</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Euchone arenae</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Flabelligera sp.</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Mediomastus acutus</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Mediomastus californiensis</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Nereis sp.</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Polydora narica</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Sabellidae sp.</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Scoloplos armiger Complex (LA2)</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Spiophanes norrisi</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Spiophanes wigleyi</i>	1	0	0	0	0	1
Total	313	94	95	198	2	702

Nivel de Temporada

Tabla ap. 2. Listado de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) durante otoño y primavera del año 2021.

Especie	Otoño	Primavera	Total
<i>Capitella capitata Complex</i>	19	347	366
<i>Polydora nuchalis</i>	53	83	136
<i>Boccardia proboscidea</i>	16	10	26
<i>Exogone lourei</i>	22	0	22
<i>Dispio sp.</i>	10	3	13
<i>Alitta succinea</i>	7	3	10
<i>Polydora cornuta</i>	0	10	10
<i>Polydora sp.</i>	3	7	10
<i>Euchone incolor</i>	9	0	9
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	5	3	8
<i>Jasmineira sp. B</i>	7	1	8
<i>Neanthes acuminata</i>	0	8	8
<i>Eteone californica</i>	4	3	7
<i>Pseudopolydora kempfi</i>	6	1	7
<i>Capitella sp.</i>	0	5	5
<i>Boccardiella hamata</i>	4	0	4
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	0	4	4
<i>Caulleriella armata</i>	3	0	3
<i>Chaetozone sp. SD7</i>	3	0	3
<i>Marphysa sp.</i>	1	2	3
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0	3	3
<i>Neomediomastus sp.</i>	0	3	3
<i>Chaetozone acuta</i>	2	0	2
<i>Chaetozone sp. 1 NB</i>	2	0	2
<i>Euchone sp.</i>	2	0	2
<i>Laonice sp.</i>	2	0	2
<i>Nicon moniloceras</i>	1	1	2
<i>Ophelina acuminata</i>	0	2	2

<i>Polydora websteri</i>	0	2	2
<i>Prionospio jubata</i>	2	0	2
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	2	0	2
<i>Pseudopolydora sp.</i>	1	1	2
<i>Chaetozone lunula</i>	1	0	1
<i>Chaetozone sp. 1</i>	1	0	1
<i>Dispio uncinata</i>	1	0	1
<i>Eteone pigmentata</i>	0	1	1
<i>Euchone arenae</i>	1	0	1
<i>Flabelligera sp.</i>	0	1	1
<i>Mediomastus acutus</i>	0	1	1
<i>Mediomastus californiensis</i>	1	0	1
<i>Nereis sp.</i>	0	1	1
<i>Polydora narica</i>	1	0	1
<i>Sabellidae sp.</i>	1	0	1
<i>Scoloplos armiger Complex (LA2)</i>	0	1	1
<i>Spiophanes norrisi</i>	1	0	1
<i>Spiophanes wigleyi</i>	0	1	1
Total	194	508	702

Nivel de SitioXTmporada

Tabla ap. 3. Listado de especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) en cada estuario, BAT = Batiqitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River durante las temporadas de otoño y primavera del año 2021.

Especie	Otoño				Primavera					Total
	BAT	GOL	NEW	VEN	BAT	GOL	MAL	NEW	VEN	
<i>Capitella capitata Complex</i>	10	2	7	0	218	70	4	54	1	366
<i>Polydora nuchalis</i>	25	3	25	0	3	0	79	1	0	136
<i>Boccardia proboscidea</i>	13	0	3	0	9	1	0	0	0	26
<i>Exogone lourei</i>	1	0	21	0	0	0	0	0	0	22
<i>Dispio sp.</i>	10	0	0	0	1	0	0	2	0	13
<i>Alitta succinea</i>	0	0	7	0	0	0	0	3	0	10
<i>Polydora cornuta</i>	0	0	0	0	0	0	9	1	0	10
<i>Polydora sp.</i>	0	1	2	0	0	0	0	7	0	10
<i>Euchone incolor</i>	0	0	9	0	0	0	0	0	0	9
<i>Aricidea (Strelzovia) sp. A (GS)</i>	0	5	0	0	0	3	0	0	0	8
<i>Jasmineira sp. B</i>	0	0	7	0	0	0	0	1	0	8
<i>Neanthes acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8
<i>Eteone californica</i>	0	0	4	0	0	0	0	3	0	7
<i>Pseudopolydora kempfi</i>	0	0	6	0	0	0	0	1	0	7
<i>Capitella sp.</i>	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5
<i>Boccardiella hamata</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Paradialychone eiffelturris</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4

<i>Caulleriella armata</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
<i>Chaetozone sp. SD7</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
<i>Marphysa sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	2	0	3
<i>Mediomastus ambiseta</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
<i>Neomediomastus sp.</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
<i>Chaetozone acuta</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Chaetozone sp. 1 NB</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Euchone sp.</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Laonice sp.</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Nicon moniloceras</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
<i>Ophelina acuminata</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Polydora websteri</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Prionospio jubata</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Pseudopolydora sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
<i>Chaetozone lunula</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chaetozone sp. 1</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dispio uncinata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Eteone pigmentata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Euchone arenae</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Flabelligera sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Mediomastus acutus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Mediomastus californiensis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nereis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Polydora narica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Sabellidae sp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Scoloplos armiger Complex (LA2)</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Spiophanes norrisi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Spiophanes wigleyi</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total	70	11	113	0	243	83	95	85	2	702

10.2.2 Índices de diversidad

Nivel de SitioXTemporadaXEstratoXEstación

Tabla ap. 4. Índices de diversidad de Shannon-Weiner (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson ($\lambda : C'$) de las especies de poliquetos estuarinos del Sur de California (SoCal) en cada estuario y su estrato, BAT = Batiquitos Lagoon, NEW = Newport Bay, MAL = Malibu Lagoon, GOL = Goleta Slough, VEN = Ventura River, INT: Intermareal, SUB: Submareal, #: número de estaciones durante otoño y primavera del año 2021.

Sitio	Estación del año	Estrato	Estación	S	($H' \log 2$)	(J')	($\lambda : C'$)
-------	------------------	---------	----------	---	-----------------	----------	--------------------

BAT	Otoño	INT	1	1	0	0	1
			2	1	0	0	1
			3	1	0	0	1
		SUB	1	4	2	1	0
			2	2	0.722	0.722	0.600
			3	9	2.408	0.760	0.234
		INT	1	0	0	0	0
			2	1	0	0	1
			3	0	0	0	0
SUB	1	0	0	0	0		
	2	0	0	0	0		
	3	3	1.352	0.853	0.361		
INT	1	1	0	0	1		
	2	7	1.982	0.706	0.352		
	3	0	0	0	0		
SUB	1	19	3.602	0.848	0.107		
	2	0	0	0	0		
	3	3	1.522	0.960	0.200		
INT	1	0	0	0	0		
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		
SUB	1	0	0	0	0		
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		
BAT	Primavera	INT	1	2	0.215	0.215	0.933
			2	1	0	0	1
			3	4	0.548	0.274	0.840
		SUB	1	4	1.809	0.905	0.253
			2	3	1.500	0.946	0.167
			3	0	0	0	0
		INT	1	2	1	1	0
			2	1	0	0	1
			3	2	1	1	0
SUB	1	0	0	0	0		
	2	3	0.634	0.400	0.768		
	3	3	1.023	0.645	0.590		
INT	1	0	0	0	0		
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		

NEW	SUB	1	3	1.086	0.685	0.529
		2	3	0.683	0.431	0.749
		3	0	0	0	0
	INT	1	4	1.792	0.896	0.200
		2	1	0	0	1
		3	4	1.739	0.870	0.287
	SUB	1	3	1.459	0.921	0.267
		2	2	0.592	0.592	0.714
		3	5	0.851	0.366	0.740
INT	3	0	0	0		
VEN	SUB	1	1	0	0	1
		2	0	0	0	
		3	1	0	0	1

10.2.3 PERMANOVA

Tabla ap. 5. Resultados de análisis de varianza permutacional (PERMANOVA) utilizando 9999 permutaciones entre Si = Estuario, Se = Temporada del Año y Sa = Estrato. El * representa valores de p menores a 0.05 (< 0.001). Tipo II y modelo reduced:

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
si	4	17501	4375.3	1.4753	0.0341*	9873	0.0566
se	1	9762	9762	3.2916	0.0017*	9928	0.0046
sa	1	2906.8	2906.8	0.98013	0.4324	9917	0.4352
sixse**	2	3838	1919	0.64705	0.8923	9894	0.848
sixsa**	2	10356	5178.2	1.746	0.036	9908	0.0511
sexsa	1	1899.9	1899.9	0.64063	0.7908	9934	0.7479
sixsexsa**	2	5344.6	2672.3	0.90106	0.5882	9910	0.5655
Res	18	53383	2965.7				
Total	31	1.04E+05					

Tabla ap. 6. Resultados de análisis de varianza permutacional (PERMANOVA) utilizando 9999 permutaciones. Si = Estuario, Se = Temporada del Año y Sa = Estrato. El * representa valores de p menores a 0.05 (< 0.001). Tipo II y modelo raw data:

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
si	4	15075	3768.8	1.7791	0.0351*	9902	0.1188
se	1	6230.7	6230.7	2.9413	0.0037*	9938	0.0369
sa	1	3280.7	3280.7	1.5487	0.1424	9915	0.225
sixse**	2	2737	1368.5	0.64602	0.8825	9920	0.7962
sixsa**	2	8383	4191.5	1.9787	0.031	9909	0.0997

sexsa	1	2252.9	2252.9	1.0635	0.4256	9921	0.4233
Res	2	4236.7	2118.3				
Total	13	4.11E+04					
