



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
ESCUELA DE POSTGRADO

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS, MENCIÓN
CONSERVACION Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

PRODUCTIVIDAD DE POBLACIONES DE *Agarophyton chilensis*: IMPORTANCIA DE
FACTORES GENÉTICOS Y/O AMBIENTALES.

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

SARA USANDIZAGA SOLANA

Profesor Patrocinante: Alejandro H. Buschmann
Profesor co-Patrocinante: Marie Laure Guillemin

Comisión de Tesis: Cristian B. Canales-Aguirre
Daniel Varela
Sylvain Faugeron

Diciembre 2018

RESUMEN

Agarophyton chilensis es un alga roja que naturalmente se encuentra distribuida entre los 30°S hasta los 45°S de la costa del Pacífico Suroeste. Es considerada uno de los principales recursos económicos de la costa de Chile ya que constituye una de las principales fuentes de producción de agar a nivel mundial. La gran demanda de este hidrocoloide por parte de la industria se tradujo en una cosecha indiscriminada del recurso desde los años 50 resultando en una sobreexplotación de las praderas naturales de la costa chilena hacia mediados de la década de los 80. Como respuesta a ello, se inició el cultivo masivo de *A. chilensis* en el norte y sur del país, basado principalmente en la siembra de talos, los cuales fueron propagados vegetativamente por más de 30 años. Durante este periodo, la productividad, en términos de biomasa, alcanzó entre 72-149 ton Ha⁻¹. Sin embargo, en el año 2015, una disminución de la productividad de estas praderas cultivadas fue reportada por parte de los productores, asociándola al deterioro de la calidad del agua.

En paralelo al desarrollo del cultivo, se han emprendido estudios con aproximaciones genético poblacionales que han evidenciado la ocurrencia de un proceso de selección voluntaria o involuntaria en los cultivos, generando una reducción de la diversidad genotípica de dichas poblaciones, y posiblemente consecuencias en la productividad de esta agarofita. Asimismo, se ha comprobado una predominancia de la fase diploide sobre la fase haploide en los individuos de cultivo, lo que llevó a plantear la ocurrencia de un cambio en los rasgos de historia de vida de *A. chilensis* asociado al proceso de domesticación. Con estos antecedentes, el presente estudio se propuso evaluar el potencial de crecimiento que presenta *A. chilensis* y detectar los factores que determinan su productividad. Se hipotetizó que, si algunos factores ambientales claves determinantes de la productividad (e.g. aumento de nutrientes y temperatura) que han sido alterados presumiblemente por actividades de origen antrópico o, por otra parte, si los cambios en

la proporción de genotipos debido a la pérdida de diversidad genotípica en las poblaciones cultivadas resultado de la domesticación del alga, juegan un papel relevante en la respuesta de productividad de esta alga roja. Los resultados obtenidos mediante este proyecto de tesis revelaron que: i) el crecimiento de las poblaciones naturales disminuye a temperaturas elevadas mientras que las poblaciones cultivadas responden de forma muy similar a los tres niveles de temperatura evaluados. Adicionalmente, se evidencia que factores físicos, como la temperatura, afectan diferencialmente las respuestas fotosintéticas de las poblaciones naturales y/o cultivadas de *A. chilensis* (Capítulo 1); ii) las diferencias genotípicas entre poblaciones cultivadas de *A. chilensis* afectan su productividad bajo condiciones de verano, mostrando los cultivos de una de las localidades muestreadas (Ancud) que poseen baja diversidad genotípica, un mayor crecimiento a corto plazo que aquellos que poseen alta diversidad genotípica (Capítulo 2) y; iii) la adición de nutrientes afecta el crecimiento y parámetros fotosintéticos de las poblaciones cultivadas de *A. chilensis*, no así la diversidad genética, la cual no mostró un efecto significativo en el crecimiento ni en las respuestas fisiológicas, lo que podría ser una consecuencia negativa del proceso de domesticación llevado a cabo en las últimas décadas (Capítulo 3). Estos resultados señalan que las poblaciones de *A. chilensis* no muestran una disminución en su productividad asociada a la pérdida de diversidad genotípica. Asimismo, los recolectores de algas han seleccionado genotipos que presentan una alta plasticidad siendo ampliamente tolerantes frente a condiciones ambientes variables. No obstante, existe una gran necesidad de desarrollar futuros estudios para comprender como *Agarophyton chilensis* responde a cambios ambientales y como la disminución de la diversidad genética tienen implicancias para la productividad de estas poblaciones cultivadas. Ello parece ser necesario para poder implementar planes de manejo que contribuyan a una explotación sustentable a largo plazo del cultivo de *Agarophyton chilensis* en Chile.

Palabras clave: *Agarophyton chilensis*, domesticación, diversidad genotípica, fotosíntesis, manejo, nutrientes, temperatura.

ABSTRACT

Agarophyton chilensis is a red alga, distributed naturally between 30 ° S and 45 ° S along the Southwest Pacific coast. It is considered one of the main algal resources in Chile where it is cultivated for agar production. The high demand for this hydrocolloid have caused an indiscriminate harvest of the resource that begun in the 1950s, resulting in an overexploitation of the natural meadows in the mid-1980s. In response to that overexploitation, massive cultivation of *A. chilensis* was initiated both in the north and south of the country. This aquaculture is based mainly on vegetative propagation of the thalli and have been ongoing for more than 30 years. During this period, productivity, in terms of biomass, reached between 72 and 149 tons Ha⁻¹. However, in 2015, a decrease in the productivity of these cultivated populations was reported by the farmers and associated with the deterioration of water quality.

In parallel to crop development, population genetic studies have been undertaken that evidenced the occurrence of a voluntary or involuntary selection process in the crops, generating a strong reduction of the genotypic diversity of the farmed populations, and possibly consequences in the productivity of this agarophyte. Likewise, a predominance of the diploid phase over the haploid one in farms has been observed, which was related to a change in *A. chilensis* life history traits associated with the domestication process.

The present study aimed to evaluate what factors could impact growth rate and productivity in *A. chilensis*. I hypothesized that, alterations in some key environmental determinants of the productivity (e.g., increased nutrients and temperature) due to direct anthropogenic activities or climate change and / or loss of genotypic diversity due to fishermen's activities in farms could both play an important role in the productivity of this rhodophyta. The results obtained through this thesis project revealed that: i) growth rate of natural populations decreases at high temperatures while the cultivated ones respond

equally well at the three temperatures tested. Additionally, environmental factors, such as temperature, do affect photosynthetic responses of the natural and / or cultivated populations of *A. chilensis* (Chapter 1); ii) the level of genotypic diversity affect the productivity of cultivated populations of *A. chilensis* under summer conditions, with higher growth rate measured in experimental plots characterized by low genotypic diversity (from the locality of Ancud) than by high genotypic diversity after 30 days (Chapter 2) and; iii) nutrients addition affects both growth and photosynthetic parameters of the cultivated populations of *A. chilensis*, but no effect of genetic diversity was detected, which could be a negative consequence of the domestication process carried out in the last decades (Chapter 3). These results indicate that *A. chilensis* populations don't show a decline in their productivity related with the genotypic diversity loss. Likewise, farmers have selected genotypes that have a high plasticity, being widely tolerant of variable environmental conditions. However, there is a great need to develop future studies to understand how *Agarophyton chilensis* responds to environmental changes and how the reduction of genetic diversity have implications for the productivity of these cultivated populations. This seems to be necessary to be able to implement management plans that contribute to a sustainable long-term exploitation of the *Agarophyton chilensis* crop in Chile.

Key words: *Agarophyton chilensis*, domestication, genotypic diversity, photosynthesis, management, nutrients, phenotypic plasticity, temperature.