

**UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**DINÁMICA POBLACIONAL DE LAS ESPECIES DE *ACARTIA* (CRUSTACEA:  
COPEPODA: CALANOIDA) DEL SISTEMA ESTUARINO - LAGUNAR DE  
CANANEIA – IGUAPE, SÃO PAULO, BRASIL**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**AUTORA:**

**Karolyne Julissa Gonzalez Ochante**

**ASESORES:**

**Dr. Alexander Pérez Segovia - Perú**

**Profa. Dra. Luz Amelia Vega Pérez - Brasil**

**LIMA, PERÚ**

**2023**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado tantas oportunidades y los medios para realizar mis sueños.

A la Profa. Dra. Luz Amelia Vega-Pérez, mi orientadora en el Brasil, por la confianza que deposito en mí, por brindarme su apoyo, conocimiento y amistad durante el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Alexander Pérez Segovia, por haber aceptado ser mi orientador en el Perú de forma incondicional y por toda la ayuda brindada para la culminación del presente trabajo.

Al Dr. Armando Valdés, mi director de carrera, por el apoyo constante y siempre seguro proporcionados durante los años que cursé la Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Al Prof. Dr. Daniel Eduardo Lavanholi de Lemos, profesor del Departamento de Oceanografía Biológica del Instituto Oceanográfico de la Universidade de São Paulo, por autorizar y facilitar mi pasantía en el “Laboratório de Ecologia do Zooplâncton Marinho”.

Al Prof. Dr. José Juan Barrera-Alba, Profesor de la Faculdade de Oceanografia de la Universidade Federal do Estado de São Paulo (UNIFESP), por la confianza depositada en mi al autorizar el uso de los datos referentes a los parámetros ambientales y clorofila  $a$ , del proyecto “Dinâmica Metabólica e transporte de propriedades no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape – SELCI” (FAPESP Proc nº 04/02992-1), para la elaboración de la presente tesis.

Al equipo de investigación del “Laboratório de Ecologia do Zooplâncton Marinho”, en especial a los Biólogos Fabio Katzuo Mazzeto y Lucas Aquino Silva por permitirme usar los datos referentes al zooplancton total del área de estudio, esenciales para la elaboración de la tesis.

A la Dirección del Instituto Oceanográfico de la Universidade de São Paulo, por haber autorizado el uso de los laboratorios y el equipo necesario para realizar el presente trabajo.

Al Dr. José Pérez, Profesor de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, por la revisión cuidadosa del proyecto de tesis, críticas y sugerencias proporcionadas durante su elaboración.

Al Prof. Dr. Vicente Gomes, profesor del Departamento de Oceanografía Biológica del Instituto Oceanográfico de la Universidade de São Paulo, por haberme dado la

oportunidad de conocer el área de estudio, por la revisión cuidadosa del proyecto y del presente trabajo, así como por sus valiosas críticas y sugerencias que mucho contribuyeron para mejorar su contenido.

Al MSc. Arthur Zigiatti Guth, miembro del equipo de Investigadores del “Laboratorio de Ecología do Mar Profundo” del Departamento de Oceanografía Biológica, del Instituto Oceanográfico de la Universidade de São Paulo, por la orientación y el auxilio prestado durante el análisis estadístico de los datos obtenidos y su interpretación.

Al Bachiller Wagner Pinheiro, miembro del equipo de Procesamiento Técnico de la Biblioteca “Gelzo Vazzoler” del Instituto Oceanográfico de la Universidad de São Paulo, así como a los bibliotecarios Martha Darcira de Araújo de Miranda y José Aparecido Teixeira por ayudarme a obtener la bibliografía utilizada en el presente trabajo, especialmente las de difícil acceso.

A mis Profesores de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, por haber contribuido para mi formación profesional.

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC), por la Beca concedida para realizar mis estudios en la Facultad de Ciencias e Ingeniería, de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, y la pasantía en el Instituto Oceanográfico de la Universidade de São Paulo, Brasil.

A mis padres Elizabeth y Julio, así como a mi hermana Kelly por todo el amor, cariño y apoyo que siempre me proporcionan. Gracias por el ejemplo de vida que son para mí.

Al Dr. Oscar Mauricio Prada Ramírez, por su amistad sincera y apoyo incondicional durante la elaboración de esta tesis.

A todos mis familiares, amigos y personas que contribuyeron, de diversas formas, para la culminación de mi carrera y del presente trabajo.

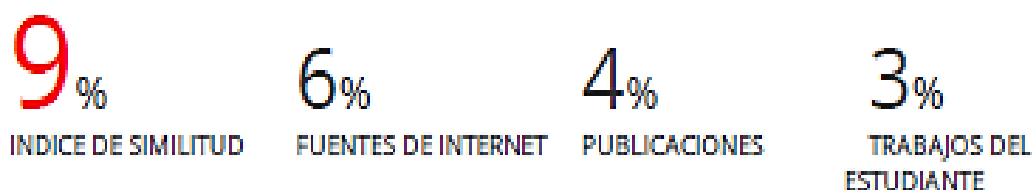
A

Julio Cristofer Gonzalez Ochante

*In memoriam*

DINÁMICA POBLACIONAL DE LAS ESPECIES DE *ACARTIA* (CRUSTACEA: COPEPODA: CALANOIDA) DEL SISTEMA ESTUARINO - LAGUNAR DE CANA-NEIA – IGUAPE, SÃO PAULO, BRASIL.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia Trabajo del estudiante	2%
2	www.scielo.br Fuente de Internet	<1%
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
4	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "EIA de la Prospección Sísmica Marina en el Lote Z-6-IGA0016453", R.D. N° 345-2003-EM/DGAA, 2022 Publicación	<1%
5	doczz.net Fuente de Internet	<1%
6	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1%
7	www.uprm.edu Fuente de Internet	<1%

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN .....	3
II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	8
2.1. Hipótesis.....	8
2.2. Objetivos .....	8
III. ÁREA DE ESTUDIO.....	9
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
4.1. Procedencia de las muestras de la familia Acartiidae .....	12
4.2. Obtención de datos en laboratorio.....	13
4.3. Cálculo de la abundancia de las especies del género <i>Acartia</i> .....	14
4.4. Análisis estadísticos .....	14
V. RESULTADOS.....	16
5.1. Variables ambientales y biológica.....	16
5.2. Identificación de las especies del género <i>Acartia</i> y composición de las poblaciones.....	19
5.3. Distribución espacial y temporal de las especies de <i>Acartia</i> .....	20
5.4. Distribución de la abundancia de las especies de <i>Acartia</i> en el SELCI.....	21
5.6. Análisis estadísticos .....	26
VI. DISCUSIÓN .....	30
6.1. Variables ambientales y biológica.....	30
6.2. Identificación y composición de las especies del género <i>Acartia</i> .....	32
6.3. Distribución y abundancia del género <i>Acartia</i> .....	35
VII. CONCLUSIONES.....	44
VIII. REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS .....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa con la localización del Sistema Estuarino-Lagunar de Cananea-Iguape, estado de São Paulo, Brasil, y los puntos de muestreo (●). Fuentes: A- Bonetti & Miranda, 1997 (64); B- Google, modificados. ....	11
Figura 2. Especies de la familia Acartiidae identificadas en el SELCI: <i>Acartia danae</i> (A), <i>Acartia lilljeborgi</i> (B) y <i>Acartia tonsa</i> (C). Fuente: Björnberg, 1981 (18), modificada.	13
Figura 3. <i>Acartia lilljeborgi</i> : medidas del tamaño total del cuerpo. Fuente: Björnberg, 1981 (18), modificada.....	14
Figura 4. Valores medios de temperatura (A), salinidad (B), clorofila <i>a</i> (C) y pH (D) registrados en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002. ....	17
Figura 5. Valores medios de material en suspensión (A), oxígeno disuelto (B) y porcentaje de saturación del agua (C) registrados en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.....	18
Figura 6. Composición de la población (%) de <i>Acartia lilljeborgi</i> en el SELCI en el periodo de estudio. A= adultos; H= hembras; M= machos; C= copepoditos CI – CV... 20	20
Figura 7. Composición de la población (%) de <i>Acartia tonsa</i> en el SELCI en el período de estudio. A= adultos; H= hembras; M= machos; C= copepoditos CI-CV.....	20
Figura 8. Abundancia absoluta (n° ind.m <sup>-3</sup> ) de <i>Acartia lilljeborgi</i> registrada en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.....	23
Figura 9. Abundancia absoluta (n° ind.m <sup>-3</sup> ) de los jóvenes y adultos de <i>Acartia lilljeborgi</i> registrada en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002. ....	23
Figura 10. Abundancia absoluta (n° ind.m <sup>-3</sup> ) de <i>Acartia tonsa</i> registrada en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.....	25
Figura 11. Abundancia absoluta (n° ind.m <sup>-3</sup> ) de los jóvenes y adultos de <i>Acartia tonsa</i> registrada en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002. ....	25
Figura 12. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) aplicado a los valores de abundancia de <i>Acartia lilljeborgi</i> y <i>Acartia tonsa</i> , así como a las variables físicas, químicas y biológica registradas en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002. ....	27

Figura 13. Índices pluviométricos (mm) registrados en el SELCI en el periodo de enero 2001 a enero de 2002. Fuente: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CEPTEC, Brasil (2019) (71).....	31
Figura 14. Mapa mostrando la distribución y abundancia de <i>Acartia lilljeborgi</i> y <i>Acartia tonsa</i> en el SELCI en el otoño (A), invierno (B), primavera (C) del 2001 y verano (D) del 2002. ....	37

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tamaño total (mm) de las hembras y de los machos adultos de <i>Acartia lilljeborgi</i> y <i>Acartia tonsa</i> registrado en el SELCI, en el invierno del 2001 y verano del 2002. $\bar{x}$ = media; $\sigma$ = desviación estándar. Número de especímenes medidos de cada sexo = 30..	19
Tabla 2. Distribución de la presencia de las especies <i>Acartia lilljeborgi</i> y <i>Acartia tonsa</i> en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002. ....	21
Tabla 3. Test Kruskal–Wallis aplicado a los valores de abundancia de <i>Acartia lilljeborgi</i> y <i>Acartia tonsa</i> , así como al de las variables físicas, químicas y biológica registrados en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y verano del 2002. df= grados de libertad; p= probabilidad.....	26
Tabla 4. Coeficiente de correlación de Spearman aplicado a los valores de abundancia de <i>Acartia lilljeborgi</i> y <i>Acartia tonsa</i> y las variables: altura de la marea (A); temperatura (T); salinidad (S); pH; oxígeno disuelto (OD); porcentaje de saturación del agua (% Sat.); clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i> ); material en suspensión (MTS), en las cuatro estaciones del año. r = coeficiente de Spearman; p = Probabilidad. ....	28
Tabla 5. Tamaño total (mm) de las especies <i>Acartia lilljeborgi</i> y <i>Acartia tonsa</i> registrado en el SELCI y en otros estuarios del Brasil y del mundo. H= hembras; M= machos; TT= tamaño total.....	34



## RESUMEN

La dinámica poblacional (abundancia y distribución) de las especies de *Acartia* y la influencia de las variables físicas (temperatura, marea), químicas (salinidad, material en suspensión, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación y pH del agua) y biológica (clorofila *a*) fueron estudiadas a partir de muestras de zooplancton colectadas en Mayo (otoño), Julio (invierno) y Octubre (primavera) de 2001 y Enero (verano) de 2002, en 10 puntos de muestreo distribuidos a lo largo del Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape (SELCI), estado de São Paulo, Brasil. Se identificaron tres especies de copépodos de la familia Acartiidae: *Acartia danae*, *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa*, siendo estas últimas encontradas en todo el período de estudio y *A. danae* apenas en otoño. Las poblaciones de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* son formadas por jóvenes (copepoditos CI-CV) y adultos, con predominio de hembras, indicando que se reproducen todo el año. Las dos especies presentaron amplia distribución en el SELCI mostrando que toleran variaciones extremas de salinidad (0,8 a 33,4) y de temperatura (18,8°C a 27,7°C) indicando que son eurihalinas y euritermicas. *Acartia lilljeborgi* fue frecuente y abundante en las regiones norte y sur, en aguas con salinidades 11,5 a 33,4 y concentración de clorofila *a* 1,3 a 17 mg.m<sup>-3</sup>, mientras que *A. tonsa* predominó en la región interna, donde la salinidad del agua varía de 0,8 a 16,7 y la concentración de la clorofila *a* entre 16 y 22,4 mg.m<sup>-3</sup>. Sin embargo, los resultados indican que la variación espacial y temporal de las dos especies, así como la distribución de su abundancia en el SELCI no tiene un patrón definido. Los análisis estadísticos (Kruskal-Wallis, CCA, Coeficiente de Spearman) realizados mostraron que la salinidad y la clorofila *a* son las principales variables que influenciaron la distribución de la abundancia de las dos *Acartia* en el SELCI.

**Palabras clave:** Dinámica poblacional, Copepoda, Acartiidae, estuario subtropical, Atlántico Sur.

## ABSTRACT

Population dynamics (abundance and distribution) of *Acartia* species and the influence of physical (temperature, tide) chemical (salinity, suspended material, pH, dissolved oxygen and percentage of water saturation) and biological parameter (chlorophyll *a*) were studied from zooplankton samples obtained in May (autumn), July (winter) and October (spring) of 2001 and in January (summer) of 2002, at 10 sampling station distributed along the Cananeia-Iguape Lagoon Estuarine System (SELCI), São Paulo State, Brazil. Three copepods species of the Acartiidae family are identified: *Acartia danae*, *Acartia lilljeborgi* and *Acartia tonsa*, the last two being found throughout the study period and *A. danae* only in the autumn. The population of *A. lilljeborgi* and *A. tonsa* are constituted by juvenile (copepodite CI-CV) and adult, with female predominance, showing that these species breed year round. In the SELCI, both species tolerate wide variations of salinity (0.8 to 33.4) and temperature (18.8°C to 27.6°C) indicating that they are euryhaline and eurithermic. *Acartia lilljeborgi* is frequent and abundant in the north and south region especially during summer and winter respectively, where the water salinity ranged from 11.5 to 33.4 and the value of chlorophyll *a* from 1.3 to 17 mg.m<sup>-3</sup>, while *A. tonsa* is dominant in the inner area of the estuary, mainly in winter and spring, as in water salinity from 0.8 to 16.7 and high values of chlorophyll *a* from 16 to 22.4 mg.m<sup>-3</sup>. However, the results indicate that the spatial and temporal distribution of these two species, as well as the distribution of their abundance in the SELCI do not have a defined pattern.

The statistical analysis ((Kruskal-Wallis, CCA, Spearman Coefficient) carried out showed that salinity and chlorophyll *a* are the main variables that influenced the abundance and distribution of the two *Acartia* in the SELCI.

**Keywords:** Population dynamic, Copepoda, Acartiidae, subtropical estuary, South Atlantic.

## I. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la ecología de una comunidad dependen de informaciones precisas sobre las especies que la componen, su distribución y abundancia, así como las variables físicas, químicas y biológicas que las influyen (1, 2, 3). Por eso es recomendado que los estudios sobre el zooplancton marino sean hechos en nivel de especie (4), una vez que la respuesta de estos organismos a esas variables es fundamental para conocer su ecología, para entender el funcionamiento y la dinámica del ecosistema marino pelágico (5, 6, 7, 8), para elaborar modelos que permitan detectar las áreas productivas y hacer previsiones sobre estoques pesqueros (9). Los estudios sobre la ecología de una comunidad también permiten también identificar y evaluar el impacto del cambio climático, de pequeña y grande escala, sobre las comunidades y el ecosistema marino (10, 11, 12).

El zooplancton es una comunidad constituida de animales que viven fluctuando en la columna de agua porque su capacidad de nadar limitada les impide vencer las corrientes (13). En el ecosistema pelágico marino es una de las comunidades más abundantes y diversificadas porque reúne un gran número de especies pertenecientes a por lo menos 21 filos de invertebrados, especialmente Arthropoda (sub-filo Crustacea), siendo las especies que pasan toda su vida formando parte del zooplancton llamadas holoplanctónicas y las que pasan sólo una parte (fase larval) meroplanctónicas (13, 14).

Los crustáceos holoplanctónicos de la subclase Copepoda son los principales miembros del zooplancton de regiones oceánicas y neríticas, una vez que dependiendo del local y estación del año constituyen entre 55 y 98% de esa comunidad (14, 15, 16). Estudios recientes sobre la taxonomía del grupo muestran que han sido descritas más de 14738 especies pertenecientes a 10 órdenes, siendo Calanoida, Cyclopoida, Poecilostomatoida y Harpacticoida las que reúnen el mayor número de especies (17). Los estudios también indican que de todas las especies descritas hasta el momento, más de 500 están presentes en el zooplancton del Atlántico sudoccidental, donde aproximadamente 70 son consideradas endémicas (18, 19).

La mayoría de los copépodos tiene el cuerpo en forma de torpedo y tamaño pequeño, que varía de 0,2 a 17 mm en los adultos de especies pelágicas, mientras que el tamaño de las formas parasitarias de grandes vertebrados puede pasar de 20 cm (17). Las especies pelágicas son dioicas, presentan dimorfismo sexual acentuado, fecundación interna y,

dependiendo de la familia o género al que pertenecen, hembras con receptáculo seminal que incuban los huevos en uno o dos sacos ovígeros hasta la eclosión de las larvas (especies detenedoras), o hembras sin receptáculo seminal que después de la fertilización de los huevos desovan en la columna de agua (especies dispersoras) (15, 20). También se caracterizan porque pasan por 6 estadios de nauplio (larva) y 5 de copepodito (joven) antes de llegar a la fase adulta, por tener elevada tasa de fecundidad, ciclo de vida corto y producir más de 4 generaciones al año (18, 21, 22). En general, las hembras de los copépodos que habitan regiones cálidas y frías producen un segundo tipo de huevo, llamado de dormancia o resistencia, que les permite sobrevivir cuando las condiciones ambientales son desfavorables, como por ejemplo: variaciones extremas de temperatura y salinidad, poca disponibilidad de alimento y aumento de depredadores (15, 23, 24).

Entre los copépodos pelágicos predominan las especies herbívoras seguidas por las omnívoras y carnívoras (2, 15, 25, 26), siendo en todos los casos altamente eficientes en la captura del alimento porque los sensores que tienen en las antenas permiten la detección remota de sus presas (16, 26, 27). Otra característica de estos organismos es su amplia distribución (13, 18, 19, 28, 29), pueden ser encontrados en todos los cuerpos de agua, latitudes y profundidades debido principalmente a sus adaptaciones fisiológicas, tipo de reproducción, hábitos alimentares y estrategias utilizadas en la obtención del alimento y la capacidad que tienen de almacenar lípido. La amplia distribución que los copépodos presentan también es atribuida a sus elevadas tasas de crecimiento, reproducción y fecundidad (7, 15, 16), así como a la capacidad de realizar migración vertical diaria para obtener alimento, reproducirse y evitar el ataque de los depredadores (13, 14, 18, 30).

En el ecosistema marino, los copépodos tienen papel fundamental en la red trófica porque transfieren la energía producida por los productores primarios para los niveles tróficos superiores, una vez que son alimento de una gran variedad de animales como: tiburones, peces, moluscos, quetognatos, cnidarios, ctenóforos y anélidos (5, 9, 18, 26, 31, 32) y especialmente por ser uno de los principales productores de materia orgánica (heces, exoesqueletos, restos de alimento y de fragmentos de animales). La función relevante que los copépodos desempeñan en la red trófica es reconocida porque son responsables, junto con otros organismos marinos, por el transporte de la materia orgánica producida en la zona fótica hacia las regiones más profundas y la exportación del carbón presente en la columna de agua (5, 12, 25, 33).

Los estudios realizados en las dos últimas décadas resaltan la importancia de los copépodos en la acuicultura, debido a su valor nutricional que aumenta la sobrevivencia, el crecimiento y desempeño de varias especies de peces cultivados porque además de contener enzimas digestivas, gran cantidad de ácidos grasos y de proteínas, su tamaño pequeño y forma de nadar atrae y facilita su captura por parte de los depredadores (34, 35). Los estudios también muestran que los copépodos son excelentes bioindicadores de masas de agua, debido a su afinidad por determinadas salinidades y temperaturas (13, 18, 36, 37), del cambio climático y de la acción antropogénica en el ecosistema marino, lo que permite su uso, con suceso, en la evaluación del estado de preservación del ecosistema (10, 12, 38, 39), información que es fundamental para mejorar la gestión y el control de los recursos acuáticos (10, 11, 40). Por eso, estudiar la dinámica de las poblaciones de copépodos pelágicos en función de la composición, distribución y abundancia es importante porque, además de evidenciar las características y el equilibrio del ecosistema marino, permite conocer y comprender su funcionamiento (5, 7, 15, 33), los movimientos de las masas de agua y la dinámica del zooplancton como un todo (13, 18, 25, 36, 37, 41).

Diversos estudios muestran que los pequeños copépodos pelágicos de las órdenes Calanoida y Cyclopoida son los principales componentes del zooplancton costero, así como de estuarios de regiones tropicales y subtropicales (5, 15, 17, 19), y que en los estuarios brasileños los Calanoida más frecuentes y numerosos pertenecen a las familias Acartiidae, Paracalanidae y Pseudodiaptomidae (18, 36, 42, 43, 44). Los estudios también indican que la familia Acartiidae es constituida de cinco géneros y 87 especies (17), de las cuales siete son encontradas con frecuencia en el Atlántico sudoccidental y seis en aguas brasileñas: *Acartia danae*, *Acartia giesbrechti*, *Acartia lilljeborgi*, *Acartia longiremis*, *Acartia negligens* y *Acartia tonsa* (18, 19, 38, 43).

Las especies del género *Acartia* son pelágicas, caracterizadas por ser pequeñas (0,86 mm a 1,6 mm), siendo el tamaño de las hembras siempre mayor que el de los machos (18, 29, 45, 46), por presentar dimorfismo sexual acentuado, hembras sin receptáculo seminal (dispersoras) (15, 18, 20), así como por producir 4 a 7 generaciones por año (22, 47) y huevos de dormancia (15, 23, 24, 46). También se caracterizan por ser omnívoras oportunistas (consumen fitoplancton, ciliados, microplancton, algas tóxicas, detrito, heces y en casos extremos sus propios huevos y larvas) (25, 26, 48, 49) y por tener amplia

distribución en regiones oceánica y nerítica/costera (29, 45, 50, 51), donde tienen papel fundamental en la red trófica, en la producción secundaria pelágica (41, 52, 53, 54, 55), como indicadoras de áreas eutrofizadas (37, 38, 40, 49) y más recientemente en acuicultura (34, 35). Por eso, en el Brasil vienen despertando gran interés como lo demuestran los estudios realizados sobre las *Acartia* del Estuário Porto de Suape y Baía de Suape (Pernambuco) (38), Estuário do Rio Caeté (Amazonas) (53), Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (Paraná) (56), Estuário do Saco dos Limões (Santa Catarina) (40), Estuário da Lagoa dos Patos (Rio Grande do Sul) (54, 55) y Complexo-Estuarino Lagunar de Cananeia (São Paulo) (52, 57, 58), así como en la región costera del Estado de São Paulo (41, 59, 60).

La literatura muestra que en el Complejo-Estuarino Lagunar de Cananeia los estudios relacionados con la taxonomía, biología y ecología de los principales componentes del zooplancton/Copepoda de la región sur (Cananeia) fueron iniciados en la década del 60 y se intensificaron en la década siguiente (61, 62), mas es solo a partir de 1994 que los copépodos, incluyendo los de la familia Acartiidae, vuelven a ser estudiados en esa región, indicando la presencia de apenas dos especies (*A. lilljeborgi* y *A. tonsa*) de las seis registradas en aguas brasileñas (52, 57, 58). En contraposición, hay apenas un trabajo publicado sobre los copépodos pelágicos del Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape (SELCI), elaborado a partir de muestras colectadas en diciembre de 1983 y marzo de 1984 (63), donde es evaluado el impacto del bloqueo del canal artificial Valo Grande, que comunica el rio Ribeira de Iguape con el SELCI (Mar Pequeño), sobre esos organismos. Transcurridos 37 años de ese estudio y 26 años de la abertura definitiva del canal, que permitió que el Ribeira de Iguape volviese a descargar un gran volumen de agua en el SELCI y provocar grandes variaciones de salinidad, así como alteraciones en el sistema de circulación (64, 65), aún son escasas las informaciones disponibles sobre los copépodos pelágicos (44), especialmente de la familia Acartiidae, que habitan el estuario en este período y los efectos de la abertura del Valo Grande sobre sus poblaciones.

El presente estudio es el único realizado, hasta el momento, sobre las especies del género *Acartia* que habitan el SELCI después de la abertura definitiva del canal artificial Valo Grande, por eso las informaciones obtenidas son inéditas y esenciales para conocer y entender el papel que las *Acartia* desempeñan en la red trófica marina y en la producción secundaria pelágica costera, especialmente en las del SELCI, así como en el flujo del

carbón en la columna de agua. Las informaciones obtenidas también son fundamentales porque pueden servir de subsidio para evaluar el uso potencial de las *Acartia* en acuicultura, como indicadoras del estado de conservación de ambientes marinos costeros y en monitoreo ambiental.

## II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### 2.1. Hipótesis

Las hipótesis que guiaron la ejecución del presente trabajo fueron:

- El número de especies de la familia Acartiidae, género *Acartia*, que habitan el Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape (SELCI) es mayor que el registrado antes de las alteraciones que la abertura definitiva del canal Valo Grande provocó en el sistema de circulación y principalmente en la salinidad.
- La distribución y abundancia de las especies de *Acartia* presentan variación espacial (puntos de muestreo) y temporal (estaciones del año) en el SELCI.
- Las especies de *Acartia* toleran las variaciones de salinidad, temperatura y clorofila *a* que el SELCI presenta en el otoño, invierno y primavera del 2001 y verano del 2002.

### 2.2. Objetivos

#### Objetivos generales

Los objetivos del presente trabajo son estudiar la dinámica poblacional (distribución y abundancia) de las especies del género *Acartia* del Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape (SELCI), estado de São Paulo, Brasil, en el otoño, invierno y primavera del 2001 y verano del 2002, así como conocer las variables físicas (temperatura, marea), químicas (salinidad, oxígeno disuelto en el agua, porcentaje de saturación del agua, material en suspensión y pH del agua) y biológica (clorofila *a*) que la influencia.

#### Objetivos específicos

- Identificar las especies de la familia Acartiidae, género *Acartia*, que están presentes en el Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape (SELCI), estado de São Paulo, Brasil, en el otoño, invierno y primavera del 2001, así como en el verano de 2002.
- Describir la composición de la población (estadios joven y adulto) de las especies de *Acartia* identificadas en el SELCI.
- Caracterizar la distribución espacial (puntos de colecta) y evaluar la abundancia (número de individuos por m<sup>-3</sup>) de las *Acartia* en el período de estudio (estaciones del año).
- Identificar la existencia de cambios en la distribución espacial (puntos de colecta) y temporal (estaciones del año) de la abundancia de las *Acartia*, en función de las variables físicas (temperatura, marea), químicas (salinidad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación del agua, material en suspensión y pH del agua) y biológica (clorofila *a*).



### III. ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape (SELCI) está localizado en el extremo sur del estado de São Paulo, Brasil, entre cuatro grandes islas (Ilha do Cardoso, Ilha de Cananeia, Ilha Comprida e Ilha de Iguape) que se comunican con el Océano Atlántico a través de las desembocaduras de la Barra de Ararapira y la Barra de Cananeia, en la región sur, y por las desembocaduras de la Barra de Icapara y la Barra del Ribeira, en la región norte (Figura 1) (66).

El SELCI es definido como un ambiente amplio de planicie costera arenosa formado de una red compleja de canales interconectados, ligados entre sí y con el Océano Atlántico, siendo el área superficial total de los canales principales que lo componen (Mar Pequeno, Mar de Cananeia, Mar do Cubatão y Baía de Trapandé) de aproximadamente 115 km<sup>2</sup> y la profundidad de 6,5 m a 20 m (67, 68). Es el principal sistema estuarino-lagunar del litoral paulista que junto con el valle del Río Ribeira de Iguape constituye la mayor área de planicie costera del estado de São Paulo (cerca de 2,500 km<sup>2</sup>), cuya importancia es reconocida porque abriga cerca de 200 km<sup>2</sup> de mangle y áreas preservadas de la Floresta Tropical Pluvial Atlántica, además de formar parte de las zonas húmedas de importancia internacional, siendo por eso considerado Reserva de la Biósfera de la Mata Atlántica por la UNESCO e incluida en 2017, también por la UNESCO, en la lista de zonas húmedas de conservación prioritaria (65).

El SELCI tiene características de laguna y de estuario (64), clima tropical húmedo con índice elevado de pluviosidad, cuyo valor medio anual es de aproximadamente 1,700 mm en la región norte (Iguape) y 2,269 mm en la región sur (Cananeia), siendo el período de diciembre a abril el más lluvioso (media mensual de 266,9 mm) y el de mayo a noviembre menos lluvioso (media mensual de 95,3 mm) (68, 69, 70, 71). La temperatura media mensual del aire oscila entre 17,7°C (invierno) y 25,2°C (verano), con media anual de 21,4°C, mientras que la temperatura media anual del agua es de aproximadamente 23,8°C. En general, la temperatura del agua presenta los mayores valores medios mensuales de enero a marzo (27°C) y los más bajos en los meses de julio y agosto (cerca de 20°C) (70, 71). El SELCI también es caracterizado por el régimen de micro mareas (amplitudes de marea menores que 2 m) predominantemente semidiurnas, cuyas amplitudes son mayores en los períodos de sizigia (83 a 97 cm) y menores en los de cuadratura (13 cm), por presentar dos ciclos de marea diarios y tener una marea formada básicamente de dos

ondas, una que entra por la desembocadura norte (Barra de Icapara) y otra por la desembocadura sur (Barra de Cananeia), que se encuentran en la región central del Mar Pequeño (“Pedra do Tombo”) y fluyen en dirección opuesta (67, 68). Así, la circulación hidrodinámica en el sistema es controlada principalmente por las fluctuaciones de las mareas, responsables por los procesos de mezcla y cambio del agua oceánica y estuarina, por el flujo de agua dulce y a veces por el viento (64, 67, 68). El agua dulce que llega al SELCI por la región sur es proveniente de una pequeña cuenca de 1,339 km<sup>2</sup> formada por los ríos Taquari, Boacica e Itapitanguí, excepto en los períodos de lluvias intensas, mientras que el río Ribeira de Iguape que tiene aproximadamente 23,500 km<sup>2</sup>, constituye la principal fuente de agua dulce para las regiones central y norte del sistema (67, 68, 69).

El SELCI se vio influenciado por la abertura del canal artificial Valo Grande hecha, entre 1827 y 1852, para facilitar y reducir el tiempo de transporte de productos agrícolas del interior de la región (Vale do Ribeira) hasta el puerto de Iguape. Mas el flujo continuo de agua dulce y la rápida deposición de sedimento limitó el acceso al puerto, por eso en 1978 fue construida una barrera para evitar la erosión costera y la reducción de las áreas de cultivo (69). Con el tiempo, la acción continua de las corrientes provocó el debilitamiento de la barrera y su ruptura después de las lluvias intensas que cayeron en febrero de 1995, lo que ocasionó la abertura definitiva del canal Valo Grande y que el río Ribeira de Iguape volviese a descargar 60 a 70% de su volumen directamente en el Mar Pequeño (64), junto con una elevada cantidad de sedimento (65, 66). Estudios recientes muestran que la abertura del canal viene provocando cambios geomorfológicos, hidrológicos y ecológicos significativos en el SELCI que tienen reflejo en la composición, distribución y abundancia de la flora y fauna que abriga (65, 70, 72).

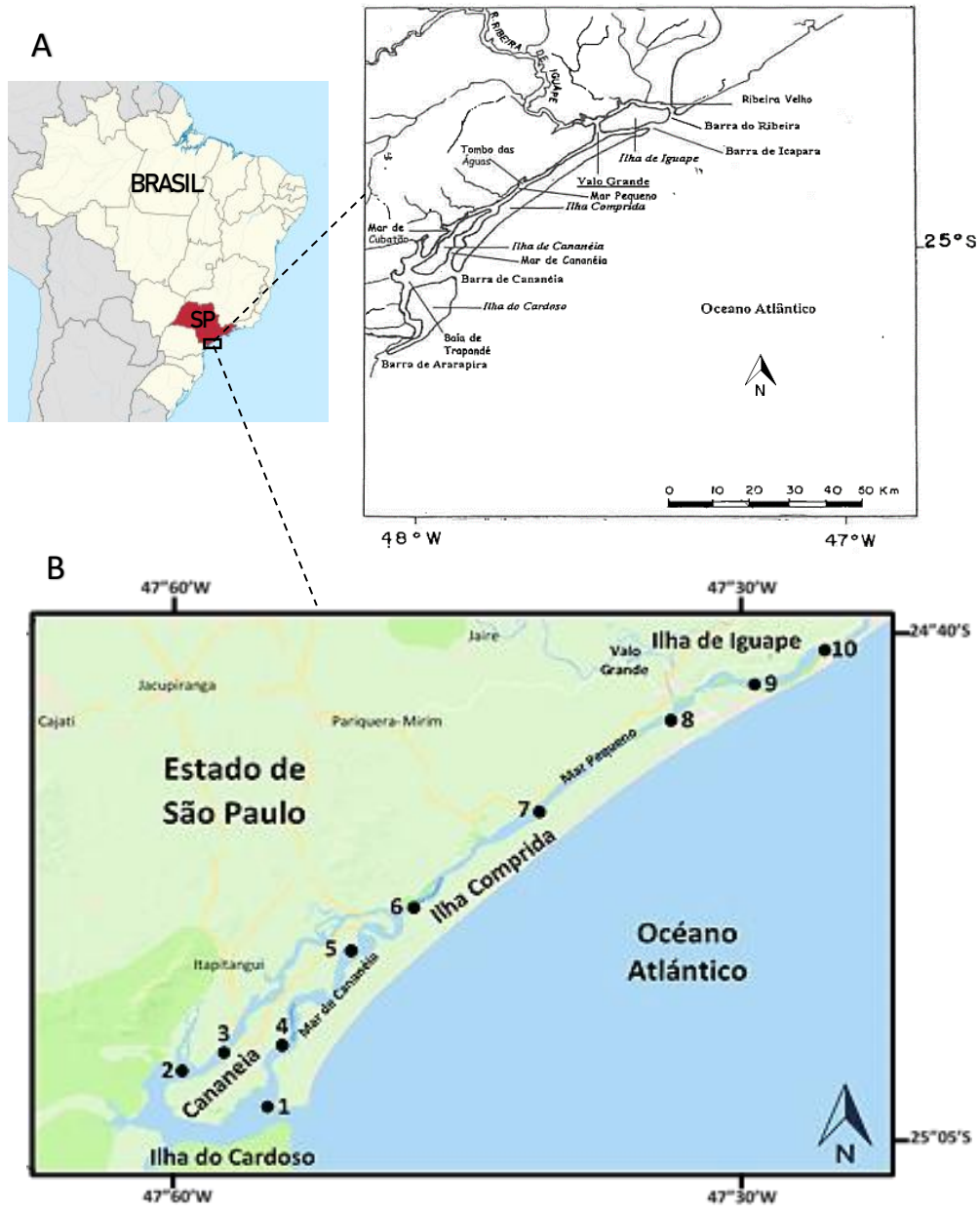


Figura 1. Mapa con la localización del Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape, estado de São Paulo, Brasil, y los puntos de muestreo (●). Fuentes: A- Bonetti & Miranda, 1997 (64); B- Google, modificados.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Procedencia de las muestras de la familia Acartiidae**

Las 40 muestras de zooplancton, de donde provienen los copépodos de la familia Acartiidae, utilizados en la elaboración del presente trabajo, fueron obtenidas durante la ejecución del proyecto “Dinâmica Metabólica e transporte de propriedades no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape – SELCI”.

Las muestras del zooplancton fueron colectadas en 10 puntos de muestreo distribuidos a lo largo del SELCI (Figura 1) en el otoño (8 a 10 de mayo), invierno (17, 18, 23, 24 de julio) y en la primavera (4 a 6 de octubre) del 2001, así como en el verano (21 a 23 de enero) del 2002, a bordo del barco “B/Pq. Albacora” del Instituto Oceanográfico de la Universidade de São Paulo. En la colecta fue utilizada una red cónica cilíndrica de 50 cm de diámetro de boca y malla de 100  $\mu\text{m}$  de abertura de poro, el cual permite que la colecta del microzooplancton (captura de todos los estadios de desarrollo de los organismos) sea realizada con mayor eficiencia (5, 14, 41), siendo los arrastres verticales de la red hechos en profundidades mínimas de 4-0m y máximas de 12-0m, durante el día y en la marea de cuadratura. Todas las muestras obtenidas fueron preservadas en formol 4%.

Un CTD (Conductividad, Temperatura y Depth = Profundidad), instrumento padrón utilizado en oceanografía para la obtención de perfiles verticales de temperatura y conductividad (salinidad) en función de la profundidad, de forma continua “in situ” y en tiempo real, fue utilizado para la obtención de los datos de temperatura, salinidad y profundidad en cada punto de muestreo. Como la salinidad es obtenida directamente a partir de la conductividad y definida como un valor absoluto, por determinación del Panel Internacional de la Comisión Oceanográfica (COI), a partir de 1978 no es necesario el uso de cualquier símbolo que indique proporción (73). Recomendación que fue adoptada en el presente trabajo.

Las botellas Van Dorn y Nansen fueron usadas en la colecta de muestras de agua para determinar la concentración de la clorofila *a*, del oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación del agua, el pH, así como el material en suspensión. La metodología aplicada en campo y laboratorio para la obtención de los datos referentes a esas variables está descrita, de forma detallada, en el trabajo de Barrera–Alba, 2004 (72), donde consta que los análisis aplicados para la obtención de la concentración de la clorofila *a* fueron

realizados siguiendo la metodología descrita por Jeffey y Humphrey, 1975 (74), la concentración del oxígeno disuelto por Grasshoff *et al*, 1983 (75) y el porcentaje de saturación del agua por la UNESCO, 1973 (76).

Los datos referentes a la marea fueron proporcionados por la Estación Meteorológica del Instituto Oceanográfico de la Universidade de São Paulo y los de precipitación por el Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos -INPE (CPTEC) (71).

#### 4.2. Obtención de datos en laboratorio

La identificación de las especies de familia Acartiidae (Figura 2), de los estados de desarrollo joven (copepoditos CI - CV) y adulto, así como el sexo de los especímenes (copepodito CV y adultos) fueron realizados usando las claves de Björnberg (18, 77) y Sabatini (78). En la identificación de las especies también fue utilizado el tamaño total de los especímenes adultos, como es recomendado por especialistas en taxonomía de copépodos (5, 19, 36). Para eso, 30 especímenes adultos hembras y machos de las especies de *Acartia* fueron seleccionados y el tamaño obtenido midiendo la distancia comprendida entre la extremidad anterior del prosoma y la parte posterior del ramo caudal, excluyendo las cerdas (Figura 3).

La identificación de las especies de la familia Acartiidae, de los estadios de desarrollo y el sexo, así como la medida del cuerpo de los especímenes fueron hechas utilizando estereomicroscopio y microscopio equipados con regla micrométrica.

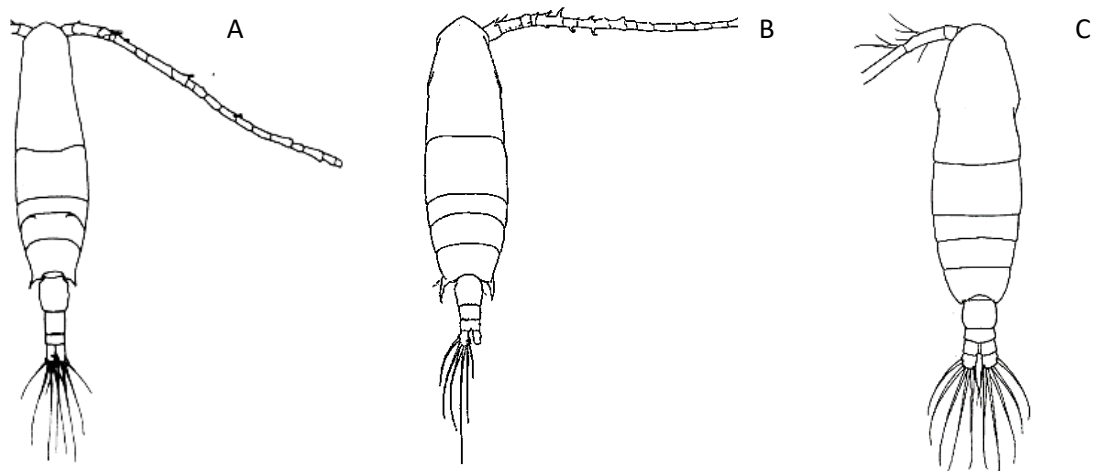


Figura 2. Especies de la familia Acartiidae identificadas en el SELCI: *Acartia danae* (A), *Acartia lilljeborgi* (B) y *Acartia tonsa* (C). Fuente: Björnberg, 1981 (18), modificada.

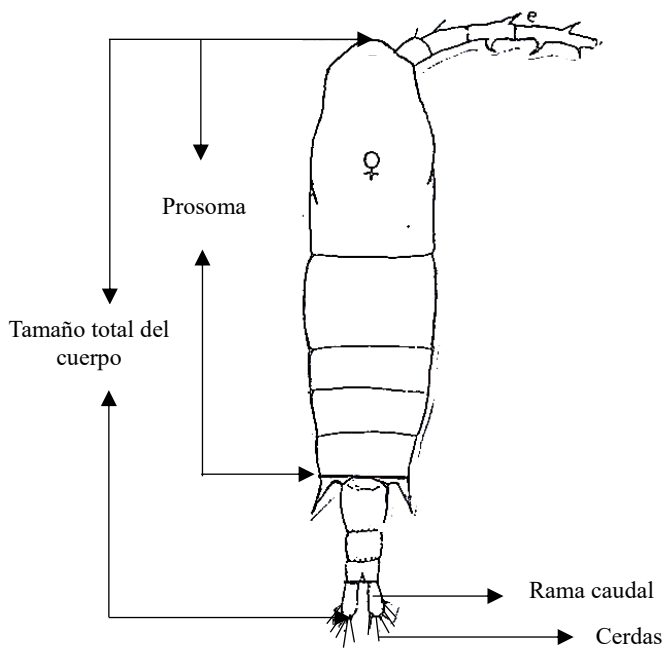


Figura 3. *Acartia lilljeborgi*: medidas del tamaño total del cuerpo. Fuente: Björnberg, 1981 (18), modificada.

#### 4.3. Cálculo de la abundancia de las especies del género *Acartia*

Los valores de abundancia (número de individuos por m<sup>-3</sup>) de las especies fueron obtenidos usando la ecuación de Tanaka, 1973 (79).

$$Y = \frac{d \cdot x}{v}$$

Y = número de individuos por m<sup>-3</sup>; d = profundidad de colecta (m); x = n° de organismos colectados; V = volumen de agua filtrada por la red (m<sup>-3</sup>).

La ecuación utilizada para calcular el volumen de agua filtrada por la red (V) fue:

$$V = a \cdot n \cdot k$$

a = área de la boca de la red (m<sup>2</sup>); n = número de giros del flujómetro; k = factor de calibración (constante del flujómetro).

#### 4.4. Análisis estadísticos

##### *Test no paramétrico Kruskal-Wallis*

El test de varianza no paramétrico Kruskal-Wallis fue aplicado para identificar la variación temporal que la abundancia de las *Acartia* y las variables físicas (temperatura, marea), químicas (salinidad, oxígeno disuelto, material en suspensión, porcentaje de saturación del agua y pH) y biológica (clorofila *a*) presentan en el SELCI. El test fue

aplicado después de verificar que los datos no cumplieron el supuesto de normalidad (80). El software utilizado fue STATA (versión 16).

#### *Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)*

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) fue utilizado con la finalidad de elucidar la posible relación entre la abundancia de las *Acartia* (*A. lilljeborgi* y *A. tonsa*) y las variables físicas (temperatura, marea), químicas (salinidad, oxígeno disuelto, material en suspensión, porcentaje de saturación del agua y pH) y biológica (clorofila *a*), así como para identificar las que tienen mayor influencia en la abundancia de las dos especies.

El conjunto de datos utilizados en el análisis estuvo representado por la abundancia (ind.m<sup>3</sup>) de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* como variable dependiente y las variables ambientales y biológica como variables independientes. El software usado fue Primer 6; (81, 82).

#### *Coefficiente de Correlación de Spearman*

El coeficiente de correlación de Spearman fue aplicado para verificar la posible correlación entre la abundancia de las *Acartia* (*A. lilljeborgi* y *A. tonsa*) y las variables físicas (temperatura, marea), químicas (salinidad, oxígeno disuelto, material en suspensión, porcentaje de saturación del agua y pH) y biológica (clorofila *a*) en las cuatro estaciones del año (80). Las correlaciones fueron realizadas usando el software STATA (versión 16).

## V. RESULTADOS

### 5.1. Variables ambientales y biológica

En el Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia-Iguape (SELCI) la temperatura del agua varió poco entre los puntos de colecta, sucediendo lo contrario en las cuatro estaciones del año una vez que los menores valores fueron registrados en el invierno: 18,8°C (Pt.1) a 19,6°C (Pt.6) y los mayores en el verano: 23,6°C (Pt.8) a 27,6°C (Pt.4), siendo la temperatura del agua similar en el otoño: 20°C (Pt.6) a 23,5°C (Pt.1) y en la primavera: 22°C (Pt.10) a 24,4°C (Pt.6) (Figura 4A).

La salinidad del agua, a diferencia de la temperatura, varió ampliamente en toda el área de estudio, presentando en general promedios bajos en el área central o interna (Pt.5 a Pt.7) del SELCI, cuando comparados con los valores elevados registrados en las regiones sur (Pt.1 a Pt.4) y en el norte apenas en el punto de muestreo Pt.10 (Figura 5). La salinidad también osciló ampliamente en las cuatro estaciones del año, como muestran los valores medios registrados en el otoño: 1,0 (Pt.8) a 33,4 (Pt.1) y la primavera: 1,0 (Pt.7) a 31,8 (Pt.1), siendo la oscilación de los valores medios de la salinidad menor en el invierno: 2,7 (Pt.7) a 29,4 (Pt.1) y en el verano: 1,0 (Pt.9) a 26,0 (Pt.3). Los resultados mostraron que la salinidad del agua llegó a cero (0,2) en dos puntos de colecta en la primavera (Pt.8, Pt.9) y en el verano (Pt.7, Pt.8), evidenciando que en esos locales el agua era dulce (Figuras 1 y 4B).

En general, la concentración de la clorofila *a* presentó valores elevados en todo el SELCI y amplia variación espacial, siendo los mayores promedios registrados en el área central del SELCI (Pt.5, Pt.6, Pt.7), en cuanto que los menores en las regiones sur (Pt.1 a Pt.4) y norte (Pt.8, Pt.9, Pt.10), especialmente próximo del canal Valo grande (Figuras 1 y 4C). La concentración de la clorofila *a* también varió entre las estaciones del año, siendo los valores más elevados encontrados en el otoño y verano: 3,3 (Pt.9) a 30,9 mg.m<sup>-3</sup> (Pt.10) y 3,6 (Pt.10) a 32,3 (Pt.5) mg.m<sup>-3</sup>, respectivamente, y los más bajos en la primavera: 0,9 (Pt.8) a 18,1 mg.m<sup>-3</sup> (Pt.6) y en el invierno: 1,3 (Pt.1) a 23,7 mg.m<sup>-3</sup> (Pt.6).

Con relación al pH del agua, los resultados obtenidos muestran que en el otoño e invierno el agua fue alcalina en todos los puntos de colecta y que los valores medios variaron de 7,2 (Pt.8) a 8,6 (Pt.4) y 7,5 (Pt.6, Pt.7) a 8,1 (Pt.10) respectivamente, valores que evidencian la presencia de mayor volumen de agua marina. En la primavera y verano el



agua también fue alcalina (pH 7,3 a 8,1) en la región sur (Pt.1 a Pt.4) y en parte del área interna/central (Pt.5, Pt.6), volviéndose ácida (pH 6,5 a 6,8) en la región más interna del sistema (Pt.7) y en dirección norte (Pt.8, Pt.9), próximo del canal Valo Grande, indicando la influencia del río Ribeira de Iguape en estas dos áreas (Figura 4D).

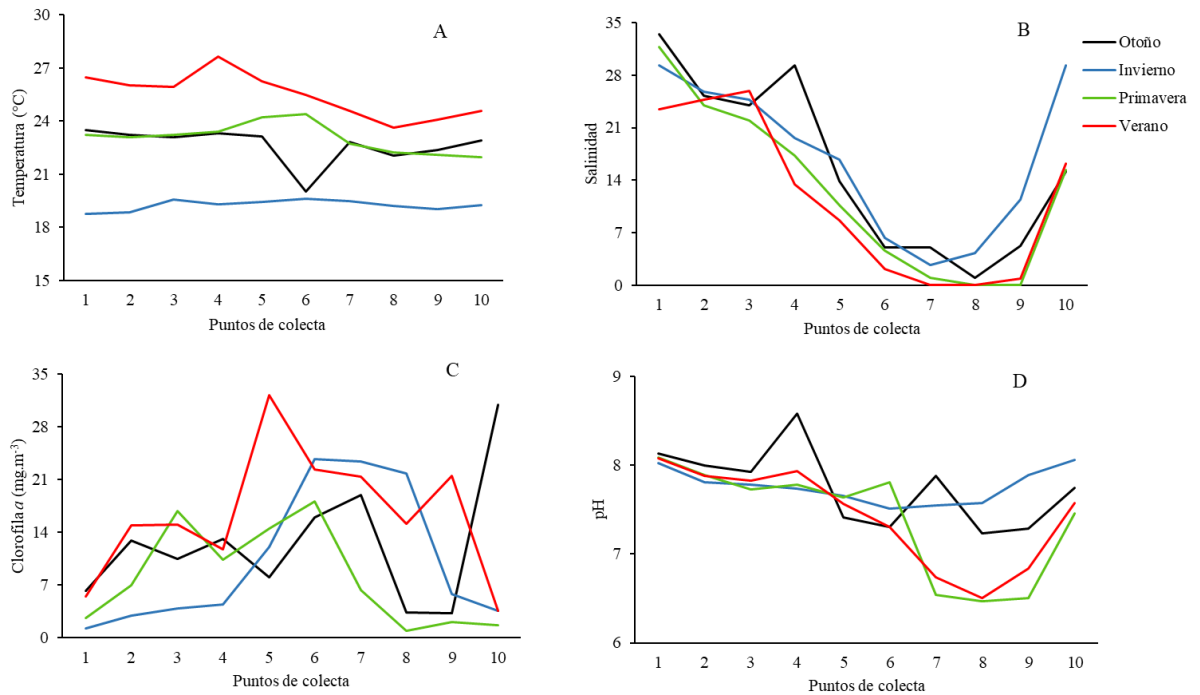


Figura 4. Valores medios de temperatura (A), salinidad (B), clorofila *a* (C) y pH (D) registrados en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.

Los resultados evidenciaron que el material en suspensión también presentó variación espacial y temporal (Figura 5A). Así, los valores medios oscilaron entre 35,4 (Pt.7) y 113,0 mg.l<sup>-1</sup> (Pt.1) en el otoño, llegando a 160,2 mg.l<sup>-1</sup> (Pt.4) en la región sur. En el invierno se registraron los valores medios más bajos: 29,1 (Pt.7) a 73,2 mg.l<sup>-1</sup> (Pt.10) y los mayores en el verano: 39,8 (Pt.4) a 146,0 mg.l<sup>-1</sup> (Pt.10), especialmente en el área interna/central del sistema, 194 mg.l<sup>-1</sup> (Pt.7). En la primavera, donde los valores medios del material en suspensión variaron entre 40,8 (Pt.4) y 105,2 mg.l<sup>-1</sup> (Pt.10), también fueron encontrados valores medios elevados en el área interna/central del SELCI: 543,5 mg.l<sup>-1</sup> (Pt.7), así como en la región norte: 320,3 mg.l<sup>-1</sup> (Pt.8) y 256,3 mg.l<sup>-1</sup> (Pt.9).

La concentración del oxígeno disuelto en el agua presentó valores relativamente elevados y poca variación espacial y temporal (Figura 5B), como muestran los valores medios registrados en el otoño: 4,4 (Pt.5) a 6,9 ml.l<sup>-1</sup> (Pt.7); invierno: 4,1 (Pt.7, Pt.9) a 5,7 ml.l<sup>-1</sup>

(Pt.8) y primavera: 2,2 (Pt.9) a 6,9 ml.l<sup>-1</sup> (Pt.6), con excepción del verano, donde los valores disminuyeron sensiblemente: 2,7 (Pt.8) a 4,9 ml.l<sup>-1</sup> (Pt.4, Pt.5).

El porcentaje de saturación del agua, al igual que la concentración del oxígeno disuelto en el agua, también presento los mayores valores medios en el otoño: 78,1 (Pt.9) a 117,2 % (Pt.7) y los menores en el verano: 46,2 (Pt.8) a 95,5 % (Pt.4), mientras que esos valores oscilaron entre 64,7 (Pt.7) y 99,6 % (Pt.10) en el invierno y entre 36,5 (Pt.9) y 103,6 % (Pt.6) en la primavera (Figura 5C).

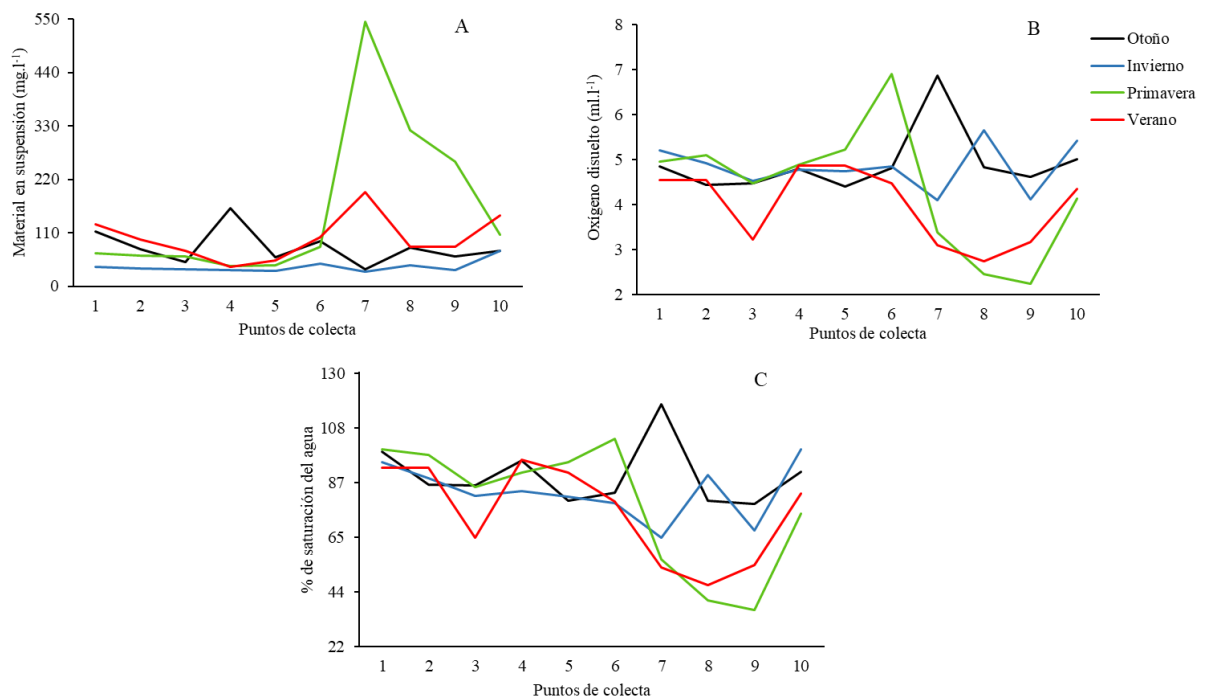


Figura 5. Valores medios de material en suspensión (A), oxígeno disuelto (B) y porcentaje de saturación del agua (C) registrados en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.

Los resultados muestran que la región interna (Pt.5, Pt.6, Pt.7) fue, en general, la que presentó los mayores valores medios de oxígeno disuelto y del porcentaje de saturación del agua en todo el período de estudio y los menores valores en la región norte del SELCI, próximo del canal Valo Grande (Pt.8 y Pt.9), indicando que la influencia del río Ribeira de Iguape es significativa en esos puntos de muestreo (Figura 5).

## 5.2. Identificación de las especies del género *Acartia* y composición de las poblaciones.

### *Identificación de las especies de la familia Acartiidae*

En el SELCI fueron identificadas tres especies marinas de la familia Acartiidae, dos costeras: *Acartia (Odontacartia) lilljeborgi* Giesbrecht, 1889; *Acartia (Acanthacartia) tonsa* Dana, 1849 y una oceánica: *Acartia (Acartia) danae* Giesbrecht, 1889, que fue representada por un único ejemplar en todo el período de estudio. *A. tonsa* es la especie con menor tamaño que sus congéneres (Tabla 1).

Tabla 1. Tamaño total (mm) de las hembras y de los machos adultos de *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa* registrado en el SELCI, en el invierno del 2001 y verano del 2002.  $\bar{x}$  = media;  $\sigma$  = desviación estándar. Número de especímenes medidos de cada sexo = 30.

Estación	Especie	Hembra		Macho	
		Tamaño	$\bar{x} \pm \sigma$	Min-Max	$\bar{x} \pm \sigma$
Invierno	<i>A. lilljeborgi</i>	1,29 – 1,42	1,35 $\pm$ 0,04	1,12 – 1,27	1,20 $\pm$ 0,03
	<i>A. tonsa</i>	1,01 – 1,16	1,09 $\pm$ 0,04	0,92 – 0,99	0,96 $\pm$ 0,02
Verano	<i>A. lilljeborgi</i>	1,25 – 1,40	1,33 $\pm$ 0,04	1,09 – 1,18	1,15 $\pm$ 0,03
	<i>A. tonsa</i>	0,84 – 1,16	1,04 $\pm$ 0,09	0,77 – 0,99	0,90 $\pm$ 0,07

### *Composición de la población de las especies de la familia Acartiidae*

En el área de estudio, las poblaciones de *A. tonsa* y *A. lilljeborgi* fueron constituidas por jóvenes (copepoditos CI–CV) y adultos, con predominio de hembras (Figuras 6 y 7).

En la población de *A. lilljeborgi* las hembras adultas (38%) predominaron sobre los machos (19%) y entre los jóvenes los copepoditos CIV (14%) y CIII (12%), mientras que los CV hembra (8%), CII (5%), CV macho (3%) y CI (1%) fueron poco representativos (Figura 6). Los resultados muestran que en la población de *A. tonsa*, el predominio de las hembras adultas (45%) sobre los machos (18%) fue superior al registrado en la población de *A. lilljeborgi*, en cuanto que el dominio de los copepoditos CIV (12%) y CIII (10%) sobre los CV hembra (6%), CII (5%), CV macho (3%) y CI (1%) fue similar al de su congénere (Figura 7).

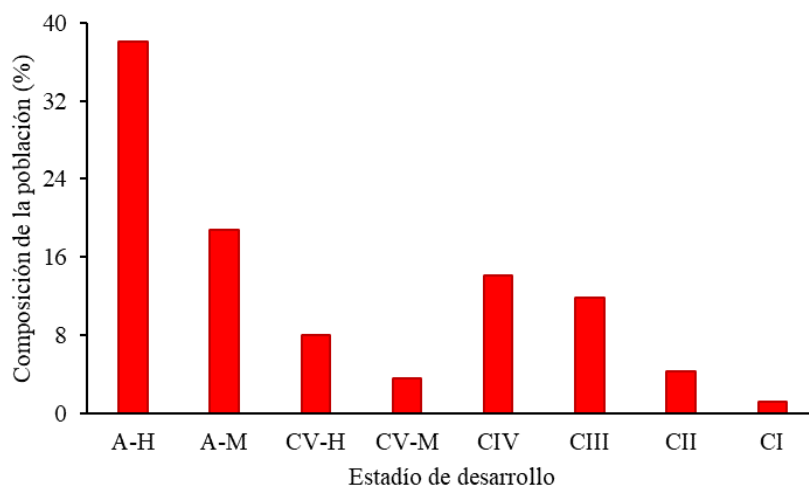


Figura 6. Composición de la población (%) de *Acartia lilljeborgi* en el SELCI en el periodo de estudio. A= adultos; H= hembras; M= machos; C= copepoditos CI – CV.

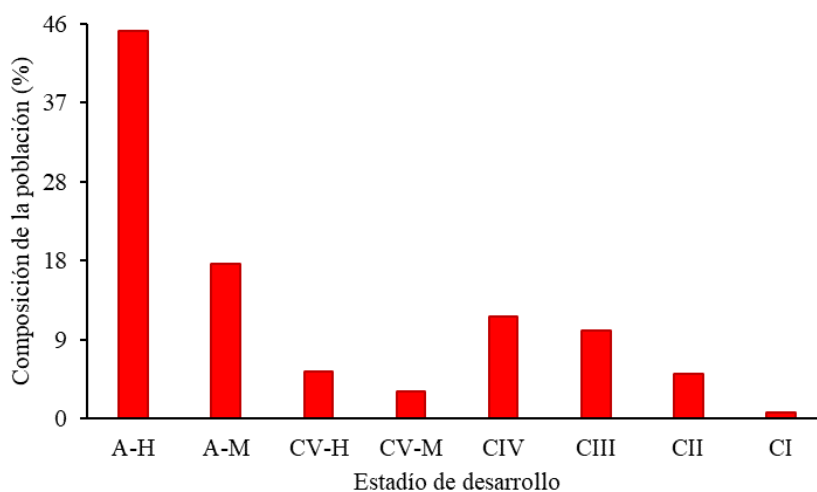


Figura 7. Composición de la población (%) de *Acartia tonsa* en el SELCI en el período de estudio. A= adultos; H= hembras; M= machos; C= copepoditos CI-CV.

### 5.3. Distribución espacial y temporal de las especies de *Acartia*

Los resultados obtenidos muestran que en el SELCI la distribución de las dos *Acartia* fue amplia, sin embargo, *A. lilljeborgi* fue registrada con mayor frecuencia en el área sur y norte del SELCI, siendo rara o ausente en la región interna/central. Lo contrario sucedió con *A. tonsa* una vez que permaneció casi restringida en la región interna, estando prácticamente ausente en la región sur, mientras que en la región norte fue encontrada con frecuencia en los puntos de muestreo Pt.8 y Pt.10 (Tabla 2).

Los resultados también evidenciaron que las dos especies fueron encontradas en las cuatro estaciones del año (Tabla 2). La especie *A. lilljeborgi* estuvo presente en 6 (60%) de los 10 puntos de muestreo en el otoño y en 8 (80%) en las otras estaciones del año. Su congénere *A. tonsa* también estuvo presente en 6 (60%) puntos de colecta en el otoño y en 8 (80%) en la primavera, mientras que en el verano fue encontrada en 6 (60%) y en el invierno en apenas 5 (50%) puntos de colecta. Los resultados también muestran que las dos *Acartia* estuvieron ausentes en un punto de colecta en la primavera (Pt.9) y en el verano (Pt.4).

Con relación a la especie oceánica *A. danae*, el único espécimen (hembra adulta) registrado en el SELCI fue encontrado en el otoño (mayo del 2001), próximo a la desembocadura de la Barra de Cananeia (Pt.1).

Tabla 2. Distribución de la presencia de las especies *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa* en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.

Puntos de muestreo	Otoño		Invierno		Primavera		Verano	
	<i>A. lilljeborgi</i>	<i>A. tonsa</i>	<i>A. lilljeborgi</i>	<i>A. tonsa</i>	<i>A. lilljeborgi</i>	<i>A. tonsa</i>	<i>A. lilljeborgi</i>	<i>A. tonsa</i>
1	x		x		x		x	x
2	x	x	x		x	x	x	
3	x		x		x	x	x	x
4	x		x		x	x		
5	x	x	x	x	x	x		x
6		x		x		x	x	x
7		x		x	x	x	x	
8		x	x	x	x	x	x	x
9		x	x				x	
10	x		x	x	x	x	x	x

#### 5.4. Distribución de la abundancia de las especies de *Acartia* en el SELCI

Los resultados obtenidos muestran que *A. lilljeborgi* fue encontrada en mayor número en las regiones norte y sur del SELCI, mientras que *A. tonsa* en el área central o interna y que los valores de abundancia de las dos especies variaron en las 4 estaciones del año, mas muy poco en los puntos de muestreo (Figuras 8 y 10).

### *Acartia lilljeborgi*

En la región sur del SELCI, los valores de abundancia de *A. lilljeborgi* variaron ampliamente y fueron bajos en el otoño: 371 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.4) a 1562 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.3) y en el verano: 13 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.3) a 2612 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.2), y más elevados en la primavera: 1264 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.3) a 2445 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.1). La especie presentó dos picos de abundancia en el invierno, uno mayor en el punto de muestreo Pt.4 (37378 ind.m<sup>-3</sup>) y otro menor en el Pt.2 (8316 ind.m<sup>-3</sup>), en cuanto que los menores valores fueron registrados en los puntos Pt.3 (1222 ind.m<sup>-3</sup>) y Pt.1 (2181 ind.m<sup>-3</sup>) (Figura 8).

En el área central o interna del sistema, *A. lilljeborgi* presentó valores elevados de abundancia en el único punto (Pt.5) en que fue encontrada en el otoño (8258 ind.m<sup>-3</sup>) e invierno (2526 ind.m<sup>-3</sup>) cuando comparado con el registrado en ese mismo punto en la primavera (1060 ind.m<sup>-3</sup>), llegando a valores mínimos en el punto Pt.7 (177 ind.m<sup>-3</sup>). En el verano estuvo presente solo en el punto Pt.6 y en número mínimo (117 ind.m<sup>-3</sup>), en cuanto que en el punto Pt.7 (2268 ind.m<sup>-3</sup>) los valores de abundancia fueron similares a los que presento en el invierno (Figura 8).

En la región norte del SELCI los menores valores de abundancia de *A. lilljeborgi* fueron registrados en el punto Pt.8 en el invierno (41 ind.m<sup>-3</sup>) y en la primavera (84 ind.m<sup>-3</sup>), mientras que el mayor valor en el verano (3856 ind.m<sup>-3</sup>). Los resultados muestran que en el punto Pt.9 la especie presentó picos de abundancia en las dos únicas estaciones del año en que estuvo presente: invierno (6531 ind.m<sup>-3</sup>) y verano (7300 ind.m<sup>-3</sup>). En esta última estación, el pico de abundancia fue todavía mayor en el punto Pt.10 (9992 ind.m<sup>-3</sup>), mientras que en las otras 3 estaciones del año los valores de abundancia de la especie oscilaron entre 522 ind.m<sup>-3</sup> (otoño) y 1692 ind.m<sup>-3</sup> (inverno). Los resultados obtenidos también evidenciaron que en la población de *A. lilljeborgi* los adultos predominaron en la primavera y verano (Figura 9).

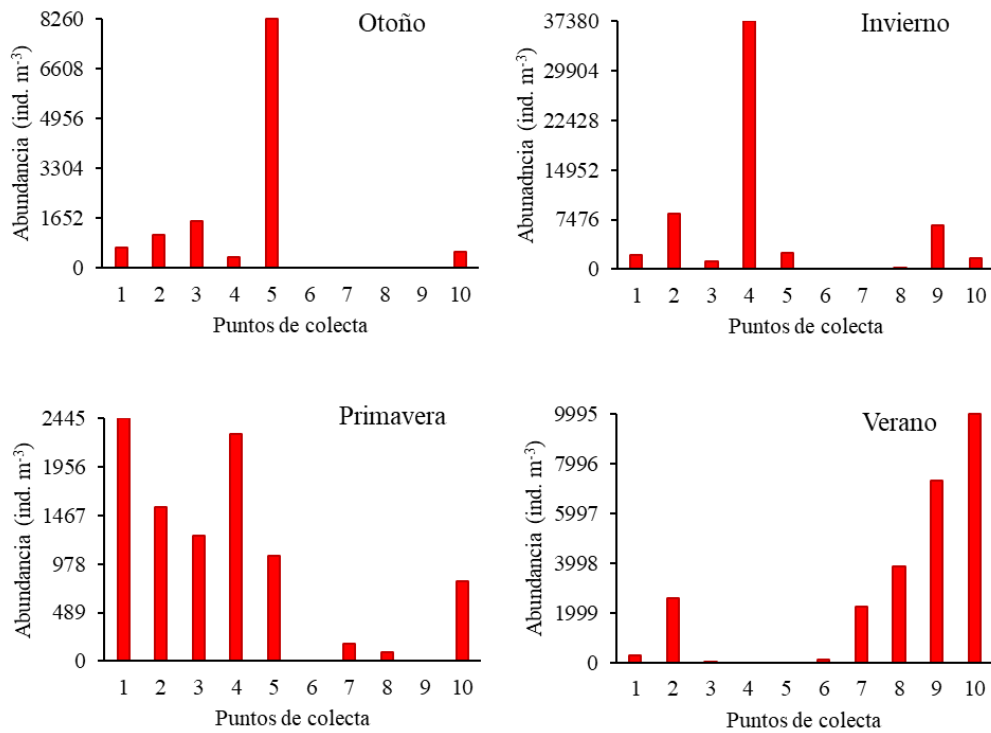


Figura 8. Abundancia absoluta (n° ind.m<sup>-3</sup>) de *Acartia lilljeborgi* registrada en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.

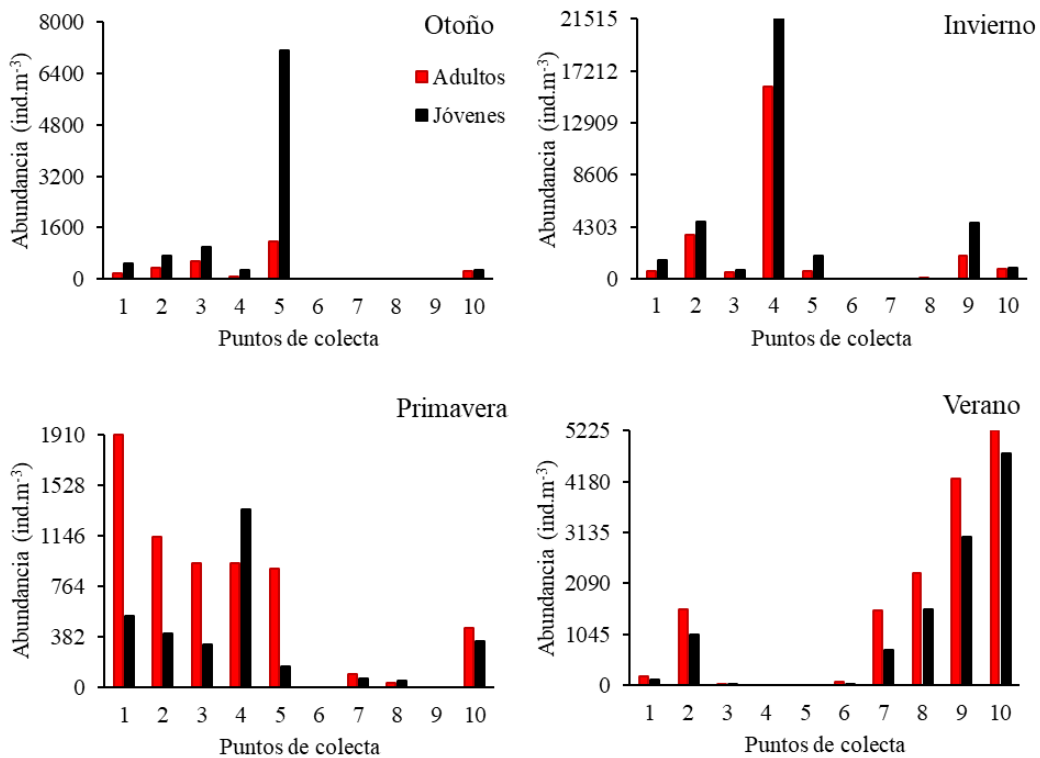


Figura 9. Abundancia absoluta (n° ind.m<sup>-3</sup>) de los jóvenes y adultos de *Acartia lilljeborgi* registrada en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.

### *Acartia tonsa*

La especie *A. tonsa* fue numerosa en la región central/interna del SELCI y poco representativa en las áreas norte y sur. En esta última área, los valores de abundancia fueron en general bajos en el otoño: 118 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.2), primavera: 61 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.4) a 204 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.3) y verano: 5 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.3) a 119 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.1). Lo mismo sucedió en la región norte en el otoño: 12 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.8) a 168 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.9), en la primavera: 36 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.8) a 68 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.10) y en el verano: 196 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.10) a 246 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.8). El invierno fue la única estación del año donde *A. tonsa* presentó un pico de abundancia en la región norte, 2490 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.8), lo que contrastó con los 20 ind.m<sup>-3</sup> registrados en el punto Pt.10 (Figura 10).

En el área central/interna del SELCI, los valores de abundancia de *A. tonsa* oscilaron ampliamente: 553 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.7) a 2236 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.6) en el otoño y 673 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.5) a 1285 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.6) en el verano, mientras que en el invierno presentó dos picos de abundancia, uno mayor: 73997 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.6) y otro menor: 18255 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.7), y apenas 896 ind.m<sup>-3</sup> en el punto Pt.5. En la primavera, la especie también presentó dos picos de abundancia, aunque menores que los registrados en el invierno, uno de 9009 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.6) y otro de 6115 ind.m<sup>-3</sup> (Pt.5), así como un número mínimo de 7 ind.m<sup>-3</sup> en el punto Pt.7 (Figura 10). Los resultados obtenidos muestran que en la población de *A. tonsa*, así como sucedió en la de *A. lilljeborgi*, los adultos también fueron numerosos en la primavera y verano (Figura 11).



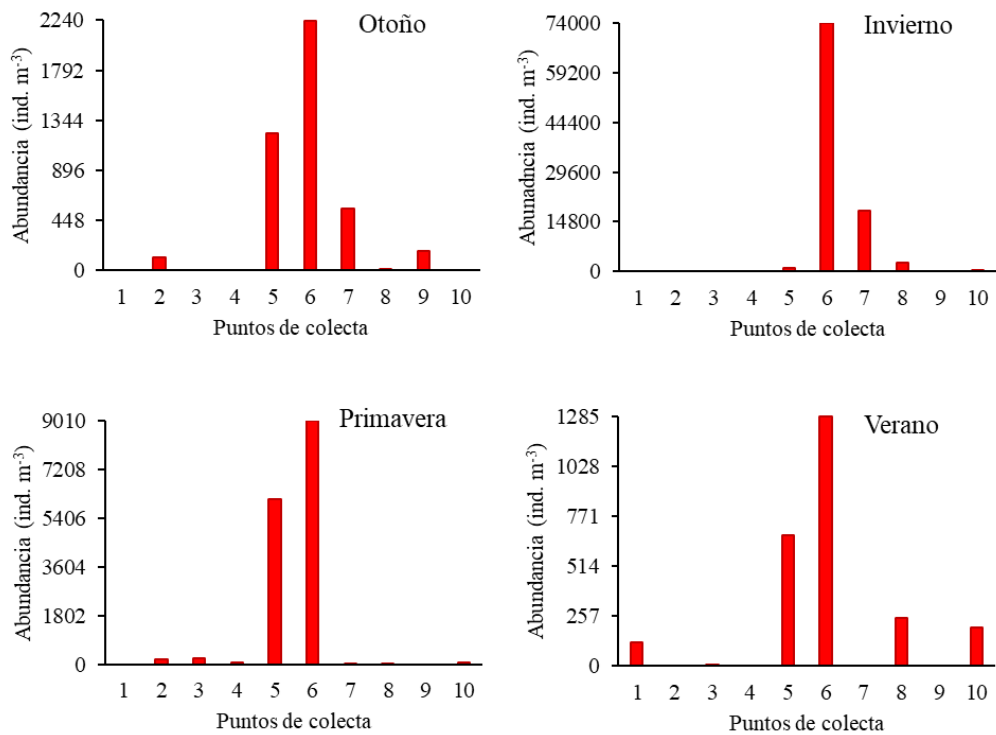


Figura 10. Abundancia absoluta (n° ind.m<sup>-3</sup>) de *Acartia tonsa* registrada en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.

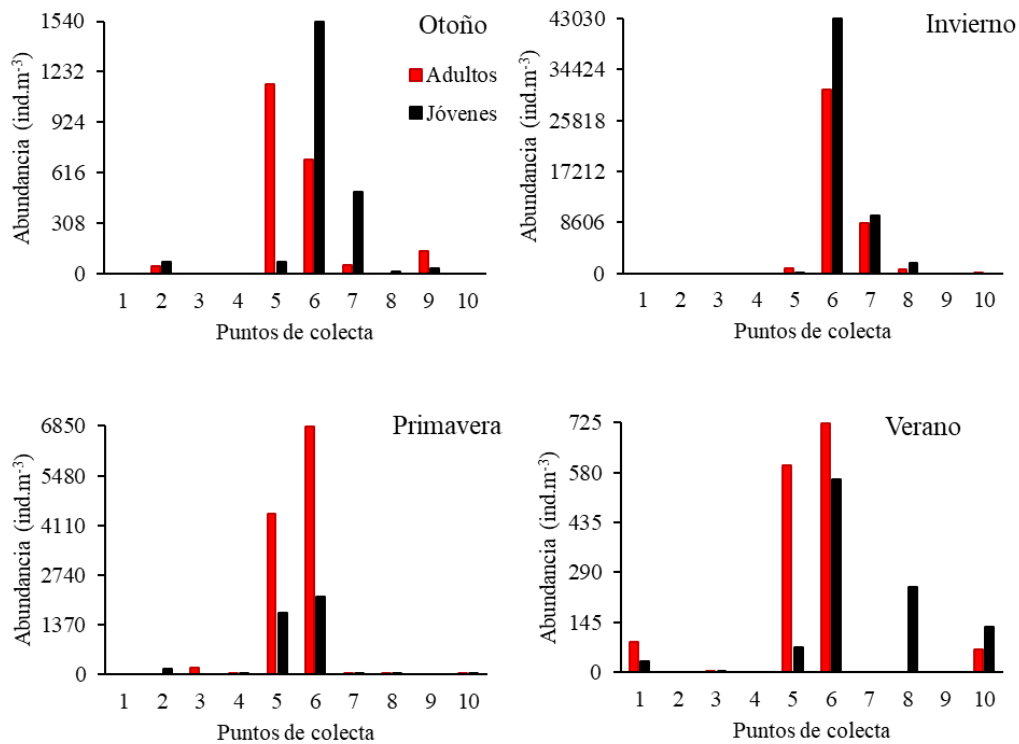


Figura 11. Abundancia absoluta (n° ind.m<sup>-3</sup>) de los jóvenes y adultos de *Acartia tonsa* registrada en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.

## 5.6. Análisis estadísticos

### *Análisis Kruskal-Wallis*

El análisis de varianza Kruskal-Wallis evidenció que en el SELCI la abundancia de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* no presentó variación significativa ( $p > 0,05$ ) entre las estaciones del año, mientras que las variables físicas (temperatura, marea), químicas (salinidad, oxígeno disuelto en el agua, material en suspensión) y biológica (clorofila *a*) si presentaron variación temporal significativa ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, las variables pH y porcentaje de saturación del agua ( $p > 0,05$ ) fueron las únicas que no variaron significativamente entre las estaciones del año.

Tabla 3. Test Kruskal–Wallis aplicado a los valores de abundancia de *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa*, así como al de las variables físicas, químicas y biológica registrados en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y verano del 2002. df= grados de libertad; p= probabilidad.

	<b>Variabes</b>	<b>df</b>	<b>p</b>
<b>Abundancia</b>	<i>A. lilljeborgi</i>	3	0,3770
	<i>A. tonsa</i>	3	0,9318
<b>Físicas</b>	Marea	3	0,0001
	Temperatura	3	0,0001
<b>Químicas</b>	Salinidad	3	0,0360
	pH	3	0,1101
	Oxígeno disuelto en el agua	3	0,0001
	% de saturación del agua	3	0,0969
	Material en suspensión	3	0,0001
<b>Biológica</b>	Clorofila <i>a</i>	3	0,0004

### *Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)*

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) mostró que los ejes principales explicaron 95,33% de la influencia que las variables físicas (temperatura, marea), químicas (salinidad, oxígeno disuelto, material en suspensión, porcentaje de saturación del agua y pH) y biológica (clorofila *a*) tienen sobre la abundancia de las *Acartia* (Figura 12). El análisis evidenció que las variables ambientales y biológica influyen de forma diferente la distribución de la abundancia de *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa*.

La especie *A. lilljeborgi* presentó correlación positiva con la salinidad y el material en suspensión, siendo abundante en las regiones norte y sur donde el agua presenta los mayores valores de salinidad y valores de moderados a elevados de material en

suspensión. Así, los resultados obtenidos con la aplicación del CCA confirman la preferencia que *A. lilljeborgi* tiene por aguas de salinidad elevada como es mostrado en el ítem 5.4. En contraposición, su congénere *A. tonsa* presentó correlación positiva con la clorofila *a* y el oxígeno disuelto, evidenciando su predominio en el área central o interna del SELCI, donde se registraron, de un modo general, los mayores valores promedio de esas dos variables en el período de estudio (Figura 12). Sin embargo, a pesar del CCA mostrar que no hubo correlación positiva significativa entre *A. tonsa* y la salinidad, los elevados valores de abundancia que la especie presentó en el área central o interna del SELCI en casi todo el período de estudio (Figura 10), indican su preferencia por agua salobre o de baja salinidad que caracteriza esa región del sistema (Figura 4).

El CCA también muestra que la temperatura, el pH y el porcentaje de saturación del agua tuvieron poca influencia en la distribución de la abundancia de las *Acartia*. Así como, los puntos de colecta donde las especies presentaron los menores valores de abundancia y en los que estuvieron ausentes (Pt.4/verano y Pt.9/primavera). Por otro lado, la localización de estos puntos, alejados de los vectores, indicarían la influencia de otras variables sobre la distribución de la abundancia de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa*.

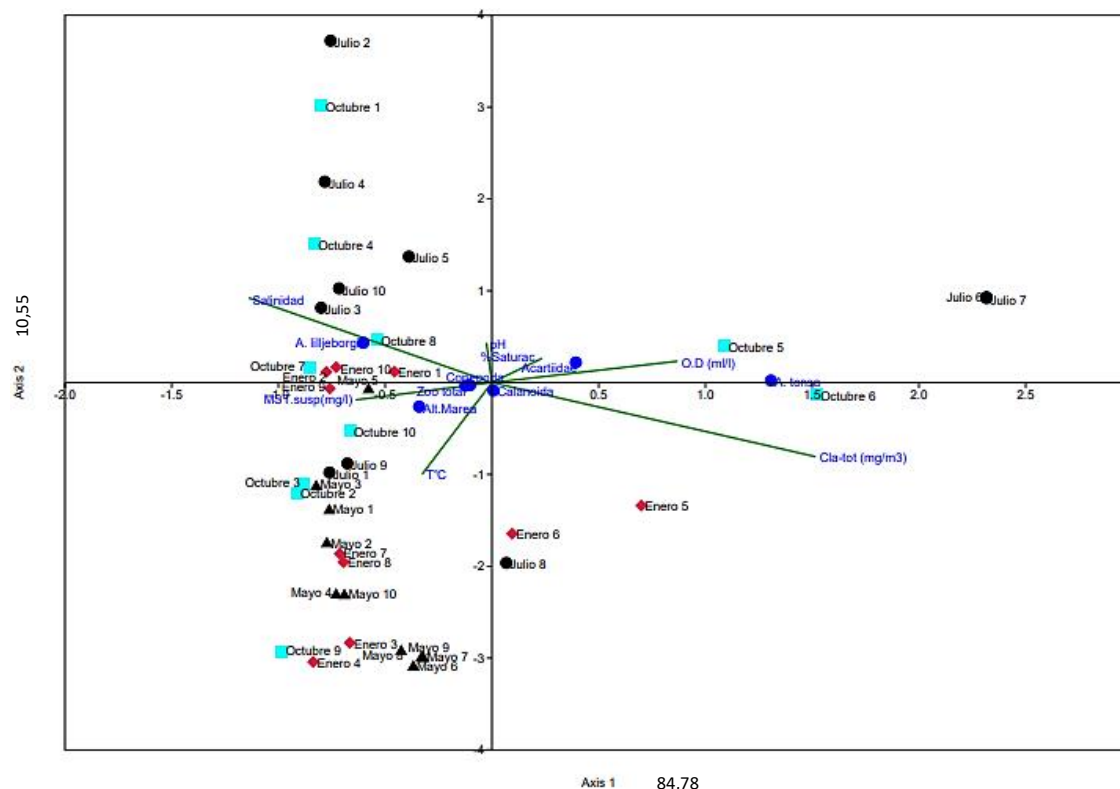


Figura 12. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) aplicado a los valores de abundancia de *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa*, así como a las variables físicas, químicas y biológicas registradas en el SELCI en el otoño, invierno y primavera del 2001 y en el verano del 2002.

### Análisis de correlación del coeficiente de Spearman

La aplicación del coeficiente de Spearman evidenció que en el otoño la abundancia de *A. lilljeborgi* presentó correlación positiva moderada con la salinidad ( $r = 0,55$ ) y débil con la temperatura ( $r = 0,43$ ), siendo la correlación negativa moderada con el oxígeno disuelto en el agua ( $r = 0,67$ ). La abundancia de *A. tonsa*, con excepción de la clorofila *a*, tuvo correlación negativa moderada con el pH ( $r = 0,64$ ) y la salinidad ( $r = 0,61$ ), siendo débil con el porcentaje de saturación del agua ( $r = 0,48$ ), la altura de la marea ( $r = 0,48$ ) y temperatura del agua ( $r = 0,37$ ) (Tabla 4).

En el invierno, la abundancia de *A. lilljeborgi* presentó correlación positiva débil con la altura de la marea ( $r = 0,44$ ), el pH ( $r = 0,36$ ) y la salinidad del agua ( $r = 0,33$ ), así como correlación negativa débil con la clorofila *a* ( $r = 0,43$ ). En contraposición, hubo una fuerte correlación positiva entre la abundancia de *A. tonsa* y la concentración de la clorofila *a* ( $r = 0,75$ ) y correlación débil con la temperatura ( $r = 0,31$ ). La abundancia de la especie presentó correlación negativa moderada con el pH ( $r = 0,60$ ) y la salinidad del agua ( $r = 0,58$ ), mientras que con el porcentaje de saturación del agua ( $r = 0,33$ ) y la altura de la marea ( $r = 0,33$ ) fue débil.

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Spearman aplicado a los valores de abundancia de *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa* y las variables: altura de la marea (A); temperatura (T); salinidad (S); pH; oxígeno disuelto (OD); porcentaje de saturación del agua (% Sat.); clorofila *a* (Cl *a*); material en suspensión (MTS), en las cuatro estaciones del año.  $r$  = coeficiente de Spearman;  $p$  = probabilidad.

Estación	Especie		A	T	S	pH	OD	% Sat.	MTS	Cl <i>a</i>
Otoño	<i>A. lilljeborgi</i>	r	-0,28	0,43	0,55	0,30	-0,67	-0,10	-0,14	0,04
		p	0,07	0,00	0,00	0,06	0,00	0,51	0,39	0,82
	<i>A. tonsa</i>	r	-0,48	-0,37	-0,61	-0,64	-0,18	-0,48	-0,25	0,11
		p	0,00	0,02	0,00	0,00	0,25	0,00	0,12	0,49
Invierno	<i>A. lilljeborgi</i>	r	0,44	-0,25	0,33	0,36	0,09	0,25	-0,23	-0,43
		p	0,01	0,16	0,04	0,03	0,61	0,15	0,19	0,01
	<i>A. tonsa</i>	r	-0,33	0,31	-0,58	-0,60	-0,05	-0,33	0,12	0,75
		p	0,04	0,03	0,00	0,00	0,76	0,04	0,48	0,00
Primavera	<i>A. lilljeborgi</i>	r	-0,04	0,24	0,88	0,71	0,30	0,45	-0,53	-0,04
		p	0,84	0,20	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	0,84
	<i>A. tonsa</i>	r	0,09	0,55	-0,09	-0,01	0,50	0,30	-0,42	0,71
		p	0,62	0,00	0,64	0,96	0,01	0,10	0,02	0,00
Verano	<i>A. lilljeborgi</i>	r	0,70	-0,71	-0,13	-0,33	-0,38	-0,34	0,44	-0,31
		p	0,00	0,00	0,45	0,06	0,03	0,04	0,01	0,08
	<i>A. tonsa</i>	r	-0,50	-0,11	-0,15	-0,14	0,27	0,10	-0,04	0,15
		p	0,00	0,55	0,39	0,43	0,12	0,57	0,82	0,39

En la primavera, la abundancia de *A. lilljeborgi* presentó fuerte correlación positiva con la salinidad del agua ( $r = 0,88$ ), lo mismo que con el pH ( $r = 0,71$ ) y correlación positiva débil con el porcentaje de saturación del agua ( $r = 0,45$ ), mientras que la abundancia de *A. tonsa* solo tuvo fuerte correlación positiva con la concentración de clorofila *a* ( $r = 0,71$ ), correlación positiva moderada con la temperatura ( $r = 0,55$ ) y débil con el oxígeno disuelto en el agua ( $r = 0,50$ ). El coeficiente de Spearman reveló también que la abundancia de las dos especies presentó correlación negativa con el material en suspensión, que fue moderada en el caso de *A. lilljeborgi* ( $r = 0,53$ ) y débil en el de *A. tonsa* ( $r = 0,42$ ).

En el verano, la abundancia de *A. lilljeborgi* presentó fuerte correlación positiva con la altura da marea ( $r = 0,70$ ) y débil con el material en suspensión ( $r = 0,44$ ), en contraposición, la abundancia tuvo fuerte correlación negativa con la temperatura ( $r = 0,71$ ) y débil con el oxígeno disuelto en el agua ( $r = 0,38$ ) y el porcentaje de saturación del agua ( $r = 0,34$ ). El coeficiente de Spearman también reveló que la abundancia de la especie *A. tonsa* presentó correlación negativa moderada con la altura de la marea ( $r = 0,50$ ) (Tabla 4).

## VI. DISCUSIÓN

### 6.1. Variables ambientales y biológica

En el presente estudio, en el SELCI las condiciones ambientales presentaron variaciones estacionales de temperatura (Tabla 3), siendo las más bajas registradas en el invierno (18,8°C a 19,6°C) y las mayores en el verano (23,6° C a 27,6° C). Sin embargo, la temperatura del agua presentó poca variación espacial, manteniéndose casi homogénea en la columna de agua y en los 10 puntos de colecta (Figura 4A). Esa tendencia es característica de regiones costeras tropicales y subtropicales, incluyendo estuarios y lagunas costeras que tienen en general poca profundidad (13, 41, 56) como es el caso del SELCI.

Con relación a las condiciones meteorológica del estado de São Paulo en los años 2001-2002 y su influencia sobre el sistema de circulación y las características físico-químicas del SELCI, los informes emitidos por Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CEPTEC (71) muestran la presencia frecuente de lluvias fuertes e intensas en el invierno/julio (35mm) y primavera/octubre (85mm) de 2001 y principalmente en el verano/enero (235mm) de 2001 (Figura 13), evidenciando que no hubo una estación lluviosa y seca definida (72), lo que es característico de la región centro-sur del país y la diferencia de las regiones norte y noreste, donde esas dos estaciones son bien definidas (32, 69, 71). Este régimen de lluvias aumentó el volumen del río Ribeira de Iguape y su descarga en la región central del SELCI y contribuyó para la disminución de la salinidad en las áreas central o interna y norte, así como para la formación de un gradiente de salinidad en dirección sur (Mar de Cananeia y Mar de Cubatão) que normalmente se intensifican en el verano. Estos resultados confirman los estudios realizados por diversos autores sobre la influencia que el régimen de lluvia, junto con la descarga fluvial y la amplitud e intensidad de la marea tienen sobre las características del SELCI (64, 67, 68, 69). Por eso, el sistema ha sido descrito/clasificado como un estuario subtropical sujeto a variaciones climáticas mayores que otros sistemas similares localizados en los trópicos, las cuales provocan lluvias de gran intensidad y duración en el verano (estación lluviosa) y de poca intensidad en el invierno (estación seca), siendo enero y febrero los meses más lluviosos y agosto el más seco, lo que provoca aumento del volumen y la descarga de los ríos en el verano y su disminución en el invierno (64, 67, 68).

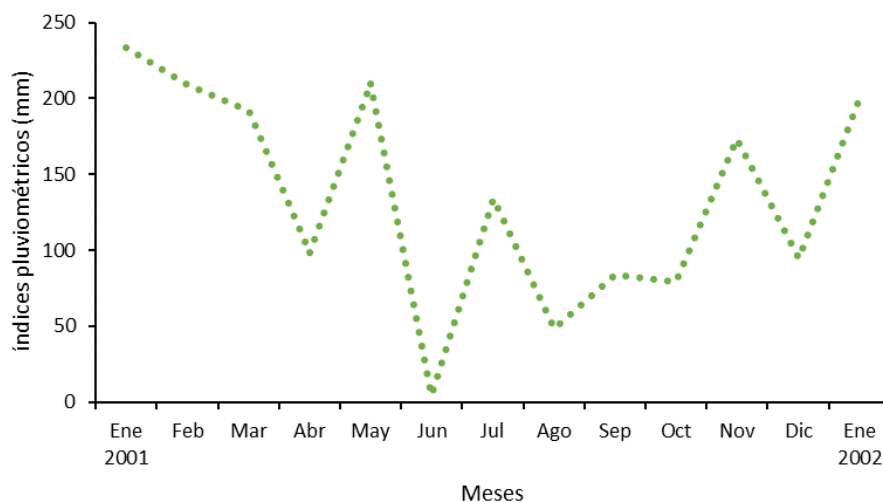


Figura 13. Índices pluviométricos (mm) registrados en el SELCI en el periodo de enero 2001 a enero de 2002. Fuente: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos- CEPTEC, Brasil (2019) (71).

Es por eso que la salinidad presentó amplia variación espacial y temporal, siendo los valores medios más elevados registrados en la región sur (23,1 a 33,4) (Tabla 3, Figura 4B) debido a la mayor influencia del agua marina costera (AC) que entra por la Barra de Cananeia. Esos valores permanecieron elevados porque es la porción más dinámica del sistema y la que recibe un volumen reducido de agua dulce proveniente de una cuenca hidrográfica de aproximadamente 1339 km<sup>2</sup>, formada por pequeños ríos y arroyos (69), con excepción del período lluvioso (noviembre a marzo) y de los días de lluvias intensas que caen con cierta frecuencia a lo largo del año (71) y provocan estratificación de la salinidad en la columna de agua (67, 68, 70, 72).

En la región norte se observó que la salinidad osciló ampliamente (Figura 4B), siendo elevada apenas en el punto de muestreo Pt.10 (22,7 a 30,6), situado próximo de la desembocadura de la Barra de Icapara y por donde la AC también ingresa al sistema, aunque con menos intensidad (64, 68), mientras que en los puntos Pt.8 (0,4 a 4,3) y Pt.9 (0,8 a 11,8) localizados cerca del canal Valo Grande la salinidad del agua se mantuvo baja. Esto es por causa del gran volumen de agua dulce que el río Ribeira de Iguape, que tiene cerca de 23,490 km<sup>2</sup>, desagua continuamente en el Mar Pequeno después de la abertura definitiva del canal Valo Grande y especialmente en el período lluvioso (64, 66, 67, 68, 69).

Mas, a pesar de esas diferencias, en las dos regiones el agua presento valores elevados de clorofila *a* (Figura 4C), pH (Figura 4D), oxígeno disuelto (Figura 5B) y porcentaje de

saturación del agua (Figura 5C), así como valores entre bajos y moderados de material en suspensión (Figura 5A), características que evidencian la presencia de agua marina y su predominio en parte de la región norte (Pt. 10) y en toda el área sur (Pt.1- Pt.4).

Los resultados obtenidos muestran que la región central o interna del SELCI (Pt.5 a Pt.7) está bajo la influencia del río Ribeira de Iguape porque el agua presentó los menores valores de salinidad: 0,4 a 7,0 (Pt. 6 y Pt.7), independientemente de la estación del año, y que esos valores aumentan gradualmente en dirección sur hasta llegar a 17,3 en el punto de muestreo Pt.5 (Figura 4B), lo que puede ser atribuido a su localización próximo del Mar de Cananeia donde predomina el agua marina costera (AC) (64, 67, 68, 72). Los resultados indican que la concentración de la clorofila *a* y el material en suspensión presentaron los mayores valores, mientras que el oxígeno disuelto valores medios bajos, cuando comparados con los registrados en las áreas norte y sur, confirmando la influencia del drenaje continental, de la descarga del río Ribeira de Iguape y del lodo acumulado en las raíces de la vegetación (mangle) que rodea el estuario, en la región central o interna como había sido observado y descrito por diversos investigadores (57, 61, 62, 72). Diversos estudios mostraron también que la poca profundidad del local, el sistema de circulación (64, 67, 68) y el tiempo reducido de permanencia del material en suspensión evita la eutrofización del área, favoreciendo la producción primaria y consecuentemente la presencia de elevadas concentraciones de clorofila *a* en la región interna del SELCI (72, 93).

## **6.2. Identificación y composición de las especies del género *Acartia***

En el SELCI, la familia Acartiidae fue representada por dos especies del género *Acartia*: *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa*, las mismas que habían sido registradas en el zooplankton de la región sur del sistema (Mar de Cananeia) en las décadas de 60 y 70, cuando el canal Valo Grande estaba abierto (61, 62), así como en el período en que permaneció bloqueado (1978 a 1995) (52, 57, 58, 63), lo que muestra que la composición de la familia Acartiidae no fue alterada con la abertura definitiva del referido canal. La tercera *Acartia* identificada fue la especie oceánica estenohalina *Acartia danae*, que no tolera variaciones de salinidad (8, 19, 36, 39, 51), cuya presencia fue solo mencionada en el presente trabajo porque apenas un ejemplar (hembra adulta) fue encontrado en las 40 muestras analizadas (punto de muestreo Pt.1; otoño del 2001).



En el presente estudio, la presencia de un número mayor de especies de *Acartia* era esperado después de la abertura del canal Valo Grande, debido a las alteraciones provocadas en el sistema de circulación y la salinidad del agua (64, 65) especialmente en la región norte (Pt.8 y Pt.9) donde fueron registrados los menores valores, independientemente de la estación del año (Figura 4B). Ese tipo de agua (salobre) permitiría un mayor tiempo de permanencia de especies eurihalinas marinas como *Acartia longiremis* y *Acartia negligens*, que son normalmente introducidas en los estuarios de la región sur del Brasil por las corrientes de marea (42, 43, 63). El registro de un mayor número de especies de *Acartia* típicas marinas en el zooplancton del SELCI también era esperado en la región sur, caracterizada por presentar salinidad elevada (Figura 4B), porque todas las colectas fueron hechas en la marea alta o de cuadratura, responsable por la introducción de especies oceánicas y neríticas en los estuarios, (29, 37, 42, 54). Sin embargo, apenas un espécimen de la especie oceánica *Acartia danae* fue encontrada en esa región del SELCI.

Los resultados obtenidos permitieron confirmar que la composición de la familia Acartiidae es similar a la que presenta en estuarios tropicales y subtropicales (38, 40, 43, 53, 56) del Brasil y de otras partes del mundo (19, 45, 47), donde *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* son uno de los principales componentes del zooplancton de regiones costeras y de estuarios.

Con relación a los datos relativos al tamaño total de los especímenes adultos hembras y machos de las *Acartia*, además de ser utilizados en la identificación de las especies, permitieron verificar que *A. lilljeborgi* es mayor que el de *A. tonsa* (Tabla 1), que el tamaño de las dos especies está dentro de los padrones establecidos por diversos especialistas en sistemática de copépodos epipelágicos y que es similar al tamaño de los especímenes que habitan estuarios brasileños y de otras regiones del mundo (Tabla 5).

Tabla 5. Tamaño total (mm) de las especies *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa* registrado en el SELCI y en otros estuarios del Brasil y del mundo. H= hembras; M= machos; TT= tamaño total.

Especie	Sexo	Región	TT (mm)	Referencias bibliográficas
<i>Acartia lilljeborgi</i>	H	Región costera, Brasil	1,4	Björnberg, 1963
	H	Atlántico Sur	1,15-1,2	Björnberg, 1981
	H	Cananeia, Brasil	1,13-1,47	Ara, 1998
	H	Atlántico Sur	1,33- 1,40	Bradford-Grieve, 1999
	H	Bahía Fosforescente, Puerto Rico	1,15-1,20	González & Bowman, 1965
	H	Cananeia-Iguape, Brasil	1,25- 1,42	Presente estudio
	M	Región costera, Brasil	1,15-1,2	Björnberg, 1963
	M	Atlántico Sur	1,0-1,2	Björnberg, 1981
	M	Cananeia, Brasil	1,0-1,27	Ara, 1998
	M	Atlántico Sur	1,1	Bradford-Grieve, 1999
	M	Bahía Fosforescente, Puerto Rico	1,02-1,04	González & Bowman, 1965
	M	Cananeia-Iguape, Brasil	1,09- 1,27	Presente estudio
	<i>Acartia tonsa</i>	H	Región costera, Brasil	1,25
H		Atlántico Sur	0,9-1,25	Björnberg, 1981
H		Cananeia, Brasil	0,78-1,08	Ara, 1998
H		Bahía Blanca, Argentina	1,25	Sabatini, 1990
H		Atlántico Sur	0,9- 1,5	Bradford-Grieve, 1999
H		Mar Negro	0,96-1,20	Gubanova, 2000
H		Mar Adriático	1,02 -1,15	Belmonte et al, 1994
H		Cananeia-Iguape, Brasil	0,84- 1,16	Presente estudio
M		Región costera, Brasil	1,0	Björnberg, 1963
M		Atlántico Sur	0,75-0,9	Björnberg, 1981
M		Cananeia, Brasil	0,77-1,0	Ara, 1998
M		Bahía Blanca, Argentina	1,09	Sabatini, 1990
M		Atlántico Sur	1,0- 1,10	Bradford-Grieve,1999
M		Mar Negro	0,86-1,10	Gubanova, 2000
M		Mar Adriático	0,91-1,00	Belmonte et al, 1994
M		Cananeia-Iguape, Brasil	0,77- 0,99	Presente estudio

En el SELCI las poblaciones de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* fueron formadas por jóvenes y adultos, principalmente de hembras adultas y jóvenes (copepodito CV) (Figuras 6 y 7), no siendo verificado el predominio de especímenes machos en ninguna estación del año, mismo en las que fueron registrados picos de abundancia (invierno, primavera y verano) (Figuras 8 y 10). El dominio de hembras en las poblaciones de estas dos *Acartia* ha sido observado en el Estuario Bahía Blanca (Argentina) (47) y en diversos estuarios brasileños como el Complejo Estuarino da Baía de Paranaguá (56), el Complejo Estuarino-Lagunar de Cananeia (52, 57, 58, 61, 62), el Estuario da Laguna dos Patos (42, 54 55) y el Estuario

do Rio Guarau (83), así como en la región costera del estado de São Paulo (41, 59, 60), siendo considerada una estrategia utilizada por las *Acartia* cuando la población presenta número reducido de componentes y necesita ser reconstituida rápidamente (15, 18, 20, 47, 54). En general, el número menor de machos en relación al de las hembras o su ausencia en las poblaciones de copépodos Calanoida, incluyendo los de la familia Acartiidae, ha sido atribuido a su ciclo de vida corto, cuando comparado con el de las hembras, poca resistencia a los cambios rápidos de salinidad (20, 22, 84, 85), a la menor eficiencia para alimentarse en bajas concentraciones de alimento (25, 26, 47), a su tasa metabólica baja (86) y mayor sensibilidad a los efectos de la acción antrópica que elevan su tasa de mortalidad (15, 38, 40).

En el SELCI, la presencia de jóvenes (copepoditos CI-CV) en las poblaciones de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* en casi todo el período de estudio (Figuras 9 y 11) indican que su reproducción es continua, lo que permite inferir que producen varias generaciones por año. Esto es porque estudios publicados muestran que las *Acartia* producen entre 4 y 7 generaciones por año debido a su ciclo de vida corto, 4 a 7 semanas después de la eclosión de las larvas (nauplio) (22, 41, 47, 60), a la disponibilidad de alimento, aliado al desacoplamiento que existe entre el período reproductivo y la abundancia del fitoplancton. Ese desacoplamiento, que caracteriza las regiones tropicales y subtropicales, es debido a la poca variación que la biomasa fitoplanctónica presenta a lo del largo del año (13, 14, 21, 22), al contrario de lo que sucede en regiones cálidas y frías del hemisferio norte (3, 14, 21, 28, 86).

### **6.3. Distribución y abundancia del género *Acartia***

En el presente estudio fue verificado que la distribución espacial de las *Acartia* fue amplia y caracterizada por la ausencia de variación temporal porque tanto *A. lilljeborgi* como *A. tonsa* estuvieron presentes en las 4 estaciones del año (Tablas 2 y 3). Estos padrones son similares al que las dos especies presentan en otros estuarios brasileños donde su distribución también es amplia y son encontradas en el zooplancton todo el año, como por ejemplo: el estuario Taperaçu (Amazonas) (53), estuario del rio Porto de Suape y Baía de Suape (Pernambuco) (38), del Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (Paraná) (56), estuario Saco dos Limões (Santa Catarina) (40), los estuarios Guarau (83) y del Prelado do Rio Una (87), así como del Sistema Estuarino-Lagunar de Cananeia (52, 58, 62, 63) (São Paulo).

Los resultados obtenidos también evidenciaron que *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* presentaron segregación espacial en todo el período de estudio debido principalmente a la variación de la salinidad del agua (Figura 4B) y a la respuesta de las dos especies a esas oscilaciones, o sea, su grado de tolerancia y adaptación. Esto es porque en los estuarios la salinidad del agua es la principal variable que determina la distribución espacial y la abundancia de los copépodos (2, 5, 22, 23, 29, 43, 56), especialmente su gradiente horizontal una vez que afecta la división espacial de los organismos, los cuales son segregados de acuerdo con su grado de tolerancia a las variaciones de salinidad y adaptaciones fisiológicas (3, 7, 13, 14) (Figura 14).

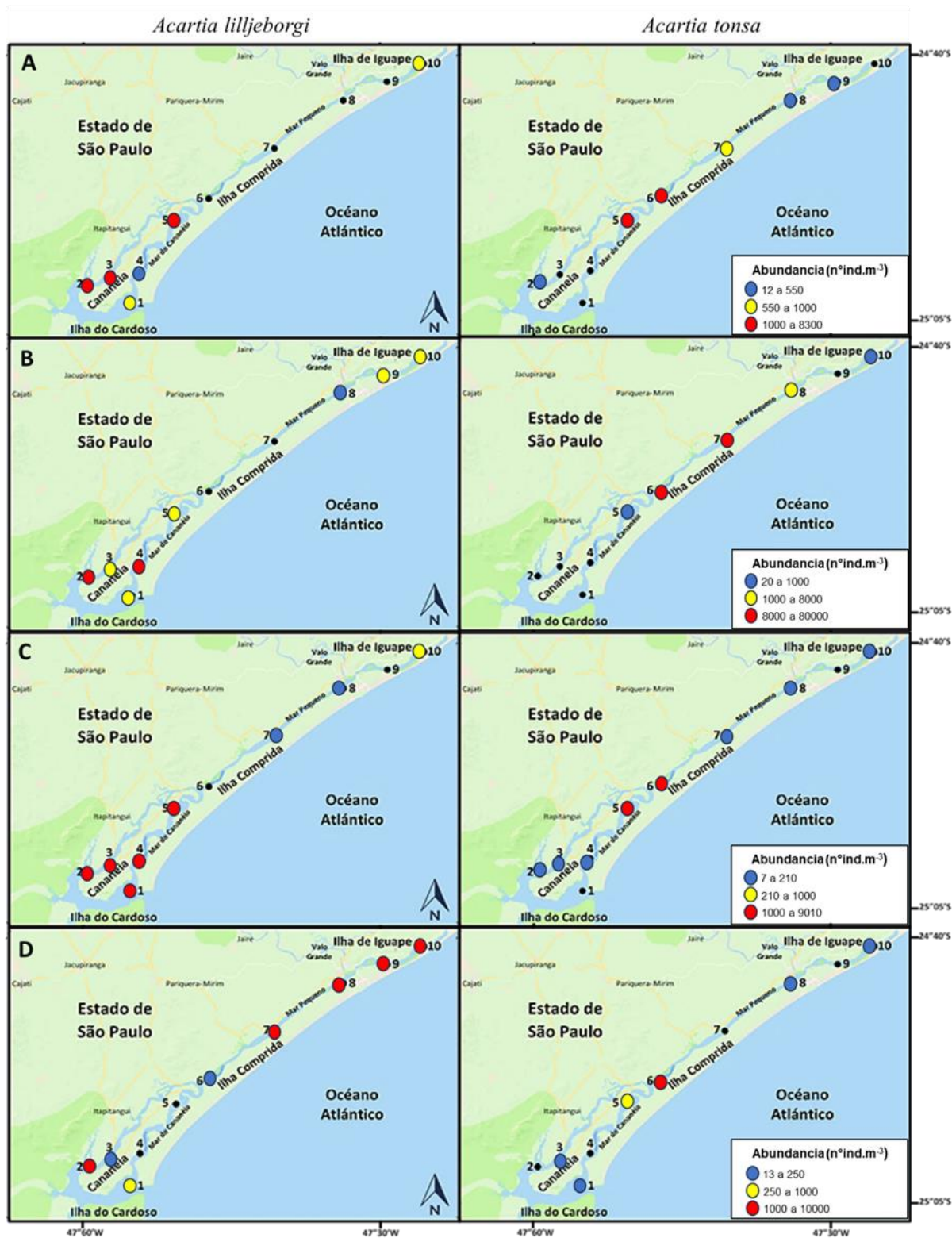


Figura 14. Mapa mostrando la distribución y abundancia de *Acartia lilljeborgi* y *Acartia tonsa* en el SELCI en el otoño (A), invierno (B), primavera (C) del 2001 y verano (D) del 2002.

*Acartia lilljeborgi* es una especie eurihalina, frecuente y numerosa en el zooplancton de agua marina costera y de estuarios de regiones tropicales y subtropicales (18, 19, 36), que tolera variaciones amplias de salinidad (0 a 35) (38, 41, 52, 53, 62), mas prefiere las superiores a 15 (52, 53, 61) y ambientes con predominio de agua marina (59, 60, 63 83). En el SELCI fue encontrada en salinidades similares (0,84 a 33,4) (Figura 8) y con mayor frecuencia en la región sur (Pt.1 - Pt. 4), así como en parte del área norte (Pt.10), donde la salinidad del agua oscilo entre 22,7 y 30,6 (Figura 4B), por causa del agua marina costera (AC) que entra por la Barra de Cananeia (sur) y la Barra de Icapara (norte) durante la marea alta (64, 67, 68). Esa masa de agua que tienen valores elevados de salinidad (34,5) y bajos de temperatura (22°C) así como de nutrientes (clorofila *a*), predomina en toda la costa del Estado de São Paulo hasta la isobata de 100 m aproximadamente (88) y tiene *A. lilljeborgi* como especie indicadora, junto con otros componentes del zooplancton (18, 36). Estos resultados confirman la afinidad de la especie por aguas de salinidad elevada y justifica su distribución amplia en las áreas norte y sur del SELCI (Figura 14).

En contraposición, *A. tonsa* que también constituye uno de los principales componentes del zooplancton costero, especialmente de estuarios (18, 26, 29, 36, 42) y soporta amplias variaciones de salinidad (0 a 36) (8, 22, 23, 39, 50), como su congénere *A. lilljeborgi*, tiene preferencia por aguas de salinidad baja o salobre (10 a 14) (26, 37, 40, 43, 63, 78). Esa característica fue verificada en el presente estudio una vez que a pesar de haber sido encontrada en intervalos de salinidad amplios (0,4 a 29,6) permaneció casi restricta al área central o interna (Pt.5 – Pt.7) del SELCI donde el agua, independientemente de la estación del año, presentó los menores valores de salinidad (0,4 – 17,3), elevadas concentraciones de clorofila *a* (Figura 4C) y de material en suspensión (Figura 5A) por causa del gran volumen de agua dulce que recibe del rio Ribeira de Iguape, especialmente en el verano (período lluvioso) y en días de lluvia intensa (64, 65, 66, 67, 68). Esto explica por qué la presencia de *A. tonsa* fue rara en la región norte y estuvo ausente en grande parte del área sur, caracterizadas por la elevada salinidad del agua (Figura 4B), así como su distribución menos amplia en el área de estudio cuando comparada con la de *A. lilljeborgi* (Figura 14).

Así, la distribución que las dos especies presentaron en el SELCI evidencian que a pesar de estar adaptadas a las variaciones extremas de salinidad registradas en el sistema, tienen preferencia por una determinada amplitud: 22,7 a 28,8 (Pt.10) en el caso de *A. lilljeborgi*

y 3,8 a 11,0 en el de *A. tonsa* lo que justifica, en parte, la segregación espacial que también caracterizo su distribución. Sin embargo, fue observado que las dos *Acartia* dividen el mismo hábitat en los puntos Pt.5 y Pt.8 el año entero, donde la salinidad del agua vario de 8,0 a 17,3 (Pt.5) y de 0,4 a 4,3 (Pt.8) en todo el período de estudio (Figura 4B), lo que constituye otra prueba que son especies eurihalinas y residentes en el SELCI. Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios realizados sobre el grado de tolerancia que las dos especies presentamos a las variaciones de salinidad registradas en la región sur del SELCI (Mar de Cananeia y Mar de Cubatão) (18, 36, 50, 57, 58, 61, 62).

Por otro lado, fue observado que en el verano la distribución y abundancia de las dos especies no presentaron correlación significativa con la salinidad, como muestran los análisis estadísticos aplicados (Tabla 4), indicando que otras variables también tienen influencia sobre la distribución y abundancia de las dos *Acartia*.

Con relación a la temperatura, diversos estudios realizados sobre la biología y ecología de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* han demostrado que son especies euritéricas, o sea, toleran variaciones amplias de temperatura (5, 22, 23, 29, 30, 39, 45, 47, 85) y que en estuarios brasileños están presentes todo el año en aguas con temperaturas de 14° a 29°C y que tienen preferencia por las más elevadas (38, 40, 53, 56, 57). En el presente estudio fueron encontradas en temperaturas similares 18,8°C (invierno) a 27,6°C (verano) (Figura 4A) evidenciando que son euritéricas, sin mostrar preferencia por una amplitud específica, lo que confirma estudios anteriores realizados sobre las dos especies en la región sur del SELCI (Mar de Cananeia y Mar do Cubatão) (43, 52, 57, 58, 61, 62), en todo el SELCI antes de la abertura definitiva del canal Valo Grande (63) y en la región costera del Estado de São Paulo (41, 59, 60). Los resultados obtenidos también permitieron verificar que la temperatura tuvo poca influencia sobre la distribución temporal y abundancia de ambas especies, una vez que estuvieron presentes en las 4 estaciones del año y los valores de abundancia variaron poco, con excepción de los valores máximos (picos) que ambas especies presentaron en el invierno, así como en la primavera (*A. tonsa*) (Figura 10) y en el verano (*A. lilljeborgi*) (Figura 8).

Estos resultados también están en concordancia con los obtenidos, por diversos investigadores, que comprueban que en los estuarios de regiones tropicales y subtropicales donde la salinidad oscila ampliamente y la temperatura del agua en general

varía poco a lo largo de año, con excepción del invierno y verano, esta variable tiene poca influencia en la distribución y abundancia del zooplancton/Copepoda (37, 53, 56, 58, 61, 87). Esto es, a diferencia de lo que sucede en estuarios de regiones frías y cálidas donde la temperatura, junto con la salinidad y la clorofila *a* son las principales variables que determinan la distribución y abundancia del zooplancton/Copepoda, incluyendo los copépodos de la familia Acartiidae (8, 13, 22, 23, 39, 51, 85). La literatura muestra que en esos ambientes, la temperatura permite que dos o más especies de *Acartia* cohabiten alternando su predominio estacional de acuerdo con su preferencia por una determinada amplitud de temperatura y tolerancia a las variaciones extremas (15, 23, 84, 92). Un ejemplo constituye la especie *A. tonsa* que en estuarios de regiones frías y cálidas predomina en el verano y otoño, debido a su preferencia por aguas de temperaturas superiores a 19°C, siendo substituida por su congénere *A. clausi* en el invierno y en la primavera, cuando las temperaturas son extremadamente bajas (22, 23, 28, 84, 92). Ese tipo de comportamiento, esto es alternancia de predominio de *A. tonsa* y *A. lilliborgi* o su substitución en el zooplancton en el invierno o verano, por ejemplo, no fue observada en el presente estudio, evidenciando que la temperatura no tuvo influencia directa en su distribución y abundancia, lo que puede ser atribuido a la poca variación que la temperatura presentó en el período de estudio (Figura 4A), como explicado anteriormente.

La literatura muestra que en estudios sobre distribución y abundancia del zooplancton/Copepoda de regiones costeras y de estuarios, además de las variables físico-químicas (temperatura, salinidad, marea, pH), el hábito alimentar, el tipo de alimento consumido (representado principalmente por la clorofila *a*) y la presencia de depredadores también deben ser llevados en consideración porque esas variables biológicas tienen papel fundamental en el control de la dinámica poblacional (composición de la población, distribución y abundancia de los componentes del zooplancton) (22, 23, 30, 37, 48, 49, 55).

En los estuarios *A. tonsa* es una especie común y abundante en la región central o interna donde la concentración de la clorofila *a* es generalmente más elevada (5, 30, 39, 49, 54), lo que indica que el fitoplancton es su principal fuente de alimento y por eso una de las variables que determinan no solo su distribución, mas también su abundancia (25, 26, 29, 47, 55, 85, 86). En el presente estudio fue verificado el predominio de esta especie en



términos de frecuencia (Figura 14) y de abundancia en toda la región central o interna del SELCI, especialmente en el invierno y primavera (Figura 10), donde la concentración de la clorofila *a* fue elevada (Figura 4C), o sea, tuvo alimento disponible en abundancia. Esta región del sistema es considerada la más productiva y la que abriga una comunidad fitoplanctonica constituida principalmente de pico-nanoplancton, diatomeas y fitoflagelados autótrofos (44, 61, 72), que constituyen la principal fuente de alimento de *A. tonsa* (22, 25, 26, 42, 47, 85, 86), siendo su preferencia por esa comunidad reflejada en la correlación positiva que su abundancia presentó con la clorofila *a*, como muestran los análisis estadísticos aplicados a los resultados obtenidos en el presente estudio (Tabla 4, Figura 12).

En contraposición, su congénere *A. lilljeborgi* presentó elevados valores de abundancia en el área sur principalmente en el invierno y en la región norte en el verano (Figura 8), donde la concentración de la clorofila *a* fue en general baja, cuando comparada con la registrada en parte más interna (Figura 4C), mientras que los valores del material en suspensión oscilaron entre moderados y elevados (Figura 5A) indicando que los microorganismos asociados con ese material (bacterias, hongos, microfitobentos, fitoflagelados autótrofos, ciliados, protozoarios) y los presentes en la columna de agua fueron los principales componentes de su dieta, como ya había sido relatado por diversos investigadores (53, 56, 57, 61, 62). Esto es porque durante la creciente/marea alta la región costera adyacente exporta para el interior del SELCI además de nutrientes, un volumen considerable de pico-nanoplancton, fitoflagelados y microfitoplancton (diatomeas Pennadas y Centrales) (72), evidenciando que esos organismos fueron otra potencial fuente de alimento para *A. lilljeborgi*. Por otro lado, la correlación negativa que la abundancia de la especie presentó con la clorofila *a* (Tabla 4, Figura 12), confirma que esa variable no fue su principal fuente de alimento y que la especie es capaz de consumir otros tipos de alimento cuando la concentración de clorofila *a* (fitoplancton) es baja, lo que caracteriza las especies del género *Acartia*, una vez que además de ser herbívoras también son omnívoras oportunistas (22, 25, 26, 34, 41, 47, 48, 49, 50, 86).

Con relación al papel que los depredadores tienen en el control de la dinámica poblacional (distribución y abundancia) de los componentes del zooplancton/Copepoda (18, 22, 23, 31, 37, 50, 55, 89), en el presente estudio fue verificada la ausencia de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* en los puntos de muestreo Pt.9 en la primavera y Pt.4 en el verano (Figura 14), lo

que coincidió con el predominio de las larvas y alevines de los pescados *Centropomus parallelus* (“Robalo-peva”), *Engraulis anchoíta* (“manjuba”) y de dos especies de “sardinias” de la familia Clupeidae, así como de los quetognatos *Parasagitta friderici* y *Ferosagitta tenuis*, en las muestras de zooplancton analizadas (44), cuya principal fuente de alimento son los copépodos, incluyendo los del género *Acartia* (18, 31, 32). Estudios más recientes han demostrado que el SELCI es área de reproducción, alimentación y ruta de migración de por lo menos 54 especies de peces pertenecientes a 24 familias, siendo que varias son planctófagas y tienen su pico de reproducción así como el de reclutamiento de los alevinos en la primavera y el verano, respectivamente (32, 90), lo que puede haber provocado la ausencia de las dos *Acartia* en los dos puntos de muestreo (Pt.9 y Pt.4) en esas dos estaciones del año.

Diversos estudios muestran que la segregación espacial y temporal de especies congéneres permite el mejor aprovechamiento del nicho ecológico porque desarrollan mecanismos para evitar la competencia, especialmente por el alimento, lo que permite la coexistencia (3, 83,91). Entre los mecanismos que favorecen la coexistencia de dos o más especies congéneres, sin que se excluyan mutuamente, tres son considerados fundamentales: la diferencia de tamaño entre las especies, así como la segregación espacial y temporal (92). Esos mecanismos fueron presentados por las dos especies estudiadas: *A. tonsa* es menor que *A. lilljeborgi* (Tabla 1) lo que puede haber influenciado la selección del alimento, una vez que la primera tiene preferencia por organismos de menor tamaño (22, 25, 26 54, 55, 86) y la segunda prefiere los de tamaño mayor (41, 61, 62). Otro mecanismo verificado fue la segregación espacial: *A. lilljeborgi* tuvo distribución amplia en las regiones norte y sur, mientras que a *A. tonsa* permaneció casi restringida a la área central o interna del SELCI (Figura 14) lo que, aliado a las características de esas dos regiones con relación a la clorofila *a* y el material en suspensión, habría contribuido para que *A. lilljeborgi* se comportase como omnívora y su congénere *A. tonsa* como herbívora, favoreciendo la coexistencia sin excluirse mutuamente.

Finalmente, los resultados obtenidos en el presente estudio confirman que *A. tonsa* y *A. lilljeborgi* son especies eurihalinas y euritéricas establecidas en el SELCI porque tienen amplia distribución, constituyen la 4ª (*A. tonsa*) y la 5ª (*A. lilljeborgi*) especies más numerosas en el zooplancton, como es citado en el único trabajo realizado sobre esa

comunidad después de la abertura del canal Valo Grande (44), así como por estar presentes y reproducirse todo el año en el área de estudio. Los resultados también muestran que la salinidad y la clorofila *a* fueron las principales variables que determinaron la distribución espacial y temporal de las dos especies, así como su abundancia en el SELCI, confirmando estudios previos que comprueban que la dinámica poblacional (distribución y abundancia) de las *Acartia* en estuarios y lagunas costera de diversas regiones del Brasil (41, 54, 55, 61, 62) y del mundo (22, 25, 26, 29, 39, 49, 85, 86) es controlada, principalmente, por la salinidad y la clorofila *a*.

Por otro lado, es importante llevar en consideración que como este es el único estudio realizado sobre la dinámica poblacional de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* en todo el SELCI, después de la abertura definitiva del Canal Valo Grande, no es posible afirmar si las especies ampliaron o no su área de distribución, ni hacer comparaciones numéricas (ind. m<sup>-3</sup>) sobre la abundancia que presentaron, porque no hay datos anteriores y ni recientes que permitan hacer esas comparaciones.

Debido a la importancia que *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* tienen en el zooplancton del SELCI en términos de frecuencia y abundancia, como muestran los resultados obtenidos en el presente trabajo, estudios futuros sobre alimentación y la evaluación de la biomasa (peso y tamaño) de las dos especies son necesarios para conocer el papel que desempeñan en la red trófica y producción secundaria pelágica marina costera. Esos estudios también pueden contribuir para determinar el uso potencial de las dos *Acartia* en la detección y evaluación de áreas eutrofizadas o impactadas, así como en actividades relacionadas con la acuicultura, como viene siendo hecho en diversas partes del mundo (34, 35).

Finalmente, estudios sobre la dinámica poblacional de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* asociados a eventos climáticos como el Niño y la Niña son necesarios para conocer su influencia sobre abundancia y distribución de ambas especies, especialmente en el verano, como viene siendo observado en el estuario de la Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil (42, 54, 55).

## VII. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

- En el SELCI la familia Acartiidae fue representada por dos especies del género *Acartia*: *Acartia (Odontacartia) lilljeborgi* Giesbrecht, 1889 y *Acartia (Acanthacartia) tonsa* Dana, 1849, las mismas que ya habían registradas cuando el canal artificial Valo Grande estaba bloqueado, mostrando que la composición de la familia es similar al que presentan en otros estuarios del Brasil y del mundo.
- En el período de estudio, las poblaciones de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* fueron constituidas de jóvenes (copepoditos CI-CV) y adultos, confirmando que su reproducción es continua y producen varias generaciones al año.
- *Acartia lilljeborgi* y *A. tonsa*, en el período de estudio, estuvieron presentes en las cuatro estaciones del año y en casi todos los puntos de muestreo, indicando que son especies eurihalinas y euritérmicas residentes en el área de estudio.
- En el SELCI, en general, *A. lilljeborgi* fue más frecuente y numerosa en las regiones norte y sur confirmando que es una especie marina costera-estuarina, mientras que *A. tonsa* en el área central o interna y, por eso, una especie típica estuarina.
- En el período de estudio, la distribución y abundancia de *A. lilljeborgi* y *A. tonsa* fue influenciada, principalmente, por la salinidad y la concentración de la clorofila *a*.
- La distribución de la abundancia de las dos *Acartia* en el SELCI no tuvo característica estacional, por eso no presentaron alternancia de predominio, principalmente en el invierno (estación seca) y verano (estación lluviosa).

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fulton RS. Distribution and community structure of estuarine copepods. *Estuaries*. 1984; 7: (1): 38-50.
2. Camatti E, Comaschi A, De Olazabal A, Umani SF. Annual dynamics of the zooplankton communities in a highly variable ecosystem (North Adriatic Sea, Italy). *Mar. Ecol.* 2008; 29: 383-398.
3. Bollens SM, Breckenridge JK, Vanden Hooff RC, Cordell JR. Mesozooplankton of the lower San Francisco Estuary: spatio-temporal patterns, ENSO effect and the prevalence of non-indigenous species. *J. Plankton Res.* 2011, 33 (9): 1358-1377.
4. Marine Zooplankton Colloquium 2. Future marine zooplankton research: a perspective. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2001; 222: 297-308.
5. Turner JT. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zool. Stud.* 2004; 43(2): 255-266.
6. Marqu ez-Rojas B, Tr occoli L, de Roa EZ. Seasonal variation of the community of copepods in the eastern sector of the Gulf of Cariaco, Sucre state, Venezuela [Variaci n estacional de la comunidad de cop epodos en el sector oriental del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela]. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 2020; 49 (1): 113-134.
7. Teuber L, Hagen W, Bode M, Auel H. Who is who in the tropical Atlantic? Functional traits, ecophysiological adaptations and life strategies in tropical calanoid copepods. *Progress in Oceanography.* 2019; 171: 128-135.
8. Abdullah Al M, Akhtar A, Rahman MF, AftabUddin S, Modeo L. Temporal distribution of zooplankton communities in coastal waters of the northern Bay of Bengal, Bangladesh. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 2020; 34: 100993.
9. Verity PG, Smetacek V. Organism life cycles, predation and the structure of marine pelagic ecosystems. *Mar Ecol Prog Ser.* 1996; 130: 277-293
10. Dam HG. Evolutionary adaptation of marine zooplankton to global change. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 2013; 5: 349-370.
11. Rice E, Dam HG, Stewart G. Impact of climate change on estuarine zooplankton: surface water warming in Long Island Sound is associated with changes in copepod size and community structure. *Estuaries. Coasts.* 2015; 38: 13-23.
12. Beltran-Castro JR, Hern andez-Trujillo S, G omes-Guti rrez R, Trasvi na-Castro A, Gonz ales- Rodriguez E, Aburto-Oropeza O. Copepod species assemblage and carbon biomass during two anomalous warm periods of distinct origin during 2014-2015 in

- southern Gulf of California. *Continental Shelf Res.* 2020; 207: 104215.
13. Raymont TE. Plankton and productivity in the oceans. *Zooplankton*. Oxford: Pergamon Press; 1983.
  14. Omori M, Ikeda T. *Methods in marine zooplankton ecology*, New York: Wiley Interscience; 1992.
  15. Mauchline J. The biology of calanoid copepods. *Adv. Mar. Biol.* 1998; 33: 1-709.
  16. Kiørboe T. What makes pelagic copepods so successful? *J. Plankton. Res.* 2011; 33(5): 677-685.
  17. Walter TC, Boxshall G. WoRMS Copepoda: World of Copepods database (version 2022-04-04). 2022. [Consultado 04-04-2022]. Disponible en: [www.marinespecies.org/copepoda](http://www.marinespecies.org/copepoda). Doi: 10.14284.
  18. Björnberg TKS. Copepoda. In: Boltovoskoy, D. (Ed.). *Atlas del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajos con el zooplancton marino*. Mar del Plata: INIDEP; 1981. p.587-679.
  19. Bradford-Grieve JM, Markhaseva EL, Rocha CEF, Abiahy B. Copepoda. In: Boltovskoy, D. (Ed.). *South Atlantic zooplankton*. Leiden: Backhuys Publishers; 1999. Vol. 2. p. 869-1097.
  20. Kiørboe T. Sex ratio and the dynamics of pelagic copepod populations *Oceanologia*. 2006; 148: 40-50.
  21. Heinrich AK. Life histories of plankton animals and seasonal cycles of plankton communities in the ocean. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 1962; 27: 15-24.
  22. Conover RJ. Biology of *Acartia clausi* and *Acartia tonsa*. *Oceanography of Long Island Sound, 1952 – 1954*. Bull. Bingham Oceanographic Collection. 1956; vol XV: 156-239.
  23. Sullivan BK, McManus S. Factors controlling seasonal succession of the copepods *Acartia hudsonica* and *Acartia tonsa* in Narragansett Bay, Rhode Island: temperature and resting egg production. *Mar Ecol Prog. Ser.* 1986; 28: 121-128.
  24. Glippa O, Denis L, Lesourd S, Souissi S. Seasonal fluctuations of the copepod resting egg bank in the middle Seine estuary, France: Impact on the nauplii recruitment. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 2014; 142: 60-67.
  25. Vargas C, González HE. Plankton community structure and carbon cycling in a coastal upwelling system. I. Bacteria, microprotozoans and phytoplankton in the diet of copepods and appendicularians. *Aquatic Microb Ecol.* 2004; 34: 151-164.

26. Paffenhöfer GA, Stearns DE. Why *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida) restricted to nearshore environments. Mar. Ecol. Prog. Ser. 1988; 42: 33-38.
27. Kiørboe T. How zooplankton feed: mechanisms, trait and trade-offs. Biol. Rev. Camb. Philos. Soc. 2011; 86(2): 311-339.
28. Gubanova A. Occurrence of *Acartia tonsa* Dana in the Black Sea. Was it introduced from the Mediterranean? Mediterranean. Mar. Sci. 2000; 1/1: 105-109.
29. Champalbert, G, Pagano M, Sene P, Corbin D. Relationships between meso- and macro-zooplankton communities and hydrology in the Senegal River Estuary. Estuarine Coast. Shelf. Sci. 2007; 74: 381-394.
30. Chazarreta J, Dutto S, Berasategui A A, Paniagua GF, Fritz LJ, Cuadrado DG, Hoffmeyer MS. Zooplankton community modulated by spatial and tidal changes in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. Reg. Stud. Mar. Sci. 2020; 36: 101277.
31. Liang TH, Vega-Pérez LA. Studies on chaetognaths off Ubatuba region, Brasil. II. Feeding habits. Bolm. Inst. Oceanogr. 1995; 43(1) :27-40.
32. Itagaki MK. Potencial de Recrutamento das Larvas e Juvenis de Robalo-peva, *Centropomus parallelus* (Teleostei: Centropomidae) no Sistema Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil. [Doutorado]. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo; 2005. 178p.
33. Steinberg DK, Landry MR. Zooplankton and the ocean carbon cycle. Annu. Rev. Mar. Sci. 2017; 9: 413-444.
34. Zeng C, Shao L, Ricketts A, Moorhead J. The importance of copepods as live feed for larval rearing of the green mandarin fish *Synchiropus splendidus*. Aquaculture. 2018; 491: 65-71.
35. Sarkisian B, Lemus J, Apeitos A, Blaylock R, Saillant E. An intensive, large-scale batch culture system to produce the calanoid copepod, *Acartia tonsa*. Aquaculture. 2019; 501: 272-278.
36. Björnberg TKS. On the marine free-living copepods of Brazil. Bolm Inst. Oceanogr. 1963; 13(1): 3-142.
37. Porri F, McQuaid CD, Froneman WP. Spatio-temporal variability of small copepods (especially *Oithona plumifera*) in shallow nearshore waters off south coast of South Africa. Est. Coast. Shelf Sci. 2007; 72: 711-720.
38. Castro Melo PAM de, Newman-Leitão S, Zanardi- Lamardo E, Flores-Montes MJ, Melo Júnior M de. Morphological anomalies in *Acartia lilljeborgii* Giesbrecht

- (1889) (Copepoda, Calanoida) in a tropical estuary under industrial development. *An Acad Bras Ciênc.* 2021; 93(2): 1-9.
39. Nandi T, Mandal S. Unravelling the spatio-temporal variation of zooplankton community from the river Matla in the Sundabans Estuarine System. *India. Oceanologia.* 2020; 62(3): 326-346.
40. Veado LD, Resgalla Jr. C. Alteração da comunidade zooplanctônica do Saco dos Limões após o impacto das obras da via expressa Sul – Baía Sul da Ilha de Santa Catarina. *Braz. J. Aquatic. Sci. Technol.* 2005; 9(2): 65-73.
41. Martinelli Filho JE. Variação temporal e crescimento do zooplâncton do litoral norte de São Paulo, com ênfase em estágios imaturos de copépodes. [Doutorado]. São Paulo: Instituto Oceanográfico; Universidade de São Paulo; 2013. 239p.
42. Montú M. Zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos. I – Estrutura e variações temporais e espaciais da comunidade. *Atlântica, Rio Grande.* 1980; 4: 53-72.
43. Almeida Prado-Por MS, Lansac Tôha F. The distribution of brackish water Calanoida (Copepoda) along the coasts of Brazil. *Hydrobiologia.* 1984; 113: 147-150.
44. Mazetto FK, Vega-Pérez LA. Composition of zooplankton from Estuary-Lagoon System of Cananeia-Iguape, São Paulo State, Brazil. 24º Simpósio Internacional de Iniciación Científica e Tecnológica da USP- SIICUSP. São Paulo, Brasil. 2016.
45. Gonzáles JG, Bowman TE. Planktonic copepods from Baía Fosforescente, Puerto Rico, and adjacent waters. *Proc. US nat. Mus.* 1965; 117: 241-303.
46. Belmonte G, Mazzocchi MG, Prusova YI, Shadrin NV. *Acartia tonsa*: a species new for the Black Sea fauna, *Hydrobiologia.* 1994; 292/293: 9-15.
47. Sabatini ME. Ciclo anual del copépodo of *Acartia tonsa* Dana, 1849 (Copepoda, Calanoida) en la zona interna de la Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Scient. Mar.* 1989; 53(4): 847-856.
48. Abdhussain AH, Cook KB, Turner AD, Lewis AM, Elsafi MA, Mayor DJ. The influence of the toxin producing dinoflagellate, *Alexandrium catenella* (1119/27), on the feeding and survival of the marine copepod, *Acartia tonsa*. *Harmful Algae.* 2020; 98: 101890.
49. Derisio C, Braverman M, Gaitán E, Hozbor C, Ramírez F, Carreto J, et al. The turbidity front as a habitat for *Acartia tonsa* (Copepoda) in the Rio de la Plata, Argentina – Uruguay. *J. Sea Res.* 2014; 85: 197-204.



50. Zuraire M, Cob Z, Toda T, Othman B, Yoshida T. Seasonal changes in abundance of four *Acartia* species (Copepoda, Calanoida) in the coastal waters of Peninsular Malaysia; relationship with monsoon transition. *Regional Studies in Marine Science*. 2018; 22: 101-111.
51. Evans R, Lea MA, Hindell MA, Swadling KM. Significant shifts in coastal zooplankton populations through the 2015/16 Tasman Sea marine heatwave. *Est. Coast. Shelf Sci*. 2020; 235: 106538.
52. Ara K. Temporal variability and production of the planktonic copepod in the Cananéia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brazil. II. *Acartia lilljeborgi*. *Plank Biol. Ecol*. 2001; 48: 35-45.
53. Magalhães A, Nobre DSB, Bessa RSC, Pereira LCC, Costa RM. Diel variation in the productivity of *Acartia lilljeborgi* and *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida) in a tropical estuary (Taperaçu, Northern Brazil). *J. Coast. Res, Special Issue*. 2013; 65: 1164-1169.
54. Muxagata E; Amaral WA, Barbosa CN. *Acartia tonsa* production in the Patos Lagoon estuary, Brazil. *ICES J. Mar. Sci*. 2012; 69(3): 475-482.
55. Kaminski SM. Mesozooplankton do estuário da Lagoa dos Patos e zonas costeiras adjacentes, com ênfase para os copépodes *Acartia tonsa*, *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiaptomus incompositus* (2000-2005). [Doutorado]. Rio Grande: Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande; 2009. 139p.
56. Salvador B, Bersano JG. Zooplankton variability in the tropical estuarine system of Paranaguá Bay, Brazil, in 2012 and 2013. *Est. Coast. Shelf. Sci*. 2017; 199: 1-13.
57. Ara K. Variabilidade temporal e produção dos copépodos no Complexo estuarino-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. [Doutorado]. São Paulo: Instituto Oceanográfico; Universidade de São Paulo; 1998. 308p.
58. Ara K, Vega-Pérez LA, Tomasi LR. Temporal and seasonal variability in abundance of *Acartia lilljeborgi* Giesbrecht and *Acartia tonsa* Dana (Copepoda, Calanoida) in Cananeia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brazil. *Congresso Latinoamericano sobre Ciências do Mar – VII COLACMAR*. Santos, SP, Brasil. 1997; Vol. 1: 42-44.
59. Pinese JF. Distribuição vertical e variação sazonal de *Acartia lilljeborgi* (Copepoda, Calanoida) na enseada do Flamengo – Ubatuba. [Dissertação]. São Paulo: Instituto Oceanográfico; Universidade de São Paulo; 1982. 55p.

60. De la Rocha CL. Variação temporal da comunidade zooplanctônica e produção anual do Copepoda *Acartia lilljeborgi* na enseada da Praia do Segredo (São Sebastião - SP). [Dissertação]. São Paulo: Instituto de Biociências; Universidade de São Paulo; 1998. 113p.
61. Tundisi JG, Tundisi TM. Plankton studies in a mangrove environment: V. salinity tolerances of some planktonic crustaceans. Bolm Inst. oceanogr. São Paulo. 1968; 17(1): 57-65.
62. Tundisi T. Aspectos ecológicos do zooplâncton da região lagunar de Cananéia, com especial referência aos Copepoda (Crustacea). [Doutorado]. São Paulo: Instituto de Biociências; Universidade de São; 1972. 291p.
63. Almeida Prado-Por MS, Pompeu M, Por FD. The impact of the Valo-Grande Canal on the planktonic copepod populations of the Mar Pequeno seaway (São Paulo, Brazil). In: E. Spanier, Y. Steinberg, M. Luria (Eds). Environmental Quality and Ecosystem Stability. ISEEQS Pub. Jerusalem, Israel; 1989. Vol. IV-B. p.205-217.
64. Bonetti-Filho J, Miranda LB. Estimativa de descarga de água doce no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape. Bolm Inst. Oceanogra. São Paulo. 1997; 45(1/2):89-94.
65. Mahiques MM, Figueira RL, Salaroli AB, Alves VD, Gonçalves C. 150 years of anthropogenic metal input in a Biosphere Reserve: the case study of the Cananéia–Iguape coastal system, Southeastern Brazil. Environ. Earth. Sci. 2013; 68(4): 1073-1087.
66. Tessler MG, Suguiu K, Mahiques MM, Furtado VV. Evolução temporal e espacial da desembocadura lagunar de Cananéia (SP). Bolm Inst. oceanogr. São Paulo. 1990; (38): 23-29.
67. Mishima M, Yamanaka N, Pereira OM, Soares FC, Sinque C, Akaboshi S, Jacobsen O. Hidrografia do Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia (25°S e 48°W), São Paulo. I. Salinidade e temperatura. Bolm. Inst. Pesca. São Paulo. 1985; 12(3): 108-121.
68. Miyao S, Nishihara L, Sarti C. Características físicas e químicas do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. Bolm Inst. oceanogr. São Paulo. 1986; 34 (0): 23-26.
69. GEOBRÁS S/A Engenharia e Fundações. Complexo Valo Grande, Mar Pequeno e Rio Ribeira de Iguape. Relatório. São Paulo, DAEE. 1966; 2 vols.

70. Schaeffer-Novelli Y, Mesquita HSM, Cintrón-Molero G. The Cananéia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brazil. *Estuaries*. 1990; 13(2): 193-203.
71. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). [Internet]. 2019. [Consultado 21.08.2019]. Disponível em: <https://tempo.cptec.inpe.br/>.
72. Barrera-Alba JJ. Dinâmica metabólica e transporte de propriedades no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. [Doutorado]. São Paulo: Instituto Oceanográfico; Universidade de São Paulo; 2004. Vols.1-2. 216p.
73. UNESCO. The international system of units (SI) in oceanography. UNESCO Tech. pap. Mar. Sci. 1985; 45:1-124.
74. Jeffrey SW, Humphrey GF. New spectrophotometric equations for determining Chlorophylls a, b, c<sub>1</sub> and c<sub>2</sub> in higher plants, algal and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol., Plazen (BPP) Bd.* 1975; 167S:191-194.
75. Grasshoff K, Ehrhardt M, Kemling K. Methods of seawater analysis. 2<sup>nd</sup> Revised and extended ed. Wienhien Verlag Chemie. 1983. 419p.
76. UNESCO. International oceanography tables. Vol 2. Paris, National Institute of Oceanography of Great Britain. 1973. 141p.
77. Björnberg TKS. Developmental stages of some tropical and subtropical planktonic marine copepods. *Studies on the fauna of Curaçao and other Caribbean islands*. 1972; 40 (136): 1-185.
78. Sabatini ME. The developmental stages (copepodids I to IV) of *Acartia tonsa* Dana, 1849 (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*. 1990; 59(1): 53-61.
79. Tanaka S. Stock assessment by means of ichthyoplankton survey. *FAO Fish. Tech.* 1973; 122: 33-51.
80. Zar JR. *Biostatistical analysis*. 6ed. Prentice Hall. New Jersey; 2010.
81. Clarke K.R, Gorley R.N. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research)*. PRIMER-E, Plymouth Ltd. 2006.
82. Clarke KR, Gorley RN, Somerfield PJ, Warwick RM. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 3rd edn. PRIMER-E, Plymouth Ltd. 2014.
83. Lopes RM. Zooplankton distribution in the Guaraú River estuary (Southeastern Brazil) *Est. Coast Shelf Sci.* 1994; 39: 287-302.
84. Cervetto G, Gaudy R, Pagano M. Influence of salinity on the distribution of *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1999; 239(1): 33-45.

85. Choi SY, Seo MH, Soh HY. Short-term variation in abundance of four *Acartia* species (Copepoda, Calanoida) in a eutrophic bay. PeerJ. 2021; 9: 10835.
86. Gaudy R, Pagano M, Cerveto G, Saint-Jean L, Verriopoulos G, Beker B. Short term variations in feeding and metabolism of *Acartia tonsa* (pelagic copepod) in the Berre Lagoon (France), Oceanologica Acta. 1996; 19(6): 635-644.
87. Lansac Tôha, FA. Ecologia do zooplâncton do estuário do Rio Una do Prelado (São Paulo, Brasil). [Doutorado]. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo; 1985. 195p.
88. Castro Filho BM, Miranda LB, Miyao, SY. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. Bolm Inst. Oceanogr. 1987; 35(2): 135-214.
89. Froneman PW. Zooplankton community structure and biomass in a Southern African temporarily open/closed estuary. Estuarine, Coast Shelf. Sci. 2004; 60:125-132.
90. Favero JM, Diaz JF. Juvenile fish use of shallow zone of beaches of the Cananeia-Iguape Coastal System, southeastern Brazil. Brazilian Journal Oceanogr. 2015; 63(2): 103-114.
91. Pekala GA. Distribución especial y flutuação anual de copépodos (Crustacea) do Estuário do Rio Paraíba do Norte – Paraíba - Brasil. [Mestrado]. São Paulo: Facultad Ciências Biológicas; Universidade Federal de São Carlos. 1982. 111 p.
92. Sandercock GA. A study of selected mechanisms for the coexistence of *Diaptomus* sp. in Clarke Lake, Ontario. Limnol. Oceanogr. 1967; 12 (1): 97-112.
93. Bonilla S, Conde D, Aubriot L, Perez MC. Influence of hydrology on phytoplankton species composition and life strategies in a subtropical coastal lagoon periodically connected with the Atlantic Ocean. Estuaries. 2005; 28 (6): 884-895.