

C. Ciencias de la Vida, 2.5. Medio Ambiente

Lucha de titanes: *Neohelice granulata* vs. *Cyrtograpsus angulatus* ¿cuál es el mejor bioindicador de metales pesados? Un estudio comparativo en una zona interna del Estuario de Bahía Blanca

Truchet, Daniela M^{1,2,5}; Buzzi, Natalia S^{1,2}. y Marcovecchio, Jorge E^{1,3,4}

dmtruchet@iado-conicet.gob.ar; nbuzzi@criba.edu.ar; jorgemar@iado-conicet.gob.ar

¹ Instituto Argentino de Oceanografía (IADO, CONICET-UNS), Bahía Blanca, Argentina.

² Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia (BByF-UNS), Bahía Blanca, Argentina.

³ Universidad Tecnológica Nacional – FRBB, Bahía Blanca, Argentina.

⁴ Universidad FASTA, Mar del Plata, Argentina.

⁵ Universidad Nacional de Santiago del Estero (Escuela para la Innovación Educativa) - EiEUNSE, Argentina

Resumen

El Estuario de Bahía Blanca es un humedal localizado en el sudoeste de la costa bonaerense, que posee un clima templado perteneciente a la ecorregión patagónica. El aporte de agua dulce proveniente de ríos es escaso en comparación a otros grandes estuarios como el de La Plata y se ha configurado en una región única de mayores ingresiones marinas. Para referirse a este ambiente, se ha acuñado el término “ría” que emerge como una construcción social de los pobladores que refieren a este humedal de transición con contribuciones de pequeños arroyos o riachos.

La presión antrópica histórica sobre el estuario basado en las actividades extractivas, lo han convertido en un escenario ecológicamente sacrificable para muchas especies animales y socialmente vaciable para quienes desarrollan sus pequeñas economías en este humedal. Por tanto, es interesante analizar las condiciones ecológicas de este ecosistema desde una perspectiva integral, considerando los organismos que habitan en relación a este espacio y a los contaminantes que amenazan su sostenibilidad ecológica. En este sentido, en el presente trabajo nos proponemos a analizar dos especies de crustáceos decápodos varúnidos (*Neohelice granulata* y *Cyrtograpsus angulatus*) para determinar cuál podría ser el mejor indicador biológico (bioindicador) de metales pesados. Este análisis nos presentará información que nos permitirá conocer la salud de los organismos y del ecosistema en el que habitan, que sean de utilidad para generar información para aplicarse a políticas públicas que protejan la biodiversidad de grandes humedales de importancia socio-cultural, económica y ecológica.

En líneas generales, *C. angulatus* presentó mayores niveles de metales pesados en el hepatopáncreas que *N. granulata*, y se observó diferencias entre machos y hembras: las hembras de *N. granulata* y los machos de *C. angulatus* acumularon mayores concentraciones. Aunque los huevos presentaron mayor acumulación que el hepatopáncreas, no podrían ser considerados buenos indicadores debido a que sólo aparecen en períodos reproductivos. De esta manera, y en base a la bibliografía, consideramos que el hepatopáncreas es un órgano blanco adecuado para estudios de bioacumulación y biomonitoreo que otros tejidos como el tejido blando total, el exoesqueleto las branquias. Finalmente, la bibliografía sobre la temática también nos permitió resignificar que aunque *C. angulatus* bioacumuló más metales en sus tejidos, presenta una serie de características ecológicas (inestabilidad poblacional, poca resistencia al traslado de laboratorio, contaminación de huevos) que no lo harían un buen bioindicador frente a *N. granulata*, una especie que ya ha sido propuesta como modelo de estudios eco-fisiológicos gracias a la gran cantidad de estudios que se han desarrollado sobre las características de estos organismos. De esta manera, proponemos a *N. granulata* como un buen bioindicador nativo de metales pesados en ecosistemas estuariales del Mar Atlántico argentino.

Palabras clave: biomonitoreo, humedales costeros, decápodos estuariales, metales pesados

Introducción

Una de las principales características de Sudamérica es la existencia de grandes humedales. Estos son definidos como sistemas que comprenden ambientes acuáticos permanentes y temporarios, que involucran algunos sectores de tierra firme sujetos a condiciones acuáticas o terrestres en relación con la dinámica del régimen hidrológico (Neiff 1999). De manera similar, el Convenio de Ramsar (1971) define a un humedal como una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos

que la habitan. En tal sentido, son importantes reservorios de biodiversidad ya que alojan seres vivos terrestres, acuáticos y aquellos típicos de transición que no pueden ser encontrados en otros espacios. Por otro lado, esta interrelación con los seres vivos no sólo refiere a los no humanos, sino también a la diversidad cultural que vive en intrínseca asociación a estos espacios, conformando entramados seres humanos- no humanos únicos en el mundo. Otras de las características únicas de estos humedales son la capacidad de concentrar gran cantidad de agua y actuar como reservorios de agua dulce en el caso de

los que se asocian a grandes ríos. Los humedales asociados a zonas costeras y estuariales enfrentan varias amenazas: la sobrepesca, las prácticas pesqueras extractivistas, la contaminación, los residuos domiciliarios sin tratamiento, entre otras. Estudios preliminares en cuanto a la variabilidad climática muestran que las playas argentinas están sometidas a erosión constante con retiros costeros (Pratolongo *et al.* 2006). La diversidad de la población, las características oceanográficas y climáticas, por un lado, pueden modificar fuertemente las condiciones de vida de sus habitantes. La pesca artesanal y el turismo son dos de las actividades económicas principales realizadas por los habitantes de la región. Por lo tanto, las costas y los recursos naturales del océano son cruciales para los pobladores, tanto para su economía como para su vida cotidiana (Ibañez *et al.* 2016). El Estuario de Bahía Blanca (EBB) es un humedal localizado en el sudoeste de la costa bonaerense. Se caracteriza por poseer un clima templado perteneciente a la ecorregión patagónica. Como tal, el aporte de agua dulce proveniente de ríos es escaso en comparación a otros grandes estuarios como el de La Plata y se ha configurado en una región única de mayores ingresiones marinas. Para referirse a este ambiente, se ha acuñado el término “ría” que emerge como una construcción social de poblaciones

pesqueras que hace a referencia a este humedal de transición con contribuciones de pequeños arroyos o riachos que nacen en el complejo de la Ventana (Tornquist, Buenos Aires) (Perillo & Piccolo 2008). Una cuestión clave a destacar es la gran actividad portuaria que se ha construido en torno al estuario en los últimos 20 años, en el cual se hallan 4 de los puertos más importantes de Argentina: En este escenario, quienes han construido una identidad marítima fueron las familias de pescadores artesanales de Ing. White, único pueblo asociado al mar, en el que este colectivo ha establecido su vida y procesos culturales en torno a la “ría”. Sin embargo, el acceso a Galván luego de su refundación lo transformó en el mayor puerto bonaerense, presentando escenarios de tensión donde se han establecido luchas históricas en torno a su uso, muchas de las cuales han sido producto de la contaminación de las empresas extranjeras que se anclan en sus costas. La ampliación del polo en los '90 demandó una inversión de 2 millones de dólares destinados no sólo a infraestructura y el dragado portuario para el ingreso de buques de exportación, sino también a generar discursos y prácticas políticas que favorecieron industrias extranjeras, extractivas y contaminantes, despojando al estuario de su cultura y naturaleza (Heredia Chaz 2014). La sinergia entre estas actividades antrópicas aporta constantemente una gran cantidad

de materiales contaminantes (compuestos orgánicos derivados del agro y el petróleo, compuestos inorgánicos como metales pesados, otros) que ingresan al sistema costero, modificando los ciclos biogeoquímicos naturales con consecuencias directas en la biota (Marcovecchio & Freije 2006). Como se mencionó con anterioridad, es interesante remarcar que estas actividades han tenido y tienen un fuerte impacto sobre la integridad en las comunidades asociadas a estos sistemas. Pero la conservación de estos ambientes es clave, ya que aportan innumerables bienes y servicios ecosistémicos y culturales y por el valor *per se* o intrínseco que posee la naturaleza como sujeto de derechos. Un aspecto ecológico clave en la zona estuarial es la conformación de marismas y las asociaciones biológicas que se hallan como los “jume-cangrejales” de *Neohelice granulata* (“cangrejo cavador”) y las plantas *Sarcocornia* sp. y los “espartillares” de *Spartina alterniflora*. Los marismas cumplen un papel ecológico clave al ser una comunidad marina costera con plantas vasculares que poseen varias funciones importantes como la producción primaria, fuente de alimento, provisión de hábitats, estabilización de sedimentos y biofiltración (Parodi 2004). De esta manera, los cangrejos cumplen un papel fundamental en estos ecosistemas, siendo organismos de

transición entre la vida acuática y la terrestre con un rol trófico clave y generando efectos de bioturbación (Angeletti 2017). El cangrejo cavador (*Neohelice granulata*) y el cangrejo de las rocas (*Cyrtograpsus angulatus*) son dos decápodos braquiuros pertenecientes a la familia Varunidae. Ambas especies se caracterizan por habitar ambientes marinos costeros y estuariales, lo cual indica un requerimiento específico de las condiciones del hábitat. *N. granulata* habita aguas de la franja costera en sedimentos limo-arcillosos, donde construyen sus cuevas gregarias formando extensos cangrejales en planicies de marea y marismas. En tanto, *C. angulatus* habita la franja costera en fondos rocosos, arenosos y fangosos, y al igual que la primer especie, allí también forma cuevas en fondos limosos de la intermareal y sublitoral superior (Spivak 1997).

En Argentina, ambas especies se encuentran bien distribuidas a lo largo del Mar Atlántico Sudoccidental desde la provincia de Buenos Aires hasta algunas poblaciones aisladas de Santa Cruz. Estas especies tienen requerimientos ambientales, reproductivos y tróficos similares, por lo que en ocasiones se da solapamiento de nicho y competencia interespecífica. En estos casos, *N. granulata* suele desplazar a *C. angulatus* al ser un decápodo voraz y de gran

plasticidad fenotípica, como ha sido registrado por Luppi *et al.* (2001).

Sin embargo, algunas condiciones antrópicas como la remoción y el transporte de sedimentos por los dragados portuarios permiten que *C. angulatus* conquiste territorio estuarial, al modificarse la composición sedimentológica natural (Truchet & Buzzi, inédito).

El Estuario de Bahía Blanca es hogar de una fauna de decápodos que se reducen en riqueza y densidad según Spivak (1997) sólo 3 especies de decápodos registradas al momento. No obstante, estudios recientes por Truchet *et al.* (2018) han registrado la presencia del cangrejo violinista *Uca uruguayensis* en la zona interna del estuario, incrementando la diversidad de cangrejos para la zona. Sin embargo, la presión antrópica histórica sobre el estuario basado en las actividades extractivas, lo han convertido en un escenario ecológicamente sacrificable para muchas especies animales y socialmente vaciable para quienes desarrollan sus pequeñas economías en este humedal. Por tanto, es interesante analizar las condiciones ecológicas de este ecosistema desde una perspectiva integral, considerando los organismos que habitan en relación a este espacio y a los contaminantes que amenazan su sostenibilidad ecológica. En este sentido, en el presente trabajo nos proponemos a analizar dos especies

de crustáceos decápodos (*N. granulata* y *C. angulatus*) para determinar cuál es el mejor indicador de la contaminación por metales pesados. Un buen bioindicador es aquel que por sus características ecológicas y fisiológicas puede ser utilizado para evaluaciones ambientales junto a respectivos análisis químicos. Por lo cual, este estudio nos presentará información que nos permitirá conocer la salud de los organismos y del ecosistema en el que habitan, que sean de utilidad para generar información para aplicarse a políticas públicas que protejan la biodiversidad de grandes humedales de importancia socio-cultural, económica y ecológica.

Objetivos

- Determinar las concentraciones de metales pesados en el hepatopáncreas de *Neohelice granulata* y *Cyrtograpsus angulatus* de una zona interna del Estuario de Bahía Blanca.
- Determinar los niveles de metales pesados en sedimentos del cangrejal.
- Evaluar posibles diferencias entre la bioacumulación de estos crustáceos
- Analizar transferencia de metales pesados entre los sedimentos y las especies bajo estudio.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El Estuario de Bahía Blanca está ubicado entre los 38°45' y 39°25' de Lat. S y los 61°45' y 62°25' de Long. O, en el litoral

sudooriental de la Provincia de Buenos Aires. Es un complejo mosaico de ambientes afectado por mareas de hasta 4 m de amplitud (Perillo & Píccolo 1999). Se caracteriza por poseer una serie de canales de marea que corren en dirección NO-SE y separan extensas planicies de inundación, marismas e islas (Melo *et al.* 2003). Las planicies de marea están cubiertas por “espartillar” (halófitas de las especies *Spartina* spp. y *Sarcocornia* spp.) y a su vez colonizadas por cangrejos por lo que, a nivel local, estos ambientes suelen ser denominados “cangrejales” (Perillo & Iribarne 2003).

La bahía ocupa un área aproximada de 800 km², y en marea alta la superficie cubierta es del orden de los 2000 km², con una superficie del intermareal del orden de los 1200 km² (Piccolo *et al.* 2008). Numerosos arroyos y canales afectados por actividades antrópicas desembocan en la bahía con un aporte

estimado en 4000 m³/día (Marcovecchio & Ferrer 2005). En la zona norte del estuario se ubican varios puertos (Ing. White, Galván, Belgrano), ciudades (Bahía Blanca, Punta Alta, Gral. Cerri) y complejos industriales (terminales de petróleo, petroquímicas, planta de fertilizantes, complejos cerealeros, etc). Todos estos descargan sus efluentes en el estuario, con tratamientos parciales o sin tratar. Además, el estuario es intensamente utilizado para la navegación de buques cargueros y tanqueros de gran porte, así como para la explotación de sus recursos pesqueros mediante técnicas artesanales; estas actividades requieren que el Canal Principal de Navegación sea periódicamente dragado, lo que significa una enorme re-movilización de sedimentos, con la consecuente modificación de los ciclos biogeoquímicos propios del sistema (Marcovecchio 2000, Marcovecchio *et al.* 2008).

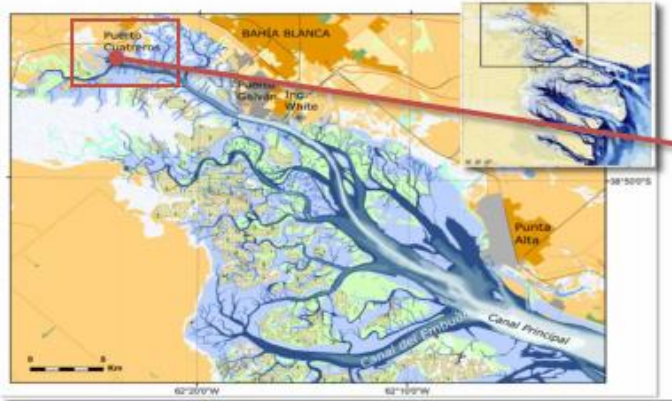


Fig. 1: Área de estudio - Puerto Cuatros



Fig. 2: Ejemplares de cangrejos: A) Vista dorsal de hembra de *N. granulata*, B) Vista ventral de hembra de *N. granulata*, C) Vista dorsal de macho de *C. angulatus*, D) Vista frontal de macho de *N. granulata* (las quelas son de mayor tamaño que A).

Puerto Cuatros se encuentra ubicado en la localidad de General Daniel Cerri, partido de Bahía Blanca, donde se ubica el Club Náutico del Pueblo. Con anterioridad era utilizado para la pesca artesanal, pero se lo abandonó como sitio de desembarque, reduciéndose a la pesca recreativa y deportiva. El lugar se

caracteriza por presentar pequeños riachos, planicies de marea y marismas poblados por grandes densidades de 2 cangrejos varunidos: *Neohelice granulata* y *Cyrtograpsus angulatus* (Fig. 2).

Trabajo de campo

Los ejemplares de *N. granulata* fueron colectados manualmente en campo en marea baja, en tanto que *C. angulatus* fueron capturados mediante una red mediomundo con cebos durante la plea. De cada especie se obtuvieron 30 ejemplares machos y 60 hembras debido a la diferencia de tallas marcado por su dimorfismo sexual. No se recolectaron aquellos organismos con ausencia de quelas, algún apéndice o recién mudados. A su vez, se tomaron 3 muestras de sedimentos para la posterior determinación de metales traza, y se estimaron parámetros físico-químicos del agua (pH, salinidad, temperatura, conductividad) y sedimentos (pH, temperatura) *in situ*.

Trabajo de laboratorio

Los organismos fueron trasladados al laboratorio, donde se los durmió en frío para pesarlos, obtener el ancho de caparazón (mediante un calibre digital) y extraerles el hepatopáncreas. Se realizaron 5 pools de 6 individuos machos y 5 de 12 hembras. En cada uno se obtuvo el hepatopáncreas que fue homogeneizado para ser liofilizado. Los sedimentos fueron secados en estufa, procesado con un mortero y tamizados para obtener la fracción más fina (<63µm). Se pesaron entre 0,3-0, 5 g de tejido seco de cada pool y de los sedimentos secos en 2 tubos de ensayos (réplicas) y se realizó una digestión ácida 1:5 de ácido

perclórico y ácido nítrico, de acuerdo a Marcovecchio & Ferrer (2003). El extracto fue trasvasado en tubos falcon con ácido nítrico 0,7% hasta alcanzar los 10 ml. Luego fue leído mediante espectrofotómetro de emisión óptica de plasma inductivo (ICP-OES Perkin Elmer) en distintas longitudes de onda según el metal y la matriz (biológica o sedimentos). Durante todo el proceso se tomaron medidas de prevención para evitar la contaminación cruzada, por lo que todo el material utilizado en el proceso fue acondicionado con ácido nítrico al 5% v/v y agua destilada (APHA 1998).

Análisis de datos

Se realizaron gráficos exploratorios y análisis de la varianza (ANOVA) entre los metales del hepatopáncreas de machos y hembras dentro de los organismos de la misma especie. Se compararon los niveles entre hembras y machos de las distintas especies. A su vez, se realizó el análisis de la varianza para cada uno de los metales de los huevos entre las especies. Se compararon los niveles de metales de la matriz biológica con los sedimentos.

Resultados y Discusión

Los parámetros físico-químicos del agua y sedimentos se presentan en la Tabla 1. Los machos de *C. angulatus* presentaron un peso medio de 10,21 g (\pm 5,32) y un ancho de cefalotórax de 25,11 mm (\pm 3,93). Las hembras fueron más

pequeñas con un peso medio de 4,91 g ($\pm 1,87$) y 19,85 mm ($\pm 2,15$). Los machos de *N. granulata* presentaron un peso medio de 18,16 g ($\pm 5,79$) y un ancho de cefalotórax de 29,85 mm ($\pm 2,97$), mientras que en las hembras fue de 7,87 g ($\pm 2,75$) y 24,68 mm ($\pm 3,13$), respectivamente. La acumulación de los metales presentó el siguiente orden en los sedimentos, en coincidencia con los estudios de Buzzi & Marcovecchio (2016) (Tabla 2): Fe>Mn>Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>Cd

Por otro lado, los niveles de concentraciones para la contaminación metálica por sedimentos y su posible riesgo hacia los organismos fueron bajas, a excepción del Fe y Mn (Tabla 2) (Buchman 1999). En tanto, que ambas especies de decápodos presentaron el siguiente orden de metales en hepatopáncreas (Figs. 3-9): Fe>Cu>Zn>Mn>Ni>Cd>Cr>Pb

Los análisis estadísticos demostraron diferencias significativas entre las concentraciones medias de Cd ($p=0,0095$), Mn ($p=0,0001$) y Ni ($p=0,0095$) entre los hepatopáncreas de machos y hembras de *N. granulata*, siendo en estos casos mayores los niveles de metales en hembras. En tanto, *C. angulatus* sólo presentó diferencias significativas en el Cu ($p=0,01$) y Cd ($p=0,0005$) que resultaron ser mayores en machos. En los hepatopáncreas de ambas especies, el plomo se encontró bajo los límites de detección del método (LDM), por lo cual

no fue detectado. Los análisis estadísticos interespecíficos dan cuenta de diferencias significativas en las concentraciones de metales, a excepción del Cr entre las hembras ($p=0,1525$). En todos los casos, *C. angulatus* presentó mayores niveles que *N. granulata* tanto en machos como en hembras.

El análisis de las concentraciones en huevos demostró que no existieron diferencias significativas, excepto en el Zn ($p=0,01$), que fue mayor en los huevos de las hembras de *N. granulata*. En líneas generales, los trazas de metales de los decápodos analizados no sobrepasaron los niveles representados por los sedimentos finos, donde incluso se registró la presencia de Pb por encima del LDM ($\bar{x}=5,93$; $\pm 1,69$). Sin embargo, *C. angulatus* presentó mayores concentraciones de Cu, Cd y Zn que los sedimentos, demostrando no sólo una posible transferencia, sino también una acumulación persistente de la matriz abiótica en la biológica. Este es el primer estudio que intenta comparar dos decápodos estuariales para ser utilizados como posibles bioindicadores de metales pesados en humedales costeros. Otros estudios como los de Beltrame *et al.* (2011), Simonetti *et al.* (2013) y Buzzi & Marcovecchio (2016) han demostrado que *N. granulata* podría ser un buen bioindicador de la contaminación ecosistémica al poseer roles ecológicos claves: especificidad por

ambientes estuariales, gran abundancia y amplia distribución, rápido crecimiento, capacidad osmorreguladora hiperhiposmótico, resistencia a bajas salinidades y fluctuaciones climáticas, bioturbación de los sedimentos, transición entre la vida terrestre y acuática e ítem presa de peces de interés comercial y aves costeras en situación de vulnerabilidad (gaviota cangrejera y ostrero pardo). La presencia de mayores concentraciones en los huevos respecto al hepatopáncreas de las hembras coincide con estudios de Simonetti *et al.* (2013), lo cual podría indicar bioacumulación de las especies antes de la eclosión y transferencia de los metales hacía los huevos. No obstante, estos estudios no han registrado la presencia de Pb, que podría ser transferida del hepatopáncreas hacía los huevos durante la vitelogénesis, donde este órgano es de gran importancia en los decápodos (Negro 2013). Por esta razón, inferimos que los niveles de Pb no fueron detectados en el hepatopáncreas al ser transferidos hacía los huevos. No obstante, los estudios de Simonetti *et al.* (2013) han analizado la bioacumulación de metales a partir del tejido blando (ítem presa) y las concentraciones obtenidas han sido más bajas que las obtenidas en este trabajo. En tanto, los niveles de metales en hepatopáncreas han sido analizados por Beltrame *et al.* (2011) sólo en *N. granulata*

de Mar Chiquita. Las concentraciones registradas han sido levemente superiores a los obtenidos en este trabajo en la misma época estival, probablemente por la mayor magnitud del EBB respecto a esta laguna de características estuariales, con posibilidad de autodepuración. Sin embargo, la diferencia entre sexos no fue registrada como en el presente estudio, donde las hembras presentaron mayor sensibilidad que los machos. En tanto, *Cyrtograpsus angulatus* no ha sido analizado aún como posible bioindicador de contaminantes inorgánicos ni orgánicos, por lo que estos reportes resultan inéditos. A pesar de pertenecer a la misma familia, ambas especies presentaron diferencias entre la mayoría de los metales analizados. En líneas generales, si bien *C. angulatus* presentó mayor bioconcentración de metales traza, presenta ciertas características que no son compartidas por *N. granulata*: su distribución es amplia pero las densidades poblacionales son menores que *N. granulata* (Spivak 1997). Por otro lado, en condiciones de inanición y transporte del campo al laboratorio, hemos observado que presenta gran mortandad, lo cual dificulta su estudio para la cuantificación y estimación de otros indicadores de alerta temprano como las enzimas y proteínas que actúan como biomarcadores (enzimas de estrés oxidativo, citocromo P-450 y metalotioneínas).

A pesar de que *N. granulata* presentó concentraciones de metales pesados más bajas, su ecología ha sido ampliamente estudiada al igual que su rol ecosistémico en los sistemas costero-estuariales (Spivak 2010). Por otro lado, su distribución y densidad es importante y presenta estabilidad poblacional -a excepción de los meses más fríos, donde se ocultan en la profundidad de las cuevas-. A su vez, es resistente a condiciones de traslado de campo a laboratorio, siendo posible realizar bioensayos de toxicidad y medición de actividad enzimática para complementar estos estudios, sin contar con grandes mortandades (Buzzi & Marcovecchio 2016).

Si bien los huevos resultaron ser buenos indicadores al estar presentes todos los metales en grandes concentraciones, Bas & Spivak (2010) han realizado estudios en huevos de *N. granulata* y *C. angulatus*, demostrando que la última especie presenta mayor sensibilidad a cambios en las condiciones ambientales, como la salinidad. El resultado de estos cambios, resultó en una mortandad de huevos debido a infecciones bacterianas y fúngicas. De esta manera, para realizar cultivos eco-tóxicos con esta especie, se deberían tomar medidas de precaución para evitar contaminación de los embriones.

A modo de conclusión, proponemos la utilización del hepatopáncreas como

órgano centinela de los decápodos, al poseer procesos de acumulación y detoxificación de contaminantes orgánicos e inorgánicos como los metales pesados (Buzzi & Marcovecchio 2016). Por otro lado, y a pesar de presentar menores niveles interespecíficos, *N. granulata* podría ser considerado como mejor bioindicador de metales pesados que *C. angulatus*, al poseer características ecofisiológicas que han sido ampliamente estudiadas, presentar poblaciones estables y menor mortandad de individuos y huevos en laboratorio. Sin embargo, proponemos continuar monitoreando el estuario con ambas especies y ampliar estos estudios con biomarcadores para un análisis integral de la salud ecosistémica a partir de estos organismos.

Conclusión

A lo largo de este trabajo, hemos explorado al EBB como un escenario complejo de uso territorial: la instalación del polo petroquímico, la actividad portuaria con su consecuente dragado, la

Tabla 1: Parámetros físico-químicos en agua y sedimentos de campo

Parámetros	Agua	Sedimentos
pH	8,05	8,03
Salinidad (psu)	17,79	
Temperatura (°C)	23,46	14,69
Conductividad (ppm)	31,58	

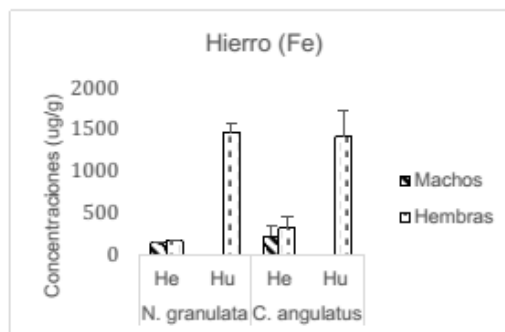
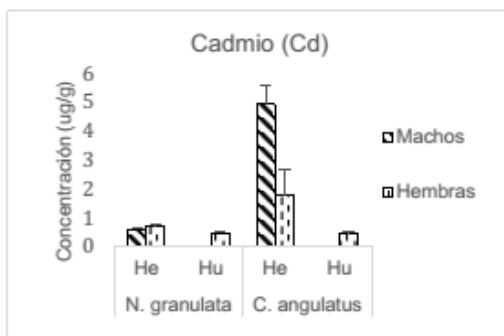
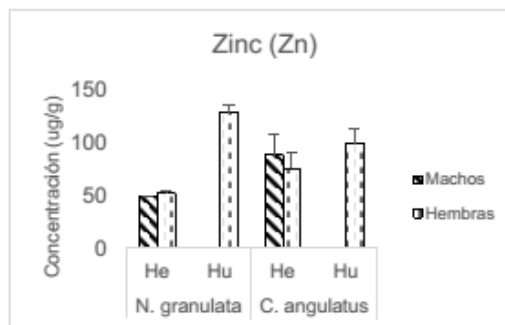
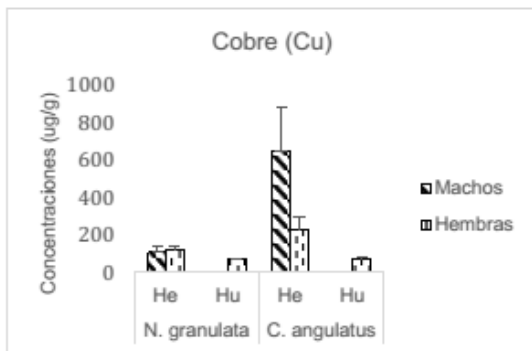
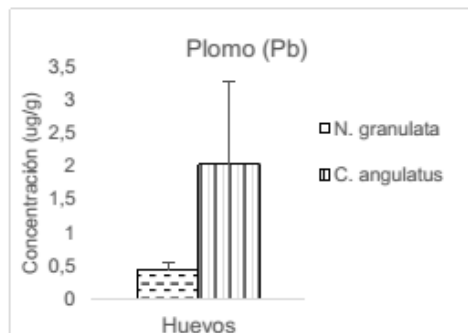
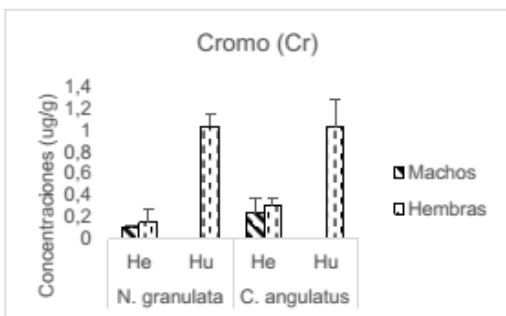
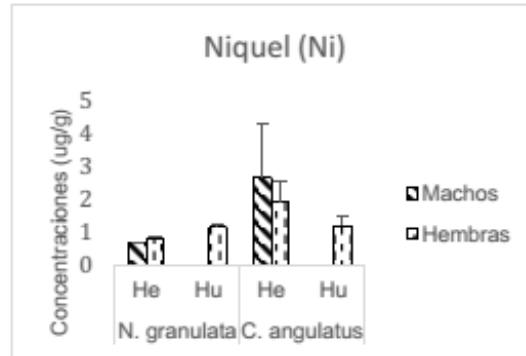
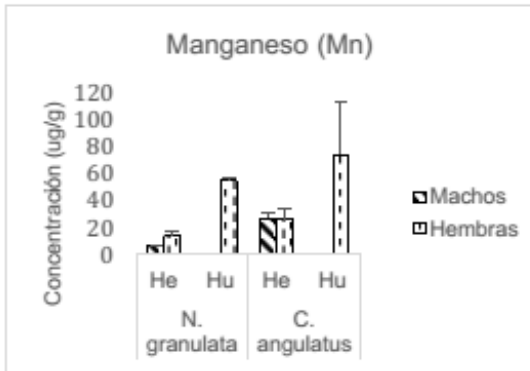
Tabla 2: Metales pesados en la fracción fina de los sedimentos del sitio de estudio y su comparación con TEL y PEL-SQGs. nd: sin datos (Buchner 1999).

Metales en sedimentos	Concentración media (ug/g peso seco)	TEL-SQGs	PEL-SQGs
Cadmio (Cd)	0,04	0,68	4,21
Cobre (Cu)	12,13	18,70	108,20
Plomo (Pb)	5,93	30,24	112,18
Zinc (Zn)	33,75	124,00	271,00
Manganeso (Mn)	267,8	n,d	n,d
Níquel (Ni)	6,33	15,90	42,80
Cromo (Cr)	11,17	53,20	160,40
Hierro (Fe)	16186,67	n,d	n,d

pesquería artesanal, los desechos cloacales y de origen ganadero-agrícola aportado por los riachos y su uso recreativo a partir de deportes acuáticos. La zona interna del estuario, en especial Puerto Cuatros (Gral. Cerri, Bahía Blanca) ha sido históricamente escenario de pesquería artesanal, hasta que la actividad fue abandonada por la mayoría de los pescadores a causa de la merma pesquera atribuida al Polo Petroquímico y al dragado portuario. En la actualidad, este humedal se caracteriza por la pesca recreativa y los deportes acuáticos. A partir del aprovechamiento de los servicios ecosistémicos que aporta este humedal, resulta de interés generar información acerca de su estado de salud ecosistémico. De esta manera, el estudio de la eco-toxicidad de organismos como los decápodos, que habitan estos sitios otorgan datos invaluable para conocer el estado de estos ecosistemas y proteger las relaciones intrínsecas que se dan en ellos. Para ello, el estudio de estas especies es

de gran interés ya que podrían aportar información para los programas de manejo, monitoreo y conservación del estuario, un ambiente con relaciones intrínsecas entre los seres humanos-no humanos. Las concentraciones de metales en el hepatopáncreas de *C. angulatus* fueron mayores que las de otros estudios con *N. granulata* en el mismo estuario y en otros sistemas costeros argentinos. Por otro lado, los huevos también han resultado buenos indicadores aunque sólo estén presentes en épocas de estivales con hembras ovígeras, con la ausencia de datos para los períodos de otoño-invierno. Por esta razón, el hepatopáncreas de *N. granulata* es un órgano blanco de interés ecotoxicológico

ya que se alojan mayores concentraciones de metales respecto al tejido blando total y porque la especie presenta características ecológicas y fisiológicas conocidas y poblaciones estables a lo largo del año, lo cual lo harían un bioindicador confiable de los metales pesados en el EBB.



Figs 3-9: Concentración de metales en hepatopáncreas (He) y huevos (Hu) de *N. granulata* y *C. angulatus*

Bibliografía

Angeleti S. (2017). Efecto bioturbador del cangrejo *Neohelice granulata* sobre la

distribución y transporte de sedimento en ambientes intermareales próximos al límite sur de su distribución geográfica: Un estudio poblacional comparado. Tesis de Doctor en Biología. UNS. 190 p.

APHA- AWWA- WEF. (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Ed., L.S.Clesceri, A.E.Greenberg and A.D. Eaton, eds., American Public Health Association, Washington (USA)

Bas, C. & Spivak E.D. (2000) Effect of salinity on embryos of two southwestern Atlantic estuarine grapsid crabs species cultured in vitro. . *Journal of Crustacean Biology* 20: 647-656.

Beltrame M. O., De Marco S.G. & Marcovecchio J.E. (2011). The burrowing crab *Neohelice granulata* as potential bioindicator of heavy metals in estuarine systems of the Atlantic coast of Argentina. *Environmental monitoring and assessment*, 172: 379 – 389

Buchman M.F. (1999.) NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA HAZMAT Report 99 –1. Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle WA (12 pp.)

Buzzi N.S. & Marcovecchio J.E. 2016. A baseline study of the metallothioneins induction and its reversibility in *Neohelice granulata* from the Bahía Blanca Estuary (Argentina). *Marine Pollution Bulletin* 112: 452 –458

Heredia Chaz E. (2014). De la

Responsabilidad a la Contaminación Social Empresaria: la ingeniería social del Polo Petroquímico de Bahía Blanca. Tesina de grado en Lic. en Historia. Departamento de Humanidades, UNS

Marcovecchio, J.E., 2000. Land-based sources and activities affecting the marine environment at the Upper Southwestern Atlantic Ocean: an overview. *UNEP Regional Seas Reports & Studies N°170*: 67 pp.

Marcovecchio J.E. & Ferrer L.D. (2003). Distribution and geochemical partitioning of heavy metals in sediments of the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Journal of Coastal Research* 21, 826-834.

Marcovecchio, J.E & Freije, H. (2006). Efectos de la intervención antrópica sobre sistemas marinos costeros: el estuario de Bahía Blanca. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires*, 56: 115 – 132.

Marcovecchio J.E., Botté S; Delucchi F., Arias A., Fernandez Severini M., De Marco S., Tombesi N., Andrade S., Ferrer L. & Freije R. (2008). Pollution processes in Bahía Blanca estuarine environment. *Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America*. Lugar: Lisboa; Año: 2008; p. 303 – 316.

Negro C. L. (2014). Efectos de biocidas en el cangrejo dulciacuicola cavador *Zilchiopsis collastinensis* (Decapoda, Trichodactylidae). Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias Biológicas. UNL.

146p.

Parodi E.R. (2004). Marismas y algas bentónicas. En: Piccolo M.C. y Hoffmeyer M. S. (eds.) (2004): *Ecosistemas del Estuario de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: IADO, CONICET-UNS, 101 -107 p.

Perillo, G. & Piccolo M.C. (2004). ¿Qué es el Estuario de Bahía Blanca?. *Ciencia Hoy* 14 (81): 55-61.

Perillo G.M.E & Piccolo M.C. (1999). Geomorphologic and physical characteristics of the Bahía Blanca estuary. Argentina. En: *Estuaries of South America: their geomorphology and dynamics*, Perillo, G.M.E, Piccolo, M.C. y Pino Quivira, M. (Eds).. Environmental Sciences Series, Springer-Verlag, Berlin, pp 205-217.

Perillo G.M.E & Iribarne O. (2003). Proceses of tidal channel development in salt and freshwater marshes. *Earth Surf. Process. Landforms* 28,1473-1482.

Piccolo M.C., Perillo G.M.E. & Melo W.D. (2008). The Bahía Blanca estuary: an integrated overview of its geomorphology and dynamics. In: *Perspectives on Integrated Coastal Zone Management*.

Simonetti P., Botté S.E., Fiori S. & Marcovecchio J.E. (2013). Burrowing Crab (*Neohelice granulata*) as a Potential Bioindicator of Heavy Metals in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Arch Environ Contam Toxicol*, 64:110–118

Spivak E.D. (1997). Cangrejos estuariales del Atlántico sudoccidental (25°-41°S) (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Invest.*

Mar. Valparaíso, 25: 105-120.

Spivak E.D. (2010). The crab *Neohelice (=Chasmagnathus) granulata*: an emergent animal model from emergent countries. *Helgoland Marine Research*, 64: 149 – 154.

Luppi T., Spivak E. & Anger K. (2001) Experimental studies of predation and cannibalism in recruits of *Chasmagnathus granulata* and *Cyrtograpsus angulatus* (Brachyura: Grapsidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*; Año: 2001 p. 29 - 48

Ibañez M., Rojas M. & London S. 2016. Servicios ecosistémicos en el estuario de Bahía Blanca y el conflicto del dragado. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 36: 59-71.

Truchet D., Carcedo M.C, Buzzi N. & Marcovecchio J.E. (2018). Primer registro poblacional del cangrejo violinista *Uca (Leptuca) uruguayensis* en el estuario de bahía blanca: comentarios acerca de su hábitat y bioecología. X Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. (enviado)

Agradecimientos

Al IADO (CONICET-UNS), en especial al equipo del Área de Oceanografía Química. Al Dr. Jorge Bustamante por su colaboración en la recolección de ejemplares de campo y al Lic. Fabián García por su ayuda invaluable con las lecturas analíticas en el ICP-OES.

Financiamiento

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de una beca interna doctoral de CONICET.