

Proyecto científico Última Patagonia 2021

Hélène Dubrasquet

Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias Ambientales e Evolutivas

helene.dubrasquet@gmail.com

Evaluación de la diversidad de la flora marina del archipiélago Madre de Dios a través de los marcadores moleculares

Introducción:

Hace 20.000 años durante el Último Máximo Glaciar (LGM, por sus siglas en inglés), los casquetes glaciares cubrían amplias zonas del sur de Chile de la latitud 35° a la 54° S (McCulloch et al. 2000). La zona de los fiordos y canales chilenos, actualmente reconocida como una sola entidad biogeográfica (Camus, 2001; Spalding et al. 2007) se ha visto fuertemente afectada por el paso de los hielos. Desde un punto de vista marítimo, hoy se caracteriza por una costa muy fragmentada con numerosas pequeñas islas y un entrelazado de canales y fiordos cuya profundidad superar a menudo los 500 metros (Pantoja et al. 2011; Pickard 1973) y una estratificación de aguas bien marcadas con un poco de mezcla (Sievers & Palma, 2008).

La geomorfología heterogénea a pequeña escala espacial y las condiciones oceanográficas marcadas crean un gran número de nichos medioambientales distintos propicios para la instalación de una gran diversidad de especies benthicas (Betti et al. 2017; Häussermaan, 2006; Häussermaan & Försterra 2009; Sinniger & Hausserman, 2009; Wichmann et al., 2012). En concreto, la estratificación de la columna de agua permite que los nutrientes remonten a unos 100 metros de profundidad y que se instalen unas condiciones favorables para organismos típicos de grandes profundidades como los corales de aguas frías (i.e. *Desmophyllum* spp : Försterra 2005), o de largos lechos de maerl (algas calcáreas) cuyo estudio es casi inexistente en las costas de Chile (Macaya et al. 2014). La riqueza de los ecosistemas benthicos de los fiordos de Patagonia, con unas 1.650 especies inventariadas (Häussermann and Försterra, 2009) hace de esta región un hot-spot de diversidad casi comparable a los arrecifes de coral en zona tropical.

Las algas (i.e. macroalgas) son productores primarios esenciales para instalación de comunidades bénticas. Además del papel de vivero para los estadios juveniles de numerosas especies (crustáceos, moluscos, peces), también desarrollan un papel clave en secuestro de carbono en los océanos. De hecho, la zona de fiordos y canales chilenos se ha identificado como un pozo de carbono importante a nivel mundial (Iriarte et al. 2007, Montero et al. 2011). En esta región, los bosques submarinos de kelps (*Durvillea antarctica* o cochayuyo y *Macrocystis pyrifera* o huiro) son especies ingenieras que pueden albergar hasta 300 especies de invertebrados diferentes desde sus agarraderas adheridos al fondo marino hasta sus frondas desplazadas a la superficie (Steneck et al. 2002). Darwin fue uno de los primeros en hablar de la importancia de estos bosques submarinos, comparándolos con los bosques de la Amazonia. Además, estas algas flotantes son los vectores de transporte a gran escala (varios miles de km) para una multitud de organismos, contribuyendo a la dispersión y a la colonización de nuevos nichos ecológicos (Fraser et al., 2018; Hinojosa et al. 2011; Saunders, 2014). Su estudio y el de la fauna asociada arroja informaciones preciosas sobre la historia evolutiva de la zona y su posible resiliencia en vista de futuros cambios medioambientales.

Mientras que Camus (2001) y Spalding (2007) consideran la zona de los “Fiordos y Canales del Sur de Chile” como una sola entidad biogeográfica, varios estudios han identificado una barrera biogeográfica alrededor de los 48°S en torno a la península Taitao (Fraser et al. 2010; Lancellotti & Vasquez, 2000; Sánchez et al. 2011; Wichmann et al. 2012). La presencia de una barrera biogeográfico se refleja en la composición de las especies, su abundancia y su tasa de endemismo Briggs et al. 1995; Lancellotti & Vásquez 2000; Spalding, 2007, ver referencias. Según Lancellotti & Vásquez (2000), la zona cercana a 48°S representaría el límite sur de la zona de transición entre ecosistemas subantárticos y ecosistemas de aguas frías/templadas.

Siguiendo esta definición, el archipiélago Madre de Dios (MdD) situado entre 50°00′–50°30′S et 74°45′– 75°30′W (Drapela & Larrain, 2020) pertenece a la zona de los ecosistemas subantárticos y representaría, a la vez, un potencial lugar de emisión para las especies que van a la deriva con las aguas profundas subantárticas y un posible lugar de recepción para las especies que viven en la parte norte de Patagonia, sobre los 46°S (Lancellotti et Vásquez, 2000). Esto queda verificado, sobre todo, por *D. antarctica*, cuya presencia al sur de 46°S se explicaría por una recolonización posglacial gracias a sus capacidades de rafting (Fraser 2010).

Sin embargo, la mayor parte de las algas no poseen la capacidad de rafting y poseen posibilidades de dispersión limitadas (Santelices, 1990), en particular, las algas rojas para las cuales la fase sexuada no posee flagelo (al contrario que las algunas marrones y las algas verdes, Santelices, 1990). El estudio de la flora submarina de MdD, en particular, de las algas rojas asociadas a los bosques de kelps permitiría determinar las afinidades biogeográficas con la zona subantártica y profundizar el conocimiento sobre su historia evolutiva en un contexto exento de toda actividad humana.

Objetivos:

El LGM tuvo un gran impacto en MdD. Debido a su difícil acceso, el aspecto marino del archipiélago ha sido poco muestreado, aunque representa una potencial “stepping zone” para varias especies que han tenido la capacidad de rafting como los kelps *D. antarctica* y *M. pyrifera* (Fraser et al., 2010; Macaya & Zuccarello, 2010) y una posible zona de transición para las especies con una afinidad con el ecosistema subantártica (Fernández et al., 2000). Varias preguntas surgen de estas constataciones: ¿cómo explicar la presencia de un ecosistema marino tan diversificado en un entorno tan fuertemente influido por el LGM? ¿Cuáles son las afinidades biogeográficas de la flora submarina que mantiene este ecosistema? ¿El proceso de recolonización posglacial mencionado para

D. antarctica es un fenómeno corriente entre las algas que habitan esta zona? Y, finalmente, ¿la diversidad de algas asociadas a los bosques de kelps de MdD refleja la existencia de una zona de transición entre ecosistemas subantárticos y ecosistemas de aguas frías/templadas?

Las herramientas moleculares han demostrado ser eficaces a la hora de identificar nuevas zonas biogeográficas basadas en el análisis de la diversidad genética entre las macroalgas (Tellier et al., 2009; Neiva et al. 2016), lo que sugiere patrones de bioregionalización diferente de invertebrados (González-Wevar et al., 2010, Linse et al., 2006), sobre todo, en las zonas poco muestreadas como la Antártica (Dubrasquet et al., 2018). Aparte de un estudio sobre el kelp antártico (cochayuyo) *Durvillea antarctica* (Fraser et al. 2010) y la luga cuchara *Mazzaella laminarioides* (Montecinos et al. 2012), ningún trabajo ha destacado la posible existencia de una barrera biogeográfica para la flora submarina alrededor de MdD.

Con vistas a verificar la existencia de una barrera biogeográfica para las especies dispersas limitadas como lo son las algas no flotantes, es necesario un muestreo al norte y al sur de la latitud 48°S. La expedición a MdD permitirá realizar la primera parte del muestreo al sur de este límite y caracterizar la flora submarina desde un punto de vista de su riqueza específica (análisis cualitativo), su abundancia (análisis cuantitativo) y su distribución.

Específicamente, buscaremos lo siguiente:

- Verificar la presencia de bosque submarinos en los distintos contextos ecológicos tomando en cuenta el hidrodinamismo (zona expuesta/zona protegida) y la presencia de glaciares (antes del glaciar/salida del glaciar) considerando el conocimiento aportado durante las expediciones anteriores;
- identificar las especies presentes bajo la canopia realizando una investigación exhaustiva de morfotipos diferentes;
- determinar la abundancia de especies dominantes bajo la canopia usando el método de fotocuatrante;
- documentar la asociación de especies según una zonación vertical (i.e. gradiente batimétrico);
- censar la presencia de macroalgas fuera de los bosques de kelps (ex lechos de maerls).

El objetivo en la próxima expedición será aportar informaciones sobre la distribución espacial y vertical, en particular, de las macroalgas rojas. A falta de guía de identificación específica para la zona, el esfuerzo se centrará en coleccionar especímenes de morfotipos diferentes para luego realizar una identificación más precisa con herramientas moleculares. La creación de una base de datos genéticos para las macroalgas de MdD consolidará el conocimiento de la zona y permitirá apoyar futuros trabajos de investigación.

Métodos:

- En terreno: muestreo de especímenes en zona de estran o intermareal (si existe) y buceo para la realización de un herbario y análisis moleculares (financiamiento a ver con el laboratorio).
- En inmersión: prospección según el gradiente batimétrico (0-15 metros; 15-30 metros), según varias transectas espaciadas, como mínimo, 200 metros, al menos 3 por cada zona de colecta (zonas por definir en función de los movimientos de la expedición). Idealmente, prospección de la zona expuesta (cerca de los bosques de *D. antarctica*) hacia el Pacífico y zona protegida (bosques submarinos *Macrocystis pyrifera*). Búsqueda exhaustiva de morfotipos diferentes,

privilegiando las especies asociadas a los bosques de kelps (sobre todo, de algas rojas filamentosas).

Material:

Colecta en buceo: red de mano – posición GPS – toma de fotos como referencial de terreno

Identificación de especies: flora y guía de terreno (personal) – Microscopio y lupa binocular.

Herbario: planchas para herbario – bolsos Ziploc – silicagel – tejido absorbente – pinzas – pincel – regla de medir

Colaboración: Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas

Referencias:

- Betti, F., Bavestrello, G., Bo M., Enrichetti, F., Loi, A., Wanderlingh, A., Pérez-Santos, I., Daneri, G. 2017. Benthic biodiversity and ecological gradients in the Seno Magdalena (Puyuhuapi Fjord, Chile). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 198, 269-278.
- Briggs. 1995. *Global Biogeography*. Elsevier Science B.V Amsterdam. 452pp.
- Camus PA. 2001. Biogeografía marina de Chile continental. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74: 587–617.
- Drapela P & Larraín J, 2020. The bryophytes of Madre de Dios Archipelago, Magallanes Region, Chile. *Phytotaxa* 428 (1): 007–029.
- Fernandez, M., Jaramillo, E., Marquet, P.A., Moreno, C.A., Navarrete, S.A., Ojeda, F.P., Valdovinos, C.R., Vásquez, J.A., 2000. Diversity, dynamics and biogeography of Chilean benthic nearshore ecosystems: an overview and guidelines for conservation. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 73, 1-35.
- Försterra, G., Beuck, L., Häussermann, V., Freiwald, A., 2005. Shallow-water *Desmophyllum dianthus* (Scleractinia) from Chile: characteristics of the biocoenoses, the bioeroding community, heterotrophic interactions and (paleo)- bathymetric implications. In: *Cold-water Corals and Ecosystems*. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 937e–977.
- Fraser, Cl., Thiel, M., Spencer, HG., Waters, JM. 2010. Contemporary habitat discontinuity and historic glacial ice drive genetic divergence in Chilean kelp. *BMC Evol Biol* 2010(10):203
- Fraser, C.I., Morrison, A.K., Hogg, A.M., Macaya, E.C., van Sebille, E., Ryan, P.G., Padovan, A., Jack, C., Valdivia, N., Waters, J.M., 2018. Antarctica's ecological isolation will be broken by storm-driven dispersal and warming. *Nat. Clim. Change* 8, 704–708.
- Gonzalez-Wevar C.A, Nakano T., Cañete J.I & Poulin E. 2010. Molecular phylogeny and historical biogeography of *Nacella* (Patellogastropoda: Nacellidae) in the Southern Ocean. *Mol. Phylog. Evol.* 56(1): 115-124.
- Häussermann, V., 2006. Biodiversity of Chilean sea anemones (Cnidaria: Anthozoa): distribution patterns and zoogeographic implications, including new records for the fjord region. *Investig. Mar.* 34, 23e35.
- Häussermann, V & Försterra, G (eds) (2009) *Fauna marina bentónica de la Patagonia chilena*. Nature in Focus, Santiago, p 1000.
- Hinojosa, I.A., Rivadeneira, M., Thiel, M., 2011. Temporal and spatial distribution of floating objects in coastal waters of central southern Chile and Patagonian fjords. *Cont Shelf Res* 31:172–186
- Iriarte, J.L., González, H.E., Liu, K.K., Rivas, C., Valenzuela, C., 2007. Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41.5e43 S). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 74, 471-480.
- Lancellotti, D.A & Vásquez, J.A. 2000. Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Rev Chil Hist Nat* 73:99–129.
- Linse, K., Griffiths, H.J., Barnes, D.K.A. & Clarke, A., 2006. Biodiversity and biogeography of Antarctic and sub-Antarctic mollusca. *Deep sea research Part II: Topical studies in Oceanography* 53: 985-1008.
- Macaya, E.C., Riosmena-Rodríguez, R., Melzer, R.R., Försterra., Häussermann, V. 2014. Rhodolith beds in the South-East Pacific. *Mar Biodiv* 45, 153–154.
- Macaya, E.C & Zuccarello, G. 2010. Genetic structure of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* along the southeastern Pacific. *Mar Ecol Prog Ser*, 420:103–112
- McCulloch, R. D., Bentley, M. J., Purves, R. S., Hulton, N. R. J., Sugden, D. E. and Clapperton, C. M. 2000. Climatic

- inferences from glacial and palaeoecological evidence at the last glacial termination, southern South America. *J. Quaternary Sci.*, Vol. 15, pp. 409–417.
- Montecinos, A., Broitman, BR., Faugeron, S., Haye, P.A., Tellier, F., Guillemin, M.L., 2012. Species replacement along a linear coastal habitat: phylogeography and speciation in the red alga *Mazzaella laminarioides* along the south east Pacific. *BMC Evol Biol* 12:17
- Montero, P., Daneri, G., Gonzalez, H.E., Iriarte, J.L., Tapia, F.J., Lizarraga, L., Sanchez, N., Pizarro, O., 2011. Seasonal variability of primary production in a fjord ecosystem of the Chilean Patagonia: implications for the transfer of carbon within pelagic food webs. *Cont. shelf Res.* 31, 202e215.
- Neiva J, Serrão E.A., Assis J., Pearson G.A., Coyer J.A., Olsen J.L., Hoarau G., Valero M. 2016. Climate Oscillations, Range Shifts and Phylogeographic Patterns of North Atlantic Fucaceae. In: Hu ZM., Fraser C. (eds) *Seaweed Phylogeography*. Springer, Dordrecht.
- Pantoja, S., Iriarte, J.L., Daneri, G., 2011. Oceanography of the Chilean Patagonia. *Cont.shelf Res.* 31, 149-153.
- Pickard, GL. 1973. Water structure in Chilean fjords In: Fraser R (eds) *Oceanography of the South Pacific*. New Zealand National Commission for UNESCO Wellington pp 95–104.
- Sanchez, N., 2011. Seasonal plankton variability in Chilean Patagonia Fjords: carbon flow through the pelagic food web of the Aysen Fjord and plankton dynamics in the Moraleda Channel basin. *Cont. Shelf Res.* 31, 225-243.
- Santelices B. 1990. Patterns of reproduction, dispersal and recruitment in seaweeds. *Oceanogr. Mar. Biol. Annual Rev.* 28, 177–276.
- Saunders, G.W., 2014. Long distance kelp rafting impacts seaweed biogeography in the Northeast Pacific: the kelp conveyor hypothesis. *J. Phycol.* 50, 968–974.
- Sievers, H., Silva, N., 2008. Water masses and circulation in austral Chilean channels and fjords. Progress in the oceanographic knowledge of Chilean interior waters, from Puerto Montt to Cape Horn. *Com. Ocean. Nacional- Pontificia Univ. Catol. Valparaíso*, Valparaíso 53-58.
- Sinniger, F. & Häussermann, V., 2009. Zoanthids (Cnidaria: Hexacorallia: Zoantharia) from shallow waters of the southern Chilean fjord region, with descriptions of a new genus and two new species. *Org. Divers. Evol.* 9, 23-36.
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M. A. X., et al. 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience* 57, 573–583.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D., Erlandson, J.M., Estes, J.A, et al. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environ Conser.* 2002; 29(4):436-459.
- Tellier, F., Meynard, A., Correa, J., Faugeron, S., Valero, M. 2009. Phylogeographic analyses of the 30S south-east Pacific biogeographic transition zone establish the occurrence of a sharp genetic discontinuity in the kelp *Lessonia nigrescens*: Vicariance or parapatry?. *Mol. Phylogenet. Evol.* 53 (3), 689-693.
- Wichmann, C., Hinojosa, I.A. & Thiel, M. 2012. Floating kelps in Patagonian Fjords: an important vehicle for rafting invertebrates and its relevance for biogeography. *Mar Biol* 159, 2035–2049.