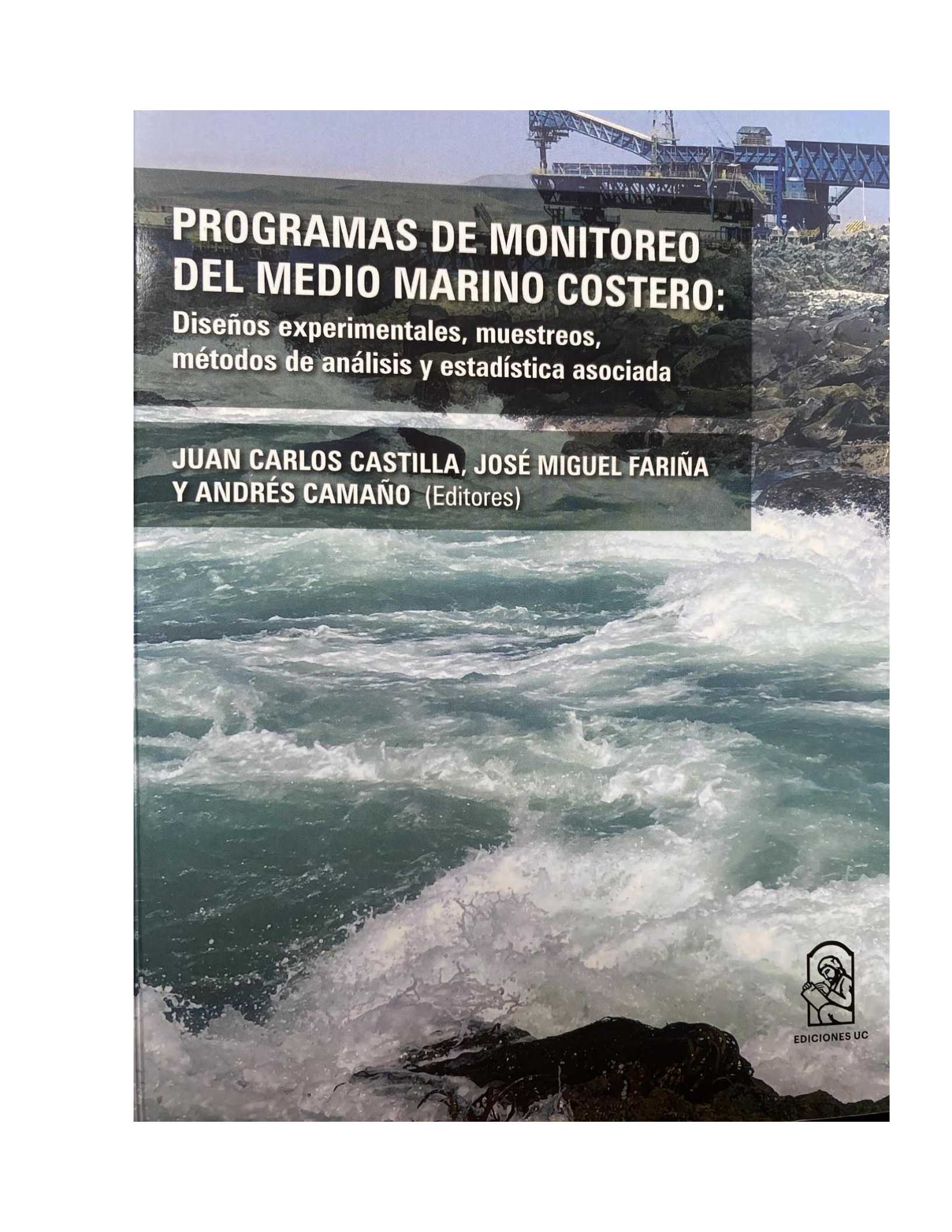




PROGRAMAS DE MONITOREO DEL MEDIO MARINO COSTERO:

**Diseños experimentales, muestreos,
métodos de análisis y estadística asociada**

**JUAN CARLOS CASTILLA, JOSÉ MIGUEL FARIÑA
Y ANDRÉS CAMAÑO (Editores)**



EDICIONES UC

13. PLAYAS ARENOSAS EXPUESTAS: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y BIOLÓGICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS DE LÍNEA BASE Y MONITOREOS

EXPOSED SANDY BEACHES PHYSICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS FOR THE IMPLEMENTATION OF BASELINE AND MONITORING PROGRAMS

EDUARDO JARAMILLO¹

Resumen. Se analizan las características físicas básicas de las playas arenosas expuestas y la macrofauna asociada a las mismas. En base a este análisis, se sugiere un tipo de muestreo basado en el ancho de las tres zonas faunísticas características de las playas arenosas de Chile: la superior o zona de secado, por sobre el nivel de marea alta; la media o zona de retención, entre ese nivel y la línea de efluente o límite superior de la zona de resurgencia y saturación; y la inferior o zona de resurgencia y saturación, entre la línea de efluente y el nivel de marea baja, definido este último por el punto de colapso de la zona de rompiente de las olas.

Palabras claves. Playas arenosas expuestas, zonas físicas, tipos morfodinámicos de playas, macrofauna, muestreo por zonas faunísticas.

Summary. Basic physical characteristics of exposed sandy beaches and their associated macrofauna were analyzed. Based on that, a sampling design is suggested, based on the width of the faunal zones typical of exposed sandy beaches in Chile: the upper or dry zone, above the high tide level; the middle or retention zone, between that level and the effluent line or upper limit of the resurgence and saturation zone; and the lower or resurgence and saturation zone, between the effluent line and the low tide level, the last one defined by the point of bore collapse of breaking waves.

Keywords. Exposed sandy beaches, physical zones, beach morphodynamic types, macrofauna, samplings along faunal zones.

¹ Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. ejaramillo@uach.cl

INTRODUCCIÓN

Las playas arenosas directamente expuestas a la acción de oleaje son el hábitat costero intermareal más dinámico de la tierra y está definido primariamente por el oleaje y el sustrato, es decir, las playas arenosas son básicamente acumulaciones de sedimentos depositados primariamente por las olas. Estimaciones recientes muestran que estos hábitats intermareales constituyen cerca del 30% de la costa mundial libre de hielos (Luijendijk *et al.*, 2018). Por lo mismo, las playas arenosas han captado históricamente la atención de los humanos y sus actividades, lo que ha resultado en perturbaciones que muchas veces afectan los múltiples servicios ecosistémicos provistos por las mismas alrededor del mundo

Figura 1

Vistas de la playa arenosa de Arroyo Quemado en la costa de Gaviota (California, USA), durante otoño, invierno y verano. Nótese que durante el invierno, gran parte de la arena ha sido erosionada de la playa (Isla Vista, California).



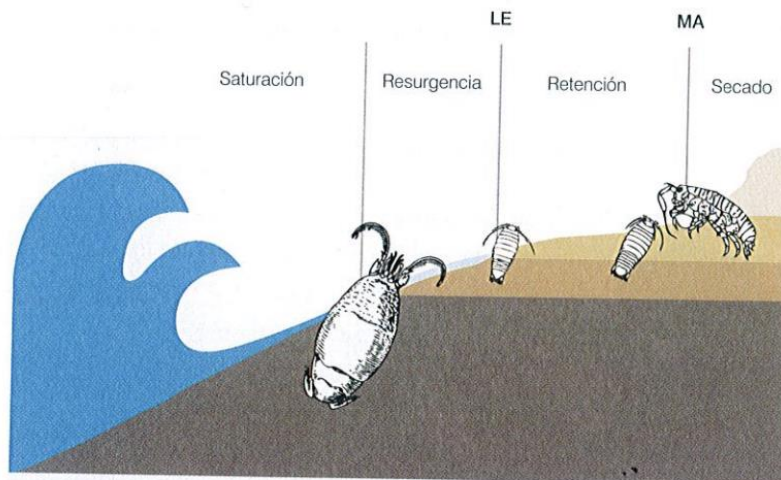
(Schlacher *et al.*, 2007, 2008; Defeo *et al.*, 2009). En muchos casos, las perturbaciones antrópicas se expresan en la afectación física y biológica de las playas, como por ejemplo después de la instalación de defensas costeras artificiales (*e.g.*, Martin *et al.*, 2005; Dugan & Hubbard, 2006; Jaramillo *et al.*, 2002), acción que restringe el ciclo natural de erosión y acreción de arena debido a la presencia de tales estructuras. En ese caso, la instalación de las mismas restringe de modo significativo el ciclo antes mencionado.

De lo dicho anteriormente, se llega a la siguiente definición: “una playa arenosa natural es aquella, en la cual el ciclo de erosión y acreción de arena no está restringido por ninguna estructura artificial”. Esto se ejemplifica en la Figura 1, donde se muestra la variabilidad estacional en el volumen sedimentario de una playa arenosa en la costa de Santa Barbara (California, USA) durante el otoño (fin del período de acreción), invierno (máxima erosión) y verano (período de acreción).

Es en las playas arenosas naturales, donde durante marea baja se observa claramente que el intermareal de las mismas puede ser dividido en tres zonas, cuyas amplitudes están primariamente definidas por el contenido de agua del sustrato. La zonación física del intermareal de las playas arenosas fue originalmente analizada por Salvat (1964), quién propuso el siguiente esquema (Figura 2):

Figura 2

Delimitación de las zonas físicas de la playa según Salvat (1964). LE=línea de efluente o límite superior de la zona de resurgencia o espejo de agua, MA= nivel de marea alta. Se muestran las especies más comunes de cada una de las mismas en las playas arenosas de Chile, entre aproximadamente la costa de Atacama y la Isla Grande de Chiloé (de izquierda a derecha *Emerita analoga*, *Excirolana hirsuticauda*, *Excirolana braziliensis* y *Orchestoidea tuberculata*).



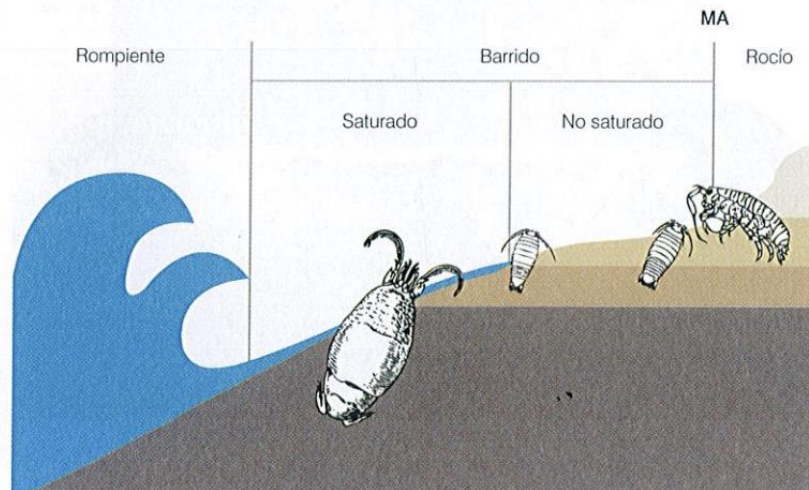
- i) Zona de secado, ubicada por sobre el nivel de marea alta y donde la arena está seca; solo le llega agua por rocío o lluvia.
- ii) Zona de retención, alcanzada por las mareas y donde los granos de arena están húmedos, pero no mojados; el agua gravitacional está ausente, pero sí está presente el agua capilar o intersticial.
- iii) Zona de resurgencia o espejo de agua, donde el movimiento del agua es mayor y los granos están mojados; el agua gravitacional se mueve durante la marea baja.
- iv) Zona de saturación, donde el espacio intersticial está saturado por agua.

Años más tarde, Wade (1967) trabajó con un esquema muy similar al de Salvat (1964) el que básicamente incluye tres zonas físicas (Figura 3):

- i) Zona de rocío o "spray", donde nunca llegan las olas y la humedad del sedimento se debe a aspersión.
- ii) Zona de barrido, donde luego del colapso de las olas, una delgada capa de agua se desliza sobre la cara de la playa. Esta zona se divide en una zona saturada o siempre cubierta por agua y una zona no saturada caracterizada por la alternancia de drenaje de agua entre períodos de alcances máximos de la capa de agua que se desliza por la playa.
- iii) Zona de rompiente de las olas, donde la turbulencia del agua mantiene los granos de arena en suspensión.

Figura 3

Delimitación de las zonas físicas de la playa según Wade (1967). MA=nivel de marea alta. Se muestran las especies más comunes de cada una de las mismas en las playas arenosas de Chile, entre aproximadamente la costa de Atacama y la Isla Grande de Chiloé (de izquierda a derecha *Emerita analoga*, *Excirolana hirsuticauda*, *Excirolana braziliensis* y *Orchestoidea tuberculata*).



En términos generales, los esquemas de Salvat (1964) y Wade (1967) muestran muchas coincidencias (cf., Figuras 2 y 3).

A lo largo de las playas arenosas del litoral chileno, entre aproximadamente la costa de Atacama y la costa expuesta de la isla de Chiloé, las especies más comunes de la macrofauna asociada a cada una de las zonas físicas arriba mencionadas son las mismas: el anfípodo talitrido *Orchestoidea tuberculata* ocurre con mayores abundancias sobre o cerca del nivel de marea alta (zona de secado o de rocío), el isópodo cirolanido *Excirolana braziliensis* se encuentra con sus mayores abundancias cerca de la marea alta o en los niveles superiores de la zona de retención o zona no saturada, el isópodo *Excirolana hirsuticauda* aparece con mayor presencia en los niveles inferiores de la zona de retención y en los superiores de la zona de resurgencia y el decápodo anomuro *Emerita analoga* se ubica en parte de la zona de resurgencia y con mayores abundancias en la zona de saturación (cf., Figuras 2 y 3) (Jaramillo *et al.*, 1993, 2001). Pero si bien la zonación y abundancia de la macrofauna de las playas arenosas, está primariamente relacionada a la zonación física del sustrato tal como está esquematizado en las Figuras 2 y 3, la amplitud de las mismas y sus organismos asociados varían acorde a los tipos de playas arenosas, las que han sido categorizadas en tres tipos morfodinámicos: playas reflectivas, intermedias y disipativas (Short, 1996; Wright & Short, 1983; McLachlan & Defeo, 2017).

En las playas reflectivas (Figura 4), las olas rompen sobre la cara misma de la playa sobre la cual se refleja la energía de las olas incidentes. La zona de rompiente de las olas y la zona de resurgencia o barrido son estrechas y sus perfiles o pendientes son muy marcados, debido a que los granos de arena son gruesos (> 500 micrones). Por el contrario, las playas disipativas (Figura 4) tienen zonas de rompiente anchas y alejadas de sus caras subaéreas; i.e., las olas disipan la mayor parte de la energía antes de llegar a la playa. Estas playas presentan zonas de resurgencia o barrido más anchas que las playas reflectivas, tienen perfiles o pendientes de menor inclinación que los de esas playas y sus granos de arena son más finos ($\sim < 250$ micrones). Las playas intermedias (Figura 4), tienen anchos de rompientes y perfiles intermedios, granos de arena con tamaños que fluctúan entre ~ 250 y 500 micrones y se caracterizan por tener barras y canales paralelos a la costa, además de corrientes de desgarró (Short, 1996; Wright & Short, 1983; McLachlan & Defeo, 2017).

La clasificación de las playas en tipos morfodinámicos, se basa en la altura y período de las olas, además del tamaño de los granos de arena presentes en la zona de rompiente de las olas (Wright & Short, 1983) y deducido de la velocidad de sedimentación de las partículas (Gibbs *et al.*, 1971). Estas características han sido integradas en el parámetro omega (Ω =altura de la ola (cm)/período de la ola (s) x velocidad de sedimentación de los granos de arena (cm/s)) cuyos valores referenciales para cada tipo de playa se muestran en la Figura 4.

Figura 4

Vistas de playas reflectivas, intermedias y disipativas, con valores referenciales de Ω . Se indican las diferentes zonas físicas en cuanto a grado de humectación se refiere (ver texto).

Playas Reflectivas, $\Omega = 0 < 1$



Playas Intermedias, $\Omega \sim 2 - 5$



Playas Disipativas, $\Omega > 6$



DESARROLLO

1. Sugerencias de muestreo y análisis

El contexto desarrollado anteriormente, es la base para discutir el cómo abordar respuestas a la pregunta considerada como relevante, y objetivo de este Capítulo: **¿cuál es el diseño de muestreo más adecuado para caracterizar la macrofauna de una playa arenosa natural?**

Mayoritariamente, los muestreos de playas arenosas han estado basados en la realización de transectos perpendiculares a la línea de costa, sobre los cuales se distribuyen estaciones a distancias equidistantes (e.g., Jaramillo & González, 1991; Jaramillo *et al.*, 1993, 2001; McLachlan, 1980; McLachlan *et al.*, 1998; Rodil *et al.*, 2006). Este tipo de aproximación excluye en general, el hecho de que el ancho de las zonas físicas de la playa difiere según el estado morfodinámico de las mismas (cf., Figuras 2, 3 y 4). Por lo tanto, el número de muestras que se obtiene depende del ancho de cada zona y tipo de playa; e.g., en la zona de resurgencia de una playa reflectiva se obtienen menos muestras que en la zona de resurgencia de una playa disipativa. Por lo mismo, si se comparan las abundancias de una especie típica de una zona física a lo largo de un gradiente morfodinámico, podría ser que las diferencias observadas sean el resultado del número diferente de muestras obtenidas y no del tipo de playa. La siguiente situación acentúa más el problema de este tipo de muestreos: podría darse el caso que, debido a la poca amplitud de una zona, a la misma solo le corresponda una muestra. Esa única muestra podría no tener un solo espécimen de la especie característica de esa zona, lo que no necesariamente podría ser el reflejo de la realidad, ya que la distribución de la especie objetivo en esa zona podría ser tal, que no sea captada por esa sola muestra.

Para evitar situaciones como las arriba mencionadas, se sugiere utilizar el diseño de muestreo esquematizado en la Figura 5 cuyos pasos son los siguientes:

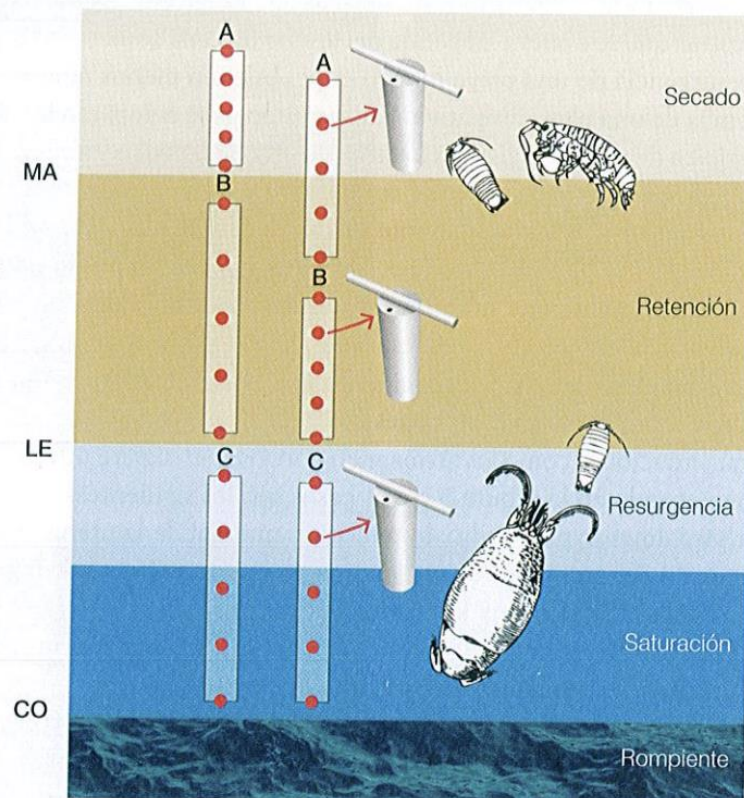
- i) Evaluar visualmente por medio de remoción manual de la arena, el ancho de la zona ocupada por las especies en cada una de las zonas físicas de la playa.
- ii) Medir el ancho de cada zona faunística.
- iii) Dividir en cuatro segmentos iguales el ancho de cada zona, a fin de recolectar cinco muestras de sedimento en cada una de las mismas.
- iv) Utilizar un *core* o cilindro de aluminio de 10 cm de diámetro y 50 cm de longitud para ser enterrado a una profundidad de 30 cm en el sedimento.
- v) Juntar las cinco muestras en un colador con malla de 1000 micrones, para filtrar todo el sedimento en la zona de barrido de las olas.

Los datos que a continuación se muestran, ejemplifican cómo puede estimarse la abundancia de cada especie por una zona faunística cuya longitud fue, por ejemplo, 6 metros:

- i) Área de 1 *core* = 0,0078 m².
- ii) Área de 5 *cores* = 0,0392 m².

Figura 5

Diseño sugerido para muestreo de macrofauna en base al ancho de zonas faunísticas: Zona A, por sobre la línea de marea alta (MA) (zona de secado) o centrada alrededor de la misma y donde *Orchestoidea tuberculata* y *Excirolana braziliensis* son las especies más comunes; Zona B, ubicada en la zona de retención y donde *Excirolana braziliensis* y *Excirolana hirsuticauda* son las especies más representativas, y Zona C extendida entre la línea de efluente (LE) y el punto de colapso de las olas (CO) que rompen en la playa (zonas de resurgencia y saturación), con *Emerita analoga* como la especie más representativa. Los puntos rojos indican la posición de los cinco puntos de muestreo ubicados a distancias equidistantes en cada zona faunística y en los cuales se muestrea con *cores* como los que se muestran en el esquema (10 cm de diámetro). Se asume que el ancho de la franja de muestreo es de 1 metro (ver estimaciones de abundancia más abajo).



- iii) Obtención del factor de multiplicación; este es la proporción del área total muestreada (6 m^2) versus la del área de 5 *cores* ($0,0392 \text{ m}^2$) = 153. En otras palabras, la zona total examinada o muestreada con los cinco *cores* es 153 veces mayor que el área sumada de esos 5 *cores*.

Si la abundancia de una especie en 5 *cores* es 20, la abundancia en un metro linear de playa es 3060 individuos por metro linear de playa ($20 \times 153 = 3060$).

2. Algunas consideraciones analíticas para estudios de línea base y programas de monitoreo

Ya que los estudios de línea base, son la fuente primaria de información para estudios tendientes a monitorear eventuales efectos de un determinado proyecto de desarrollo o inversión, es importante delimitar de modo apropiado el área de influencia del proyecto. Esto ya que los diseños de evaluación de eventuales impactos ambientales relacionados a tal actividad, son evaluados mediante la comparación de muestras recolectadas antes y después del inicio del proyecto y en el área de influencia del mismo como fuera de esta. Tal es el caso de los diseños *BACI* (*Before After Control Impact Analysis*) o el estudio del Antes y Después de un Impacto ocurrido en un determinado sector, incluyendo una zona Control libre de Impacto o en un sector ubicado fuera de la zona de influencia del proyecto (e.g., Green, 1979; Underwood, 1991, 1992).

En términos generales, en los estudios *BACI*, se comparan las trayectorias de las mediciones obtenidas antes y después de que un proyecto o perturbación se haya iniciado u ocurrido y se comparan con las registradas en sectores ubicados fuera de la zona de influencia del proyecto (áreas control). Con todas las limitaciones que puedan existir en este tipo de análisis, (e.g., como definir de modo apropiado los sectores de impacto y control), el diseño *BACI* ha sido utilizado en ecología de playas arenosas del centro sur de Chile, para evaluar los eventuales efectos de proyectos de desarrollo y perturbaciones de origen antrópico.

En el primero de los mismos, se evaluó el efecto de la construcción de una defensa costera artificial sobre la riqueza de especies y abundancia de la macrofauna intermareal de la Playa Los Molinos en la costa de Valdivia (Jaramillo *et al.*, 2002). Para ello se realizaron muestreos repetidos en un área de la playa donde se instalaría una defensa costera artificial (zona impacto) y en un área donde no se instalaría tal tipo de estructura (zona control). Luego de la construcción de esa defensa costera, se muestreó frente a la misma zona de impacto y en el área de la playa carente de estructura (zona control). Los resultados de este muestreo tipo *BACI*, no detectaron efectos significativos de la instalación de la muralla sobre la macrofauna de la playa, situación que fue primariamente atribuida a la corta edad de la estructura (Jaramillo *et al.*, 2002).

Jaramillo *et al.* (1996) también usaron el diseño *BACI*, para evaluar el efecto de la perturbación física del sustrato sedimentario por la presencia de veraneantes en la playa de Mehuín, ubicada al norte de Valdivia. Durante el período Diciembre 1990 - Enero

1992, estos autores muestrearon cinco veces en ambos costados de la playa (antes), para posteriormente instalar una malla en la mitad de la playa (Enero 1992) y excluir a los veraneantes del costado norte (después). Entre fines de enero y marzo de 1992, se realizaron cuatro muestreos en el costado sur (zona impacto) y cuatro en el costado norte (zona control o área donde se excluyó a los veraneantes). Los resultados de los análisis realizados con este diseño de muestreo no detectaron diferencias significativas al comparar el costado de la playa afectado por la perturbación mecánica de origen antrópico versus el costado libre de tal perturbación por aproximadamente dos meses.

Con todas las limitaciones que puedan existir en el tipo de diseño de muestreo BACI (e.g. como definir de modo apropiado los sectores de impacto y control), la realización de este es el más apropiado en programas de monitoreo tendientes a detectar efectos ambientales de proyectos de desarrollo o inversión.

3. Ventanas, desventajas y comentarios finales

La gran ventaja de la metodología descrita es la sencillez que caracteriza el muestreo sugerido, tanto en relación a tiempo de trabajo como esfuerzo físico. El peso, diámetro y longitud del core utilizado, lo hace fácilmente transportable y manejable, además de que el área cubierta por el mismo permite recolectar los organismos más comunes de las playas arenosas chilenas.

Aparte de lo anterior, este tipo de muestreo es más rápido que otros, ya que junta muestras por zona. Si, por ejemplo, se realizan cinco transectos por playa, en una sola marea baja de sicigia, tres operadores pueden muestrear tres sitios o playas, asumiendo que los mismos se ubican a distancias razonables y se cuenta con un móvil para los desplazamientos.

No obstante lo anterior y como toda aproximación metodológica, la aquí sugerida tiene una desventaja: esta es, no poder realizar comparaciones sencillas de figuras de abundancia con otro tipo de estudios, donde los valores de densidad se expresan comúnmente por m^2 . Por otra parte, al juntar las muestras de cada zona se pierde información sobre la zonación de la fauna a lo ancho de la playa. Sin embargo, para programas de línea base y monitoreo, lo más relevante es conocer la riqueza de especies y la abundancia de las especies más comunes y no la zonación de las mismas, objetivo que se cumple a cabalidad con esta metodología.

En general, la instalación de una defensa costera artificial (murallas de concreto o revestimientos rocosos) en una playa arenosa, lleva a la desaparición de al menos la zona de secado y parte de la zona de retención. Por lo tanto, la zona faunística superior (A en la Figura 5) representada por anfípodos talítridos (*O. tuberculata*) e isópodos cirolánidos (*E. braziliensis*) estará ausente de la playa, debido a que el microhábitat de estas especies ha desaparecido. Por lo tanto, este tipo de situación debe estar clara antes de medir las zonas faunísticas restantes para calcular a qué distancias deben utilizarse los cores para recolección de sedimentos para los análisis faunísticos (e.g. Jaramillo *et al.*, 2012).

Debe tenerse presente también que, por condiciones netamente naturales, puede ocurrir que algunas zonas faunísticas estén ausentes de una playa: esto ocurre en playas reflectivas con grano de arena muy grueso, donde solo se observa la presencia de la zona A donde, en general solo ocurren anfípodos talitridos (cf., McLachlan & Jaramillo, 1995).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis aquí realizado, enfatiza al hecho de que los programas de línea base y monitoreo que incluyan playas arenosas expuestas, deben considerar que este tipo de hábitat costero es altamente variable en sus características físicas, incluyendo grados de intervención antrópica (playas naturales *versus* playas donde el ciclo natural de erosión - acreción de arena ha sido interrumpido), estado morfodinámico y grado de humectación del sustrato. A esa variabilidad física se asocia la riqueza de especies y abundancia de la macrofauna presente en las mismas. El tipo de muestreo aquí sugerido (por zonas faunísticas típicas) es rápido para realizarlo y da cuenta apropiada de esos parámetros biológicos.

REFERENCIAS

- Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D. S., Schlacher, T. A., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M., & Scapini, F. (2009). Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuarine Coastal & Shelf Science*, 81 (1), 1-12.
- Dugan, J. E., & Hubbard, D. M. (2006). Ecological responses to coastal armoring on exposed sandy beaches. *Shore & Beach*, 74 (1), 10-16.
- Gibbs, R. J., Matthews, M. D., & Link, D. A. (1971). The relationship between sphere size and settling velocity. *Journal of Sedimentary Research*, 41 (1), 7-18.
- Green, R. H. (1979). *Sampling design and statistical methods for environmental biologists*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Jaramillo, E., & González, M. (1991). Community structure and zonation of the macroinfauna along a dissipative reflective range of beach category in southern Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 26(4), 193-212.
- Jaramillo, E., Dugan, J. E., Hubbard, D. M., Melnick, D., Manzano, M., Duarte, C., Campos, C., & Sánchez, R. (2012). Ecological implications of extreme events: footprints of the 2010 earthquake along the Chilean coast. *PloS one*, 7 (5), e35348.
- Jaramillo, E., Contreras, H., & Bollinger, A. (2002). Beach and faunal response to the construction of a seawall in a sandy beach of south central Chile. *Journal of Coastal Research*, 523-529.
- Jaramillo, E., Contreras, H., Duarte, C., & Quijón, P. (2001). Relationships between community structure of the intertidal macroinfauna and sandy beach characteristics along the Chilean coast. *Marine Ecology*, 22 (4), 323-342.
- Jaramillo, E., Contreras, H., & Quijón, P. (1996). Macroinfauna and human disturbance in a sandy beach of south-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69 (4), 655-63.

- Jaramillo, E., McLachlan, A., & Coetzee, P. (1993). Intertidal zonation patterns of macroinfauna over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 101, 105-118.
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. (2018). The state of the world's beaches. *Scientific Reports*, 8 (1), 6641.
- McLachlan, A. (1980). Intertidal zonation of macrofauna and stratification of meiofauna on high energy sandy beaches in the Eastern Cape, South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 44 (2), 213-223.
- McLachlan, A., & Defeo, O. (2017). *The Ecology of Sandy Shores*. Academic Press.
- McLachlan, A., Fisher, M., Al-Habsi, H. N., Al-Shukairi, S. S., & Al-Habsi, A. M. (1998). Ecology of sandy beaches in Oman. *Journal of Coastal Conservation*, 4 (2), 181-190.
- McLachlan, A. & Jaramillo, E. (1995). Zonation on Sandy beaches. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 33, 305-335.
- Martin, D., Bertasi, F., Colangelo, M. A., de Vries, M., Frost, M., Hawkins, S. J., Macpherson, E., Moschella, P., Satta, M. Thompson, R., & Ceccherelli, V. (2005). Ecological impact of coastal defence structures on sediment and mobile fauna: evaluating and forecasting consequences of unavoidable modifications of native habitats. *Coastal Engineering*, 52 (10-11), 1027-1051.
- Rodil, I. F., Lastra, M., & Sánchez-Mata, A. G. (2006). Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in intermediate sandy beaches in temperate latitudes: North coast of Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67 (1-2), 267-279.
- Salvat, B. (1964). Les conditions hydrodynamiques interstitielles des sédiments meubles intertidaux et la répartition verticale de la faune endogée. *Academic des Sciences (Paris), Comptes Rendus*, 259 (8), 1576.
- Schlacher, T. A., Schoeman, D. S., Dugan, J., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F., & McLachlan, A. (2008). Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. *Marine Ecology*, 29, 70-90.
- Schlacher, T. A., Dugan, J., Schoeman, D. S., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F., McLachlan, A., & Defeo, O. (2007). Sandy beaches at the brink. *Diversity and Distributions*, 13 (5), 556-560.
- Short, A. D. (1996). The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69 (4), 589-604.
- Underwood, A. J. (1992). Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 161 (2), 145-178.
- Underwood, A. J. (1991). Beyond BACI: experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Marine and Freshwater Research*, 42 (5), 569-587.
- Wade, B. A. (1967). Studies on the biology of the West Indian beach clam, *Donax denticulatus* Linne. 1. Ecology. *Bulletin of Marine Science*, 17 (1), 149-174.
- Wright, L. D., & Short, A. D. (1983). Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. En: *Handbook of coastal processes and erosion*. CRC press, 35-64.