UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
ESCUELA DE POSTGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS, MENCION CONSERVACION Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES

TESIS DOCTORAL:

Functioning and resilience of an ecosystem engineer (*Cymodocea nodosa*): from a local to a biogeographic scale

Por

Julia Máñez Crespo

UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
ESCUELA DE POSTGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS, MENCION CONSERVACION Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Functioning and resilience of an ecosystem engineer (*Cymodocea nodosa*): from a local to a biogeographic scale

Tesis presentada a la Universidad de Los Lagos como parte de los requisitos para optar al grado de Doctor en Ciencias mención Conservación y Manejo de Recursos Naturales.

Por

Julia Máñez Crespo

Profesor Guía: Alejandro H. Buschmann Rubio
Profesora co-Guía: Fiona Tomas Nash
Jefes del proyecto: Fernando Tuya Cortés & Fiona Tomas Nash

Comisión de Tesis: Paulina Gebauer
Daniel Varela
Alejandro Pérez-Matus

Enero 2021

Resumen

Los pastos marinos son ingenieros de ecosistemas (IE) que, mediante la construcción de praderas marinas, crean hábitats clave, diversos y productivos en las zonas costeras del mundo. Si bien investigaciones anteriores han demostrado una variación considerable a pequeña escala en la abundancia y estructura de las praderas marinas, los estudios que distinguen los factores locales de los *drivers* a gran escala del funcionamiento y la resistencia de las praderas marinas son escasos. Comprender los *drivers* de la resiliencia de la población de pastos marinos es particularmente importante, ya que el tipo y la cantidad de perturbaciones a las que están sujetos estos hábitats ha aumentado dramáticamente y el cambio global está, al mismo tiempo, imponiendo altos niveles de estrés. Los elementos que contribuyen a la resiliencia de los IE (como los pastos marinos) son poco conocidos y, por lo tanto, actualmente representan un desafío para la ecología. Al comparar las praderas de pastos marinos de *Cymodocea nodosa* en diferentes regiones a través de su rango de distribución, esta tesis pudo determinar empíricamente los impulsores de la variabilidad en 1) el funcionamiento de los pastos marinos y la abundancia, diversidad y estructura del ensamble de peces asociado y 2) su capacidad de resiliencia ante una perturbación como la herbivoría.

Mis resultados destacan que la variación a escala regional y local, incluida su variabilidad temporal, contribuyó a explicar de manera diferencial a la variación en los atributos de los pastos marinos. Los atributos estructurales, en particular los morfológicos del dosel foliar de los pastos marinos, evidenciaron más variaciones estacionales a escala regional. Sin embargo, la variabilidad en la biomasa de estructuras enterradas se debió principalmente a la variación a escala local. Se observaron altas densidades de semillas en praderas de gran diversidad genética, indicativos del éxito sexual, lo que probablemente resultó de las diferentes historias evolutivas experimentadas por los pastos marinos en cada región. La variación en la abundancia, la diversidad y la estructura del ensamble de peces se explicó principalmente por un descriptor de clima oceánico (SST estacional media), que opera a escalas regionales. En menor medida, también se explicó a través de la variabilidad local en la estructura de los pastos marinos. Más allá de los factores climáticos, mis resultados sugieren que la menor variabilidad temporal en la estructura del dosel de las praderas de *C. nodosa* en Gran Canaria proporciona una fuente más consistente de alimento y protección para el conjunto de peces asociado, lo que probablemente repercute en un aumento de la abundancia y diversidad del ensamble de peces allí.

En relación con la capacidad de resiliencia de las praderas de pastos marinos frente a una perturbación, como la presión por herbivoría, ésta parece mostrar una fuerte contexto-dependencia, así como también parece estar fuertemente impulsada por factores bióticos y abióticos. Las poblaciones de las regiones de Gran Canaria y Alicante, que están naturalmente sometidas a una mayor presión por herbivoría, presentan respuestas de tolerancia en forma de reclutamiento de nuevos haces durante y después de la fase de perturbación. Asimismo, en estas regiones fue donde se registraron altos niveles basales de fibra lo que también sugiere un proceso evolutivo en el que una estrategia de resistencia se ha convertido en un rasgo fenotípico siempre presente en estas praderas. Además, las praderas de Gran Canaria presentaron bajas tasas de producción de semillas y diversidad genética, lo que podría sugerir un proceso de evolución en el que la planta invierte más recursos en estrategias de resistencia y compensación en detrimento de generar variabilidad genética, gracias a la menor variabilidad ambiental del lugar donde las praderas han evolucionado. En Mallorca, donde las condiciones ambientales son más variables y los recursos más limitados, las praderas no parecen ser tan resistentes a la presión por herbivoría.

Los resultados de esta tesis señalan que la plasticidad en las respuestas fenotípicas de los pastos marinos muestra una alta contexto-dependencia relacionada con la variabilidad ambiental y los rasgos del ciclo de vida bajo los cuales se han desarrollado sus poblaciones. Las implicaciones de esta tesis doctoral son relevantes desde el punto de vista de las políticas de manejo y conservación ya que se ha demostrado que el funcionamiento y la capacidad de resiliencia de las praderas de *C. nodosa* cambia en todo el rango de distribución de esta especie, por lo que las políticas de manejo y conservación deben ser adaptadas a las diferentes regiones de acuerdo con la capacidad de las poblaciones para resistir y superar las perturbaciones.

Palabras clave: angiospermas marinas, plasticidad fenotípica, diversidad genética, diversidad taxonómica, diversidad funcional, variabilidad ambiental, ensambles de peces, capacidad de resiliencia, herbivoría.

Abstract

Seagrasses are ecosystem engineers (EE) that create diverse and productive habitats across the coastal areas of the world. While previous research has demonstrated considerable small-scale variation in seagrass abundance and structure, studies that tease apart local from large-scale drivers of seagrass meadow functioning and resilience are scarce. Understanding drivers of population resilience of seagrasses is particularly important, since the type and number of disturbances to which these habitats are subjected to has increased dramatically. The elements that contribute to the resilience of EE (such as seagrasses) are poorly understood and, therefore, currently represent a challenge for ecology. By comparing *Cymodocea nodosa* seagrass meadows in different regions across its range of distribution, this thesis was able to empirically determine the drivers of variability in 1) the functioning of seagrass and the associated fish assemblage abundance, diversity and structure and 2) the resilience capacity of seagrass to herbivore disturbance.

My results highlight that regional and local-scale variation, as well as temporal variability, explained variation in seagrass attributes. Structural attributes, in particular, morphological characteristics of the seagrass leaf canopy, varied significantly among regions and seasons. Variation in the allocation of belowground tissues was, however, mainly driven by local-scale drivers. High seed densities were observed in meadows of large genetic diversity, indicative of sexual success, which likely resulted from the different evolutionary histories undergone by the seagrass at each region. The variation in fish abundance, diversity and assemblage structure was mostly accounted for by mean seasonal SST, a descriptor of ocean climate that operates at regional scales, and to a lesser extent by local variability in seagrass structure. Beyond climatic drivers, my results suggest that the lower temporal variability in the canopy structure of *C. nodosa* meadows in Gran Canaria provide a more consistent source of food and protection for associated fish assemblages, which likely explains the higher fish abundance and diversity at this region.

The resilience capacity of seagrass meadows to perturbation, such as pressure due to herbivory, was found to be highly context-dependent and strongly influenced by both biotic and abiotic factors. Populations of *C. nodosa* from Gran Canaria and Alicante regions, which are exposed to high levels of herbivore pressure, were found to exhibit a number of tolerance responses; higher rates of shoot recruitment during and after the perturbation phase and high levels of basal fibre. The latter suggests an evolutionary process in which a resistance strategy has evolved into a phenotypic trait characteristic

of these meadows. Furthermore, meadows in Gran Canaria that experience relatively stable environmental conditions, were observed to have lower rates of seed production and genetic diversity, suggesting a process of evolution whereby the plant invests more resources in resistance and compensation strategies rather than investing in high genetic variability. Conversely, in Mallorca, where environmental conditions are more variable and resource-limited, the meadows appear to have lower resilience to herbivore pressure, but higher seed production and genetic diversity.

The results of this thesis show that seagrass phenotypic plasticity response is influenced by environmental variability and by the life history traits under which the plant populations have evolved. Of importance to both management and conservation policies, this work has demonstrated that the functioning and resilience of *C. nodosa* meadows change throughout its range of distribution of this species. Management and conservation policies should therefore be adapted to different regions in order to reflect the difference in the ability of populations to resist and overcome disturbances.

Key words: angiosperms, phenotypic plasticity, genetic diversity, taxonomic diversity, functional diversity, environmental variability, fish assemblages, resilience capacity, herbivory.