



Capacidad regenerativa post-cosecha de la macroalga roja *Chondracanthus chamissoi* en dos sistemas de cultivo en la costa centro-sur del Perú

Post-harvest regenerative capacity of the red macroalgae *Chondracanthus chamissoi* in two culture systems in the south-central coast of Peru

Willian Ruiz-Ipanaque^{1,2}, Paul Baltazar-Guerrero^{1,2*}, Max Castañeda-Franco² y Arturo Mires-Reyes²

0000-0003-4071-4772

0000-0003-2470-6879

0000-0001-9550-8912

1. Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur, Lima 15067, Perú.

2. Grupo de Investigación en Acuicultura Sostenible (GIAS); Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (Licma),

Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación, Universidad Científica del Sur, Lima 15067, Perú. pbaltazar@cientifica.edu.pe*

* Autor de correspondencia / Corresponding author

RESUMEN

Ante la reducción de praderas naturales de *Chondracanthus chamissoi* en Perú se han planteado diferentes alternativas para su cultivo, principalmente optando por sistemas de cultivo suspendido (CS) y cultivo de fondo (CF). Al alcanzar la talla comercial, los talos sufren podas para su comercialización, desconociéndose si disminuyen su tasa de crecimiento específica (TCE) y/o capacidad regenerativa. Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la TCE en la capacidad regenerativa post-cosecha y la dominancia de fases del ciclo de vida de *C. chamissoi* en dos eventos de poda comparando CS y CF entre agosto de 2019 y febrero de 2020 en la costa centro-sur del Perú. La TCE fue mayor en CS (1.67 % día⁻¹) respecto de CF (1.47 % día⁻¹). Asimismo, CS mostró mejores resultados en biomasa (631.6 ± 81.3 gm⁻¹) y longitud (23.91 ± 5.8 cm) en comparación a CF (256.5 ± 33.6 gm⁻¹ y 21.10 ± 7.50 cm) tras la primera poda. Luego de la segunda poda, se observaron valores reducidos en biomasa (CS: 160.2 ± 180 gm⁻¹, CF: 59.4 ± 110 gm⁻¹) y longitud (CS: 16.23 ± 3.68 cm, CF: 15.73 ± 4.25 cm). Se determinó a la fase vegetativa como dominante, seguida de talos carpospóricos y finalmente los tetraspóricos. Se concluye que CS muestra mejores TCE luego de eventos poda y se recomienda dejar en promedio 4-5 cm de talo para facilitar una rápida regeneración.

PALABRAS CLAVE: Capacidad regenerativa, *Chondracanthus chamissoi*, plántula, tasa de crecimiento, poda.

ABSTRACT

Due to the reduction of *Chondracanthus chamissoi* natural beds in Peru, different alternatives have been proposed for its cultivation, generally opting for suspended (CS) and bottom (CF) cultivation systems. When thalli reach commercial size, they get harvested for sale, and it is unknown if their specific growth rate (TCE) and/or regenerative capacity decrease. Therefore, the present work aimed to determine the TCE in the post-harvest regenerative capacity and the life cycle phase dominance of *C. chamissoi* in two pruning events comparing CS and CF during August 2019 and February 2020 in the south-central coast of Peru. The TCE was higher in CS (1.67 % day⁻¹) in comparison to CF (1.47 % day⁻¹). Likewise, CS showed better results in biomass (631.6 ± 81.3 gm⁻¹) and length (23.91 ± 5.8 cm) compared to CF (256.5 ± 33.6 gm⁻¹ and 21.10 ± 7.50 cm) during the first harvest. After the second harvest, lower values in biomass (CS: 160.2 ± 180 gm⁻¹, CF: 59.4 ± 110 gm⁻¹) and length (CS: 16.23 ± 3.68 cm, CF: 15.73 ± 4.25 cm) were observed. The dominant phase was the vegetative one, followed by the carposporic and tetrasporic phases. In conclusion, suspended cultivation showed better results; it is recommended to leave an average of 4-5 cm during pruning, to allow a better growth for a new harvest in less than 3 months.

KEY WORDS: Regenerative capacity, *Chondracanthus chamissoi*, seedling, growth rate, pruning.

INTRODUCCIÓN

Las Rhodophyta albergan aproximadamente 7554 especies, siendo considerado uno de los phylum de macroalgas con el mayor número de especies y una gran diversidad de formas y tamaños (Mateo-Cid *et al.*, 2020; Guiry, 2024). Dentro de este grupo se encuentra *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing 1843, conocida comúnmente en Perú como “yuyo”, “mococho” y en Chile como “chicorea de mar” (Riofrío, 2003; Macchiavello *et al.*, 2012; Vidal y O’Ryan, 2015); se encuentra en zonas rocosas del intermareal y submareal con una distribución que abarca la costa occidental de Sudamérica, desde Paita-Perú (5°S) hasta Ancud-Chile (42°S) (Ramírez y Santelices, 1991; Icochea, 2008), aunque también ha sido registrada en las costas de Corea, Japón y Francia (Yang *et al.*, 2015). Presenta un talo membranáceo de 6 a 45 cm de altura, coloraciones diversas que van desde un verde-oscuro a un marrón-rojizo o negro, con un talo multiaxial aplanado y con ramificaciones dísticas, originando ejes primarios laminares con ramificaciones laterales las cuales presentan pinnulas planas o cilíndricas (Acleto, 1988; Arakaki *et al.*, 2018). *Chondracanthus chamissoi* exhibe un ciclo de vida isomórfico y trifásico, con alternancia de gametofitos (masculinos y femeninos), carposporofitos o cistocárpicos (individuos femeninos fecundados) y tetrasporofitos (Calderón *et al.*, 2010, Ávila *et al.*, 2011).

Esta especie está sujeta a sobreexplotación de sus poblaciones naturales (Carbajal *et al.*, 2005; Pariona y Gil-Kodaka, 2011) debido a su uso como alimento humano directo y por su contenido de carragenano (Acleto, 1986; Bulboa *et al.*, 2013; Saavedra *et al.*, 2019; Ávila-Peltroche y Padilla-Vallejos, 2020). Para 2006–2007 se ha registrado un aumento de la extracción del recurso en las praderas naturales del alga en las localidades Puerto Nuevo (de 35.6 a 89.9 g/m²) y playa Lobería (de 36.5 a 88.3 g/m²), ambos lugares pertenecientes a la provincia de Pisco (Perú); sin embargo, para 2010 se registró una disminución en la recolección de la biomasa promedio en ambas localidades (Flores *et al.*, 2015). La actual demanda de mercado de la especie no se puede colmar con la disponibilidad actual del recurso en poblaciones silvestres (Flores *et al.*, 2015). Por ende, el cultivo de *C. chamissoi* en Sudamérica se ha desarrollado en Chile y Perú. En Chile la principal metodología de cultivo es suspendido empleando frondas a través de la propagación vegetativa y el esporocultivo o inoculo de juveniles a partir de esporas (Macchiavello *et al.*, 2003, 2007; Bulboa *et al.*, 2005; Bulboa, 2006; Bulboa

INTRODUCTION

Rhodophyta harbors approximately 7554 species and is regarded as one of the macroalgae phyla with the largest number of species, boasting a diversity of shapes and sizes (Mateo-Cid *et al.*, 2020; Guiry, 2024). Within this group is *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing 1843, commonly known in Peru as *yuyo* and *mococho*, and in Chile as the *sea chicorea* (Riofrío, 2003; Macchiavello *et al.*, 2012; Vidal and O’Ryan, 2015). It is found in rocky areas of the intertidal and subtidal zones, with a distribution that spans the western coast of South America, from Paita-Perú (5°S) to Ancud-Chile (42°S) (Ramírez and Santelices, 1991; Icochea, 2008), although it has also been recorded in the coasts of Korea, Japan, and France (Yang *et al.*, 2015). This species features a membranous thallus ranging from 6 to 45 cm in height, with varying colors from dark green to reddish-brown or black. It has a flattened multiaxial thallus with distichous branching, producing primary lamellar axes with lateral branches that display either flat or cylindrical pinnules (Acleto, 1988; Arakaki *et al.*, 2018). *Chondracanthus chamissoi* has an isomorphic and three-phase lifecycle, with alternating gametophytes (male and female), carposporophytes or cystocarpics (fertilized female individuals), and tetrasporophytes (Calderón *et al.*, 2010, Ávila *et al.*, 2011).

This species has been subject to the overexploitation of its natural populations (Carbajal *et al.*, 2005; Pariona and Gil-Kodaka, 2011), given its use for direct human consumption and its carrageenan content (Acleto, 1986; Bulboa *et al.*, 2013; Saavedra *et al.*, 2019; Ávila-Peltroche and Padilla-Vallejos, 2020). As of 2006–2007, an increased extraction of this resource had been recorded in the algae’s natural meadows in the areas of Puerto Nuevo (35.6–89.9 g/m²) and Lobería (36.5–88.3 g/m²), both in the Pisco province of Peru. However, in 2010, a decrease in the collection of the average biomass of both localities was recorded (Flores *et al.*, 2015). The current market demand for the species cannot be met with the current availability of the resource in natural populations (Flores *et al.*, 2015). Therefore, the cultivation of *C. chamissoi* has been carried out in Chile and Peru. In Chile, suspended cultures are the main farming method, using fronds through vegetative propagation and spore culture or the inoculation of juveniles from spores (Macchiavello *et al.*, 2003, 2007; Bulboa *et al.*, 2005; Bulboa, 2006; Bulboa and Macchiavello, 2006; Cahui, 2018; Sáez and Macchiavello, 2018; Basaure *et al.*, 2020), managing to incorporate these cultures into an integrated

y Macchiavello, 2006; Cahui, 2018; Sáez y Macchiavello, 2018; Basaure *et al.*, 2020) logrando incorporar este cultivo en una Acuicultura Multitrófica Integrada (Koste, 2017). En Perú se han realizado estudios sobre técnicas de propagación vegetativa en diferentes sustratos (Pariona y Gil-Kodaka, 2011), cultivo vía esporas (Arbaiza, 2016; Castañeda *et al.*, 2017; Arbaiza *et al.*, 2019) y la evaluación de algunos factores involucrados en tasa de crecimiento (Riofrío, 2003); sin embargo, estudios relacionados a la capacidad regenerativa del alga son escasos (Acleto, 1986).

La regeneración involucra todo un proceso de recuperación de la zona afectada (producto de una necrosis) a partir del área cercana (células), debido a que la pérdida del material citoplasmático de las células dañadas crea una capa mucilaginosa sobre la zona afectada. Entonces, al cortar las frondas las algas tienen la capacidad de repararla, siendo, esa capacidad, dependiente de la especie y extensión del daño, involucrando dos etapas: restauración del área dañada y restablecimiento del crecimiento (Tornbom y Olivera, 1992; Buschmann *et al.*, 1999; Ram *et al.*, 2000). Múltiples estudios han determinado la importancia de la regeneración de las algas en el cultivo (Gómez y Westermeier, 1991; Echegaray y Seoane, 1992; Santelices y Varela, 1995; Correa *et al.*, 1999; Scrosati, 1999; Sáez *et al.*, 2015), caracterizado principalmente por la presencia del meristema apical e intercalar difuso (Candia *et al.*, 2006). Especies como *Sargassum muticum*, *Gracilaria verrucosa*, *Iridaea laminaroides*, *Cystoseira mediterranea*, *Gracilariopsis heteroclada*, *Hizikia fusiformis* y *Kappaphycus alvarezii* han mostrado respuesta al proceso regenerativo (Fletcher y Fletcher, 1975; Kling y Bodard, 1987; Gómez y Westermeier, 1991; Echegaray y Seoane, 1992; Kyoung *et al.*, 1999; Hurtado-Ponce, 2002; Hurtado y Biter, 2007; Yong *et al.*, 2014). Para el caso de *Laminaria hyperborea* parece tener un papel importante la presencia de florotaninos (Halm *et al.*, 2011). Sin embargo, para *C. chamissoi* la evaluación de su tasa regenerativa no se ha determinado en Perú, desconociendo el rendimiento de la cosecha por tipo de sistema de cultivo, factor fundamental para conocer la productividad y rendimiento real del cultivo mejorando la planificación y eficiencia de la producción. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la capacidad regenerativa del alga *C. chamissoi* en dos sistemas de cultivo: suspendido y de fondo, en la costa centro-sur del Perú entre agosto 2019 y febrero 2020.

multi-trophic aquaculture (Koste, 2017). In Peru, studies have been conducted on vegetative propagation in different substrates (Pariona and Gil-Kodaka, 2011), spore-based cultivation (Arbaiza, 2016; Castañeda *et al.*, 2017; Arbaiza *et al.*, 2019), and the assessment of some factors involved in the growth rate (Riofrío, 2003). However, studies on the algae's regenerative capacity are scarce (Acleto, 1986).

Regeneration involves a whole recovery process in the affected area (as a result of a necrosis) from nearby areas (cells), given that the damaged cells' loss of cytoplasmic material creates a mucilaginous layer over the affected zone. Thus, when the fronds are cut, the algae can repair them. This ability depends on the species and the extent of the damage and comprises two stages: the restoration of the damaged area and the re-establishment of growth (Tornbom and Olivera, 1992; Buschmann *et al.*, 1999; Ram *et al.*, 2000). Multiple studies have determined the importance of algae regeneration in farming (Gómez and Westermeier, 1991; Echegaray and Seoane, 1992; Santelices and Varela, 1995; Correa *et al.*, 1999; Scrosati, 1999; Sáez *et al.*, 2015), mainly characterized by the presence of diffuse apical and intercalary meristems (Candia *et al.*, 2006). Species such as *Sargassum muticum*, *Gracilaria verrucosa*, *Iridaea laminaroides*, *Cystoseira mediterranea*, *Gracilariopsis heteroclada*, *Hizikia fusiformis*, and *Kappaphycus alvarezii* have shown a response to the regeneration process (Fletcher and Fletcher, 1975; Kling and Bodard, 1987; Gómez and Westermeier, 1991; Echegaray and Seoane, 1992; Kyoung *et al.*, 1999; Hurtado-Ponce, 2002; Hurtado and Biter, 2007; Yong *et al.*, 2014). In the case of *Laminaria hyperborea*, the presence of phlorotannins seems to play an important role (Halm *et al.*, 2011). Nevertheless, the regeneration rate of *C. chamissoi* in Peru has not been determined, and the culture yields for each farming system are not known, which is a fundamental factor for knowing the productivity and real performance of cultures in order to improve planning and production efficiency. Therefore, the objective of this work was to determine the regenerative capacity of the algae *C. chamissoi* in two cultivation systems (suspended and bottom) in the central-southern coast of Peru between August 2019 and February 2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la concesión marina de la Cooperativa de Trabajadores Pesqueros Artesanales Algas Marinas (Cotrapalmar), ubicada en La Puntilla ($13^{\circ} 48' S$, $76^{\circ} 15' W$), al norte de la bahía de Paracas en el distrito homónimo, en la provincia de Pisco, departamento de Ica

MATERIALS AND METHODS

Study area

This study was conducted in the marine concession of the Algas Marinas Artisanal Fishery Workers Cooperative (Cotrapalmar), located in La Puntilla ($13^{\circ} 48' S$, $76^{\circ} 15' W$), north of Paracas bay, in the district of the same name, in the province of Pisco, department of Ica (Figure 1). The

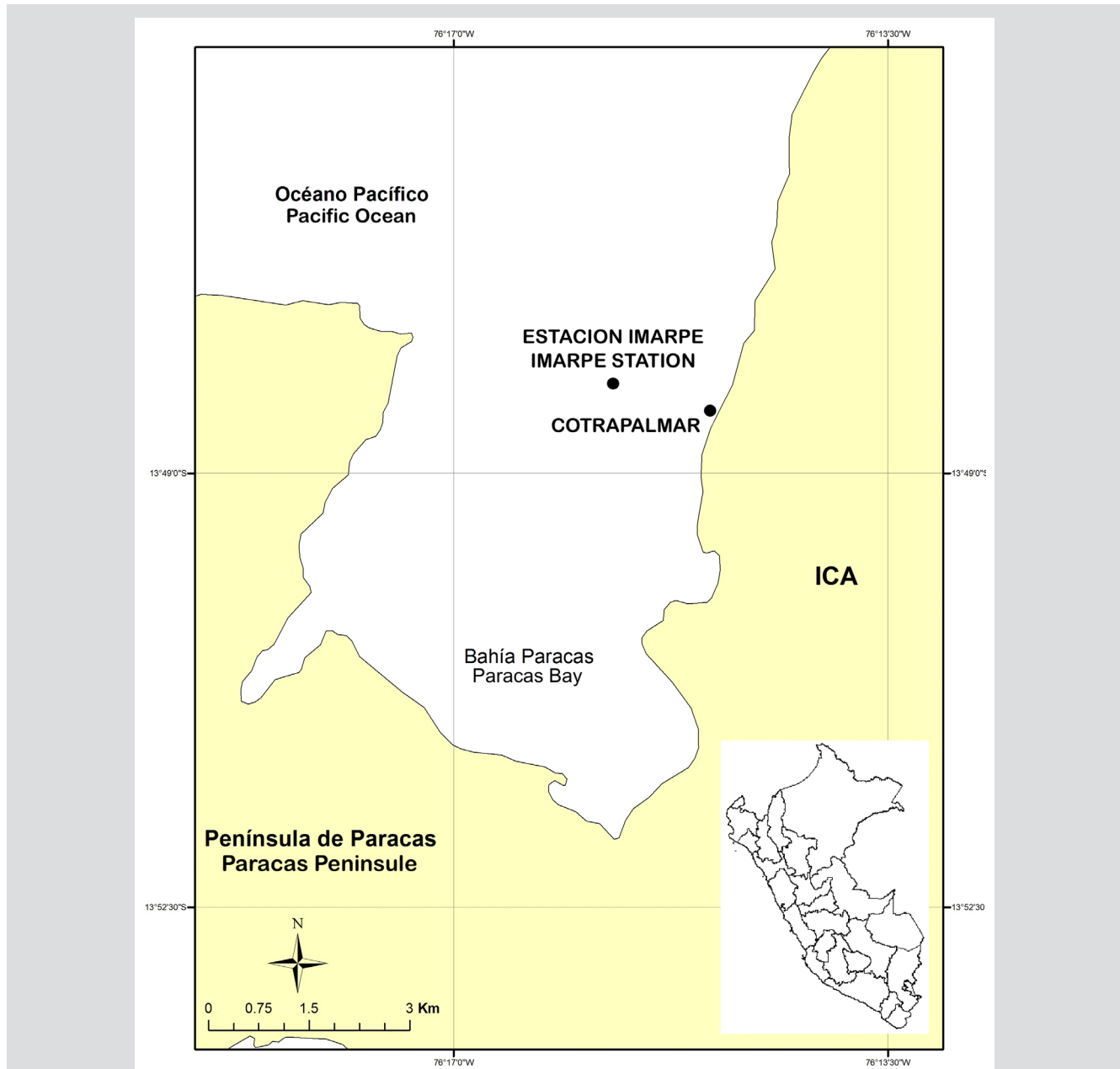


Figura 1. Ubicación de la Concesión Marina de la Cooperativa de Trabajadores Pesqueros Artesanales Algas Marinas (Cotrapalmar), La Puntilla, San Andrés, Pisco-Perú. Los puntos indican la ubicación de la concesión marina y la estación de toma de parámetros fisicoquímicos del Instituto del Mar del Perú (Imarpe).

Figure 1. Location of the marine concession belonging to the Algas Marinas Artisanal Fishery Workers Cooperative (Cotrapalmar), La Puntilla, San Andrés, Pisco-Peru. The dots indicate the location of the marine concession and the physicochemical parameters sampling station of the Peruvian Institute of the Sea (Imarpe).

(Figura 1). La concesión se encuentra a 200 m de la línea de costa con una profundidad máxima de 4 m y un área total de 5 ha. El estudio se ejecutó durante 2019-2020, concretamente desde agosto 2019 hasta febrero 2020.

Variables fisicoquímicas

Las variables fisicoquímicas fueron tomadas de la estación de monitoreo del Instituto del Mar del Perú ($13^{\circ} 48' 33''$ S– $76^{\circ} 15' 45''$ W) la cual se encuentra muy cercana al área de estudio. Las variables tomadas para el presente estudio fueron temperatura y salinidad.

Obtención de Unidades de Cultivo

Las cuerdas de polipropileno inoculadas con individuos de *C. chamissoi*, consideradas como unidades muestrales (UM), fueron otorgadas por parte del Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (Licma) de la Universidad Científica del Sur como resultado de la técnica por cultivo vía esporas. Las cuerdas fueron sembradas en la concesión marina de Cotrapalmar en enero 2019 y su periodo de crecimiento en mar fue de 8 meses previo a la primera poda (agosto 2019).

Sistemas de cultivo

La generación de sistemas de cultivo consistió en anclar las UM a mangas hechas con malla de pesca 0.20×1.20 m colmadas de cantos rodados. Para el sistema de Cultivo Suspendido (CS) (Figura 2A) se instalaron tres sistemas suspendidos a modo de réplicas, cada una con tres UM ($n = 9$), separadas cada 0.3 m, cubiertas de talos de *C. chamissoi* de 4 a 5 cm de largo, e instaladas entre 2 y 4 m de profundidad. Las UM fueron mantenidas verticalmente con ayuda de una boya, sujeta al extremo superior de cada cuerda (Figura 2A).

Para el sistema de Cultivo en Fondo (CF) (Figura 2B) también se instalaron tres sistemas a modo de réplicas a una profundidad de 4 m con tres UM cada una ($n = 9$), cubiertas de talos de *C. chamissoi* de 4-5 cm de largo. En cada réplica las cuerdas fueron atadas por sus dos extremos a las mangas, con una separación de 0.3 m entre cada cuerda, manteniéndose en posición horizontal y a 0.15 m por encima del fondo marino. A cada réplica se ató una boya demarcatoria desde la superficie (Figura 2B). Previo al inicio del estudio, los sistemas fueron instalados y monitoreados por 15 días con cuerdas sin inóculos, para corroborar su estabilidad en el fondo marino.

concession is 200 m away from the coastline and has a maximum depth of 4 m, as well as a total area of 5 ha. This study was conducted during the 2019-2020 period, specifically between August 2019 and February 2020.

Physicochemical variables

The physicochemical variables were taken from the monitoring station of the Peruvian Institute of the Sea ($13^{\circ} 48' 33''$ S– $76^{\circ} 15' 45''$ W), which is very close to the study area. The variables measured for this study were temperature and salinity.

Obtaining cultivation units

The polypropylene strings inoculated with *C. chamissoi* individuals, regarded as sample units (SUs), were provided by the Marine Culture Research Laboratory (LICMA) of Universidad Científica del Sur, and they were the result of spore-based cultivation. The strings were sown in Cotrapalmar's marine concession in January 2019, and their sea growth period lasted eight months before the first pruning (August 2019).

Cultivation systems

The creation of cultivation systems involved anchoring the SUs to sleeves made from fishing nets measuring 0.20×1.20 m, filled with rounded stones. For the suspended cultivation system (SC) (Figure 2A), three suspended systems were installed as replicas, each one with three SUs ($n = 9$), 0.3 m apart, covered with thalli of *C. chamissoi* 4-5 cm in length, and installed at 2-4 m deep. The SUs were vertically supported with the help of a buoy attached to the upper end of each string (Figure 2A).

For the bottom cultivation system (BC) (Figure 2B), three systems were also installed as replicas, at a depth of 4 m, with three SUs each ($n = 9$), covered with thalli of *C. chamissoi* 4-5 cm in length. In each replica, the strings were tied at their two ends to the sleeves, with a separation of 0.3 m between strings. They were maintained in a horizontal position and at 0.15 above the sea floor. A demarcating buoy was tied to each replica from the surface (Figure 2B). Prior to the start of the study, the systems were installed and monitored for 15 using strings with no inocula, in order to confirm their stability on the sea floor.

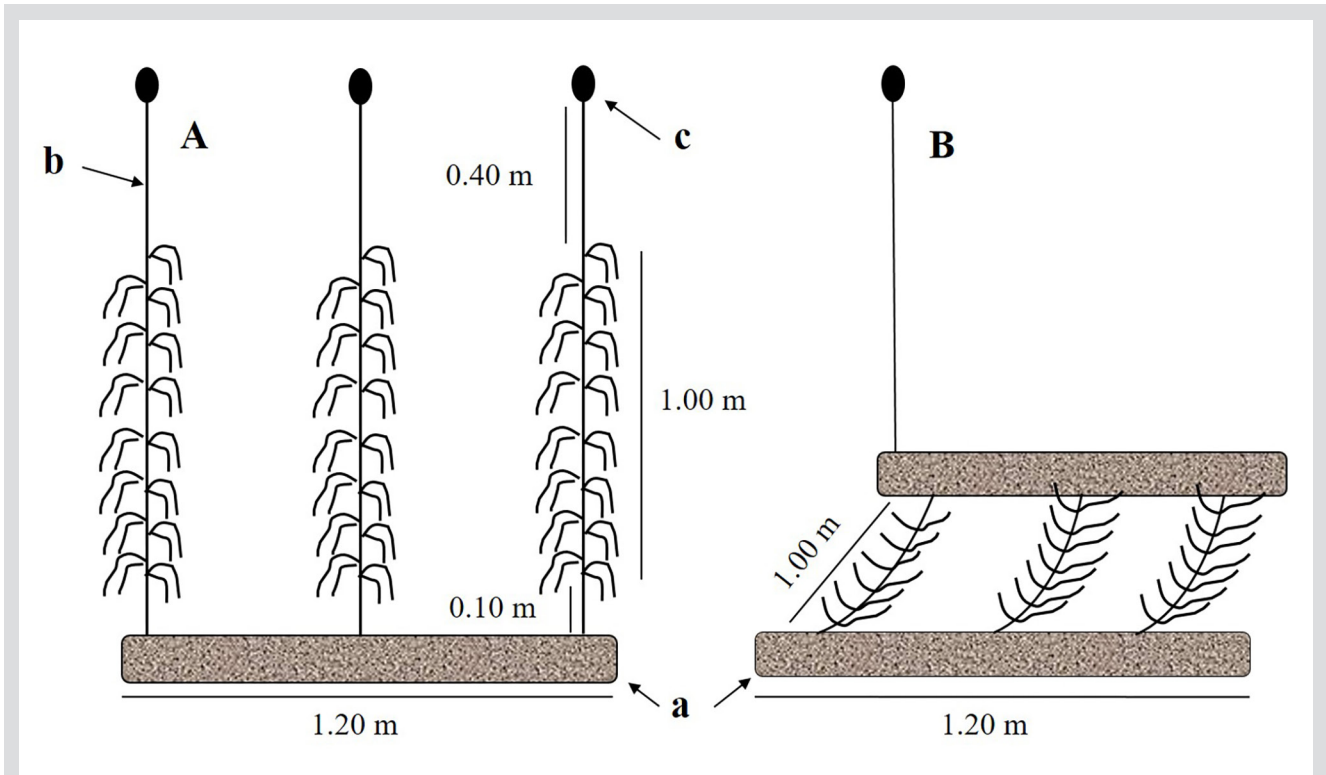


Figura 2. Sistema de cultivo suspendido (A) y fondo (B) de *C. chamissoi*. **a:** manga rellena con piedras de cantera; **b:** cuerda cubierta de “yuyo” (UM); **c:** boya.

Figure 2. Suspended (A) and bottom (B) cultivation systems for *C. chamissoi*. **a:** Sleeve filled with quarry stones; **b:** string covered with yuyo (SU); **c:** buoy.

Evaluación de la capacidad regenerativa

Colecta y traslado

La toma de muestra se realizó mediante buceo semiautónomo y en forma aleatoria cortando manualmente los ejes y ramas principales de las plantas, procurando no extraer el disco basal, según indica Acleto (1986); y extrayendo todos los ejemplares de mayor longitud en la cuerda (‘metro lineal’). Posteriormente se marcaron las UM para su seguimiento, evaluando un total de 18 UM/mes.

Se realizó una poda inicial a las UM (agosto de 2019, invierno) para propiciar su primera regeneración. Luego de ello se realizaron dos post-cosechas (podas) en noviembre de 2019 (primavera) y febrero de 2020 (verano) podando o extrayendo solo los ejes y ramas principales, dejando en promedio 4-5 cm de longitud de *C. chamissoi*. La biomasa colectada de cada UM fue puesta en bolsas ziploc rotuladas, separadas por sistema de cultivo, y llevadas al Licma en un contenedor térmico a una temperatura no inferior a 10 °C para su caracterización.

Evaluation of regenerative capacity

Collection and transport

Sampling was carried out via semi-autonomous diving and randomly, manually cutting the main axes and branches of the plants, taking care not to remove the basal disk, as indicated by Acleto (1986), and extracting all specimens longer than the string (‘linear meter’). Then, the SUs were marked for monitoring. We evaluated a total of 18 SUs per month.

An initial pruning of the SUs was carried out (August 2019, winter) to favor their first regeneration. Afterwards, two post-harvest prunings were performed in November 2019 (spring) and February 2020 (summer), cutting or extracting only the axes and main branches, leaving a 4-5 cm length of *C. chamissoi* on average. The biomass collected from each SU was placed in labeled Ziploc bags, which were separated by cultivation system and taken to the LICMA in a thermal container at a temperature no lower than 10 °C for characterization.

Pretratamiento

En el Licma las muestras fueron lavadas con agua de mar, extrayendo al máximo cualquier resto e impureza que pudiera afectar el registro de la biomasa húmeda. Así mismo se realizó la separación macroscópica por fase del ciclo de vida mediante la diferenciación de frondas tales como plantas cistocárpica = C, tetraspórica = T y fronda vegetativa = V (Acleto, 1986; Bulboa y Macchiavello, 2006).

Toma de variables biométricas

Se realizaron monitoreos mensuales para la toma de datos de crecimiento *in-situ*, registrando la longitud (cm) de todos los individuos podados y, paralelamente, se realizó el mantenimiento de estos (limpieza de epibiontes y sedimentos). Posterior a la poda (cada tres meses), se registró la longitud (cm) con ayuda de un vernier y la biomasa (g), además de la biomasa acumulada ($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$), con una balanza electrónica de 0.01 g de precisión en las instalaciones del Licma (*ex-situ*) considerando la fase del talo.

Evaluación de la Tasa de Crecimiento Específico (TCE)

Utilizando datos de longitud, la capacidad regenerativa se expresó mediante el cálculo de la Tasa de Crecimiento Específico (TCE) tomando como referencia la ecuación propuesta por Orduña-Rojas y Robledo (1999):

$$TCE (\%) = \left(\ln \left(\frac{L_2}{L_1} \right) * t^{-1} \right) \times 100$$

Donde

L_2 = longitud final

L_1 = longitud inicial

t = tiempo.

Análisis estadístico

Se hizo uso del programa estadístico RStudio. Los datos de longitud, biomasa, TCE y fase fueron analizados mediante las pruebas de normalidad (Test Jarque-Bera) y homocedasticidad (Test de Bartlett). Para el caso de datos de biomasa durante la primera cosecha se realizó la prueba T-Student y para longitud la prueba U de Mann-Whitney; para la segunda cosecha al no cumplirse con los supuestos de normalidad y homocedasticidad se realizó la prueba U Mann-Whitney. Para el análisis de la morfología de especímenes de *C. chamissoi* en base a los datos de longitud y biomasa, se realizó un ANOVA de dos vías para los datos con distribución normal; y prueba SRH para datos no paramétricos.

Pretreatment

In the LICMA, the samples were washed with seawater, extracting any trace and impurity that could affect the measurement of the wet biomass. Likewise, macroscopic separation by lifecycle phases was performed by differentiating fronds such as cystocarpic (C), tetrasporic (T), and vegetative (V) plants (Acleto, 1986; Bulboa and Macchiavello, 2006).

Biometric variables

Monthly monitoring was carried out for *in situ* growth data collection, recording the length (cm) of all pruned individuals while performing maintenance tasks (cleaning of epibionts and sediments). After pruning (every three months), the length (cm) was recorded with the help of a vernier, and the biomass (g), as well as the accumulated biomass, was measured using a digital balance with a 0.01 g accuracy. This was done in the facilities of LICMA (*ex situ*), considering the phase of the thallus.

Evaluating the specific growth rate (SGR)

Using length data, the regenerative capacity was expressed by calculating the specific growth rate (SGR), taking the equation proposed by Orduña-Rojas and Robledo (1999) as reference:

$$SGR (\%) = \left(\ln \left(\frac{L_2}{L_1} \right) * t^{-1} \right) \times 100$$

Where:

L_2 = final length

L_1 = initial length

t = time

Statistical analysis

The RStudio software was used. The length, biomass, SGR, and phase data were analyzed via normality (Jarque-Bera) and homoscedasticity (Bartlett) tests. For the biomass data, the T-Student test was carried out during the first harvest, and, for the length data, the Mann-Whitney U test was conducted. As for the second harvest, since the assumptions of normality and homoscedasticity were not fulfilled, the Mann-Whitney U test was performed. To analyze the morphology of *C. chamissoi* individuals based on length and biomass data, a two-way ANOVA was carried out for the data with a normal distribution, as well as an SRH test for non-parametric data.

RESULTADOS

Caracterización morfológica de los especímenes

La caracterización e identificación de la fase de desarrollo de las plantas de *C. chamissoi* fue a nivel macroscópico: a las frondas con ausencia de estructuras reproductivas se les denominó vegetativas (V); las frondas con presencia de cistocarpos se les denominó carpospóricas (C); y las frondas con presencia de soros tetrasporangiales fueron denominadas tetraspóricas (T). Las plantas carpospóricas y tetraspóricas mostraron un talo ancho/grueso, a diferencia de

RESULTS

Morphological characterization of the specimens

The characterization and identification of the development phase of the *C. chamissoi* plants was performed at the macroscopic level: the fronds with no reproductive structures were labeled as *vegetative* (V); those with the presence of cystocarps were labeled as *carposporic* (C); and those with the presence of tetrasporangial sori were labeled as *tetrasporic* (T). Carposporic and tetrasporic plants showed a wide/thick thallus, unlike the vegetative ones,

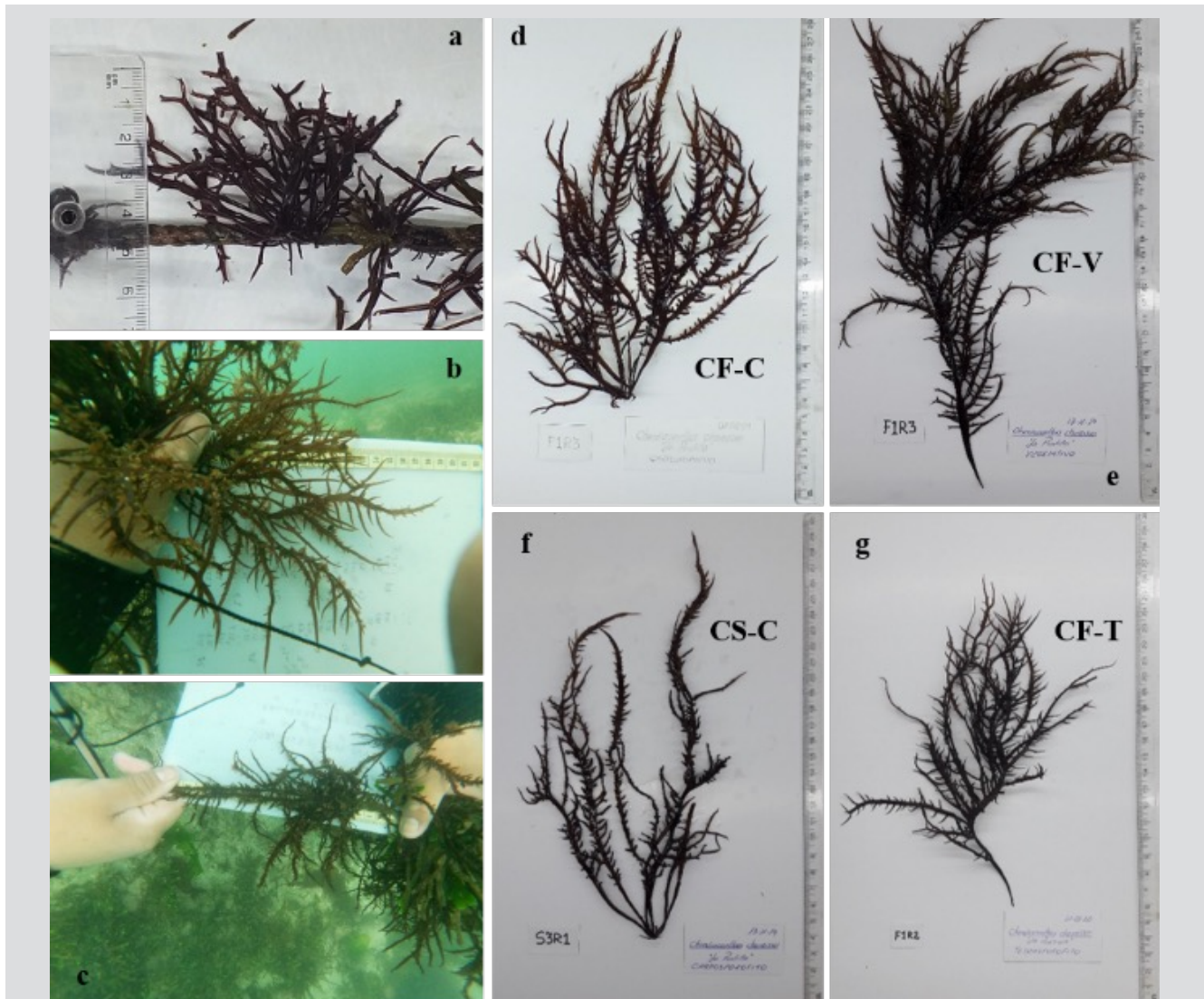


Figura 3. Proceso de monitoreo de *C. chamissoi*: **a:** talla al inicio del experimento tras la poda inicial (agosto 2019); **b:** medición durante el monitoreo 1 (setiembre 2019); **c:** medición durante el monitoreo 2 (octubre 2019); **d:** individuo proveniente de la poda inicial (agosto 2019); **e y f:** individuos provenientes de la post-cosecha 1 (noviembre 2019); **g:** individuo proveniente de la post-cosecha 2 (febrero 2020). *CF: cultivo de fondo; CS: cultivo suspendido; C: fronda carpospórica; V: fronda vegetativa; T: fronda tetraspórica.

Figure 3. Monitoring process for *C. chamissoi*: **a:** size at the beginning of the experiment after the initial pruning (August 2019); **b:** measurement during monitoring 1 (September 2019); **c:** measurement during monitoring 2 (October 2019); **d:** individual from the initial pruning (August 2019); **e and f:** individuals from post-harvest 1 (November 2019); **g:** individual from post-harvest 2 (February 2020). *CF: bottom cultivation, or BC; CS: suspended cultivation, or SC; C: carposporic frond; V: vegetative frond; T: tetrasporic frond.

los talos vegetativos; prevaleciendo la coloración marrón-verdoso. En su mayoría los especímenes presentaron talos multiaxiales, originando más de dos ejes principales con ramificaciones de diferente tamaño (Figura 3).

Parámetros fisicoquímicos

Entre el inicio del experimento hasta la primera post-cosecha (invierno-primavera, agosto a noviembre 2019) la temperatura promedio fue de 17.5 °C y la salinidad promedio fue de 35.1. Hasta la segunda post-cosecha (primavera-verano, noviembre 2019 a febrero 2020), la temperatura promedio registrada fue de 20.5 °C, con una salinidad promedio de 34.7.

Variables biométricas y Tasa de Crecimiento Específico (TCE)

Primera post-cosecha

La biomasa y longitud promedio inicial antes de la primera post-cosecha, fue de 1.02 ± 0.87 g y 4.68 ± 1.01 cm para CF respectivamente, mientras que para CS fue de 1.50 ± 0.67 g y 4.28 ± 1.07 cm sin encontrar diferencias significativas (biomasa: $p = 0.09$; longitud: $p = 0.35$). Se pudo observar en la primera post-cosecha para CS (primavera 2019), 103 días posteriores a la poda inicial, que *C. chamissoi* presentó una longitud promedio de 23.91 ± 5.78 cm y una biomasa acumulada promedio de 631.6 ± 81.3 g.m⁻¹ (N = 157), encontrándose diferencias significativas (longitud: $p = 3e^{-5}$; biomasa: $p = 0.003$) con respecto a CF en donde se obtuvo una longitud promedio de 21.10 ± 7.50 cm y una biomasa acumulada promedio de 256.5 ± 33.6 g m⁻¹ (N = 128, Figura 4) mientras que la TCE de la longitud resultó ser no significativa para ambos tratamientos ($p = 0.13$).

with a prevalence of a brown-greenish coloration. Most specimens exhibited multiaxial thalli, producing more than two main axes with branches of different sizes (Figure 3).

Physicochemical parameters

Between the beginning of the experiment and the first post-harvest (winter-spring, August to November 2019), the average temperature was 17.5 °C, and the average salinity was 35.1. Until the second post-harvest (spring-summer, November 2019 to February 2020), the recorded average temperature was 20.5 °C, with an average salinity of 34.7.

Biometric variables and specific growth rate (SGR)

First post-harvest

For BC, the initial biomass and length before the first post-harvest were 1.02 ± 0.87 g and 4.68 ± 1.01 cm, respectively, while, for SC, the reported values were 1.50 ± 0.67 g and 4.28 ± 1.07 cm, with no significant differences found (biomass: $p = 0.09$; length: $p = 0.35$). In the first SC post-harvest (spring 2019), 103 days after the initial pruning, it could be observed that *C. chamissoi* exhibited an average length of 23.91 ± 5.78 cm and an average accumulated biomass of 631.6 ± 81.3 g.m⁻¹ (N = 157), finding significant differences (length: $p = 3e^{-5}$; biomass: $p = 0.003$) with regard to BC, which reported an average length of 21.10 ± 7.50 cm and an average accumulated biomass of 256.5 ± 33.6 g m⁻¹ (N = 128, Figure 4). Meanwhile, the SGR of the length was not significant for both treatments ($p = 0.13$).

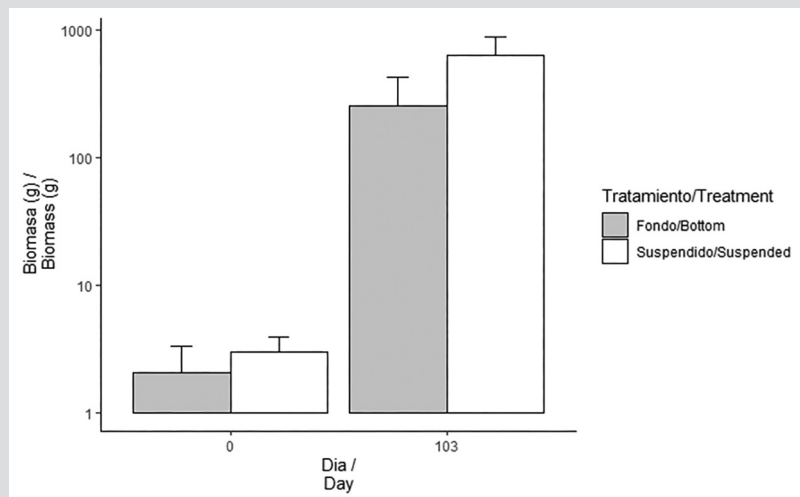


Figura 4. Biomasa de *C. chamissoi* para el inicio y primera post-cosecha, después de 103 días de crecimiento (L_{10} -Logaritmo en base 10).

Figure 4. Biomass of *C. chamissoi* for the beginning of the experiment and the first post-harvest, after 103 days of growth (L_{10} -base 10 logarithm).

Segunda post-cosecha

La longitud inicial para el desarrollo de la segunda post-cosecha fueron de 5.44 ± 0.65 cm y 5.63 ± 0.75 cm para CF y CS respectivamente. Luego de 102 días, se realizó la segunda post-cosecha durante el verano de 2020, cuando no se registraron diferencias significativas ($p = 0.25$) entre los dos tipos de cultivos, aunque la longitud de fronda en CS fue levemente superior (16.23 ± 3.68 cm) a las de CF (15.73 ± 4.25 cm). Por otro lado, para el análisis de biomasa se encontraron diferencias significativas ($p = 0.046$) en los resultados finales para CS y CF obteniendo como biomasa promedio 160.2 ± 180 $g\cdot m^{-1}$ y 59.4 ± 110 $g\cdot m^{-1}$, respectivamente. Finalmente, al igual que la primera post-cosecha, los valores de TCE no mostraron diferencias significativas entre cultivos ($p = 0.10$) (Tabla 1) (Figura 5).

Tabla 1. Longitud promedio (cm), biomasa acumulada promedio ($g\cdot m^{-1}$) y TCE ($\% \cdot día^{-1}$) en cultivo suspendido (CS) y cultivo de fondo (CF). La cosecha 1 se realizó 103 días después de la poda inicial, mientras que la cosecha 2 se realizó 102 días después de la primera cosecha. Tamaños muestrales: Cosecha 1: CS (n = 157), CF (n = 128); Cosecha 2: CS (n = 157), CF (n = 93).

Sistema de cultivo / Cultivation system	Longitud / Length (cm)		Biomasa acumulada / Accumulated biomass ($g\cdot m^{-1}$)		TCE ($\% \cdot día^{-1}$) / SGR ($\% \cdot day^{-1}$)	
	Post-cosecha 1 / Post-harvest 1 (Nov 2019)	Post-cosecha 2 / Post-harvest 2 (Feb 2020)	Post-cosecha 1 / Post-harvest 1 (Nov 2019)	Post-cosecha 2 / Post-harvest 2 (Feb 2020)	Post-cosecha 1 / Post-harvest 1 (Nov 2019)	Post-cosecha 2 / Post-harvest 2 (Feb 2020)
CS / SC	23.91 ± 5.78	16.23 ± 3.68	631.6 ± 81.3	160.2 ± 180	1.67	1.06
CF / BC	21.10 ± 7.50	15.73 ± 4.25	256.5 ± 33.6	59.4 ± 110	1.47	1.02

Proporción de fases reproductivas en los sistemas de cultivo

Al realizar la primera poda (agosto 2019) se observó la predominancia de frondas vegetativas (55.52 % para el CF y 50.20 % para el CS), seguido de frondas carpospóricas (CF = 34.55 %; CS = 38.44 %) y frondas tetraspóricas (CF = 9.93 %; CS = 11.36 %) (Tabla 2). La primera post-cosecha (noviembre 2019) para CF se encontró que predominan las frondas vegetativas, seguidas de las plantas carpospóricas y finalmente la plantas tetraspóricas; mientras que para CS se observa lo siguiente: fase carpospórica -> talos vegetativos -> fase tetraspórica. Para biomasa (ANOVA) y longitud (SHR y Comparaciones Múltiples) se encontraron diferencias significativas entre sistemas de cultivo (ANOVA: $p = 0.001$; SHR: $p = 0.01$) y ciclo de vida (ANOVA: $p = 0.0006$; SHR: $p = 0.02$) (Fig. 6A y 6B) (Tabla 2 y 3).

Second post-harvest

The initial length for the second post-harvest were 5.44 ± 0.65 cm and 5.63 ± 0.75 cm for BC and SC, respectively. After 102 days, the second post-harvest was carried out (during the summer of 2020), and no significant differences between the two types of cultures were recorded ($p = 0.25$), although the frond length in SC was slightly greater (16.23 ± 3.68 cm) than that of BC (15.73 ± 4.25 cm). On the other hand, in the biomass analysis, significant differences were found ($p = 0.046$) in the final results for SC and BC, obtaining average biomass values of 160.2 ± 180 $g\cdot m^{-1}$ and 59.4 ± 110 $g\cdot m^{-1}$, respectively. Finally, like in the first post-harvest, the SGR showed no significant difference between cultures ($p = 0.10$) (Table 1) (Figure 5).

Table 1. Average length (cm), average accumulated biomass ($g\cdot m^{-1}$), and SGR ($\% \cdot day^{-1}$) in suspended (SC) and bottom (BC) cultures. Post-harvest 1 was carried out 103 days after the initial pruning, while post-harvest 2 was conducted 102 days after the first harvest. Sample sizes: post-harvest 1: SC (n = 157), BC (n = 128); post-harvest 2: SC (n = 157), BC (n = 93).

Proportion of reproductive phases in the cultivation systems

When the first pruning was carried out (August 2019), the predominance of vegetative fronds was observed (55.52 % for BC and 50.20 % for SC), followed by carposporic fronds (BC = 34.55 %; SC = 38.44 %) and tetrasporic fronds (BC = 9.93 %; SC = 11.36 %) (Table 2). The first post-harvest (November 2019) for BC showed a predominance of vegetative fronds, followed by carposporic plants and, finally, tetrasporic plants. Meanwhile, for SC, the following was observed: carposporic phase -> vegetative thalli -> tetrasporic phase. Regarding biomass (ANOVA) and length (SHR and Multiple Comparisons), significant differences between cultivation systems (ANOVA: $p = 0.001$; SHR: $p = 0.01$) and lifecycles (ANOVA: $p = 0.0006$; SHR: $p = 0.02$) were found (Fig. 6A and 6B) (Tables 2 and 3).

Durante la segunda cosecha (febrero 2020) en CF y CS se observa una tendencia similar, predominan las frondas vegetativas, seguidas de la fase carpospórica y tetraspórica. La prueba SRH y comparaciones múltiples efectuada para la biomasa encontró diferencias significativas (ANOVA: $p = 0.03$; SHR: $p = 0.01$) entre el tipo de sistema de cultivo ($p = 0.03$), pero no para el ciclo de vida ($p = 0.06$), mientras que el ANOVA de dos vías no encontró diferencias significativas para la longitud respecto al tipo de sistema de cultivo ($p = 0.54$) ni para las fases de vida ($p = 0.33$) (Figura 6C y 6D) (Tabla 2 y 3).

During the second harvest (February 2020), a similar trend was observed in BC and SC: there is a predominance of vegetative fronds, followed by the carposporic and tetrasporic phases. The SRH and Multiple Comparisons test performed for the biomass showed significant differences (ANOVA: $p = 0.03$; SHR: $p = 0.01$) between cultivation systems ($p = 0.03$), but not between lifecycles ($p = 0.06$). Meanwhile, the two-way ANOVA found no significant differences for length with respect to the cultivation system ($p = 0.54$) or the lifecycle phases ($p = 0.33$) (Figures 6C and 6D) (Table 2 and 3).

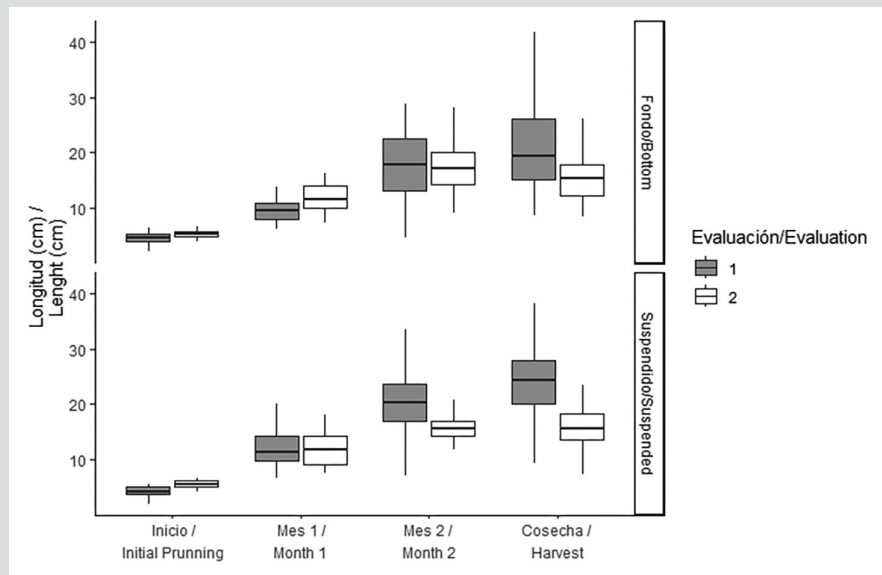


Figura 5. Longitud (cm) de *C. chamissoi* durante la primera y segunda cosecha. La evaluación 1 (cajas oscuras) corresponde al tiempo desde la poda inicial hasta la cosecha 1, mientras que la evaluación 2 (cajas blancas) corresponde al tiempo desde la cosecha 1 hasta la cosecha 2. El inicio corresponde a la poda inicial (evaluación 1, agosto 2019) y a la cosecha 1 (evaluación 2, noviembre 2019). Mes 1 y Mes 2 corresponden a los meses de monitoreo: septiembre y octubre 2019 para la evaluación 1; diciembre 2019 y enero 2020 para la evaluación 2.

Figure 5. Length (cm) of *C. chamissoi* during the first and second harvest. Evaluation 1 (dark boxes) corresponds to the time period from the initial pruning to harvest 1, while evaluation 2 (white boxes) corresponds to the time period between harvests 1 and 2. The start corresponds to the initial pruning (evaluation 1, August 2019) and harvest 1 (evaluation 2, November 2019). Month 1 and month 2 correspond to the months of monitoring: September and October 2019 for evaluation 1 and December 2019 and January 2020 for evaluation 2.

Tabla 2. Proporción por ciclo de vida de *C. chamissoi* calculada en base a la biomasa. V: fronda vegetativa; C: carposporofito; T: tetrasporofito.

Table 2. Proportion for each lifecycle of *C. chamissoi*, calculated based on biomass. V: vegetative frond; C: carposporophyte; T: tetrasporophyte.

Tipo Sistema / System type	Ciclo de vida / Lifecycle	Inicio / Start (%)	Post-cosecha 1 / Post-harvest 1 (%)	Post-cosecha 2 / Post-harvest 2 (%)
Suspendido / Suspended	V	50.2	40.76	47.73
	C	38.4	50.26	36.87
	T	11.4	08.99	15.40
Fondo / Bottom	V	55.5	48.19	42.36
	C	34.6	41.00	40.54
	T	9.9	10.81	17.10

Tabla 3. Biomasa ($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$) por ciclo de vida de *C. chamissoi*. V: frondas vegetativas; C: carposporofito; T: tetrasporofito.

Table 3. Biomass ($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$) for each lifecycle of *C. chamissoi*. V: vegetative fronds; C: carposporophyte; T: tetrasporophyte.

Sistema de Cultivo / Cultivation system	Ciclo de vida / Lifecycle	Biomasa / Biomass ($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$)		
		Poda inicial / Initial pruning	Cosecha 1 / Post harvest 1	Cosecha 2 / Post harvest 2
Suspendido / Suspended	V	80.62 ± 1.63	257.4 ± 72.9	76.5 ± 17.98
	C	61.73 ± 2.77	317.4 ± 110.2	59.1 ± 17.01
	T	18.24 ± 1.29	56.75 ± 23.4	24.7 ± 8.86
Fondo / Bottom	V	78.28 ± 2.79	123.6 ± 41.1	25.2 ± 11.48
	C	48.72 ± 2.88	105.2 ± 34.8	24.1 ± 5.87
	T	13.99 ± 1.07	27.74 ± 11.5	10.2 ± 2.89

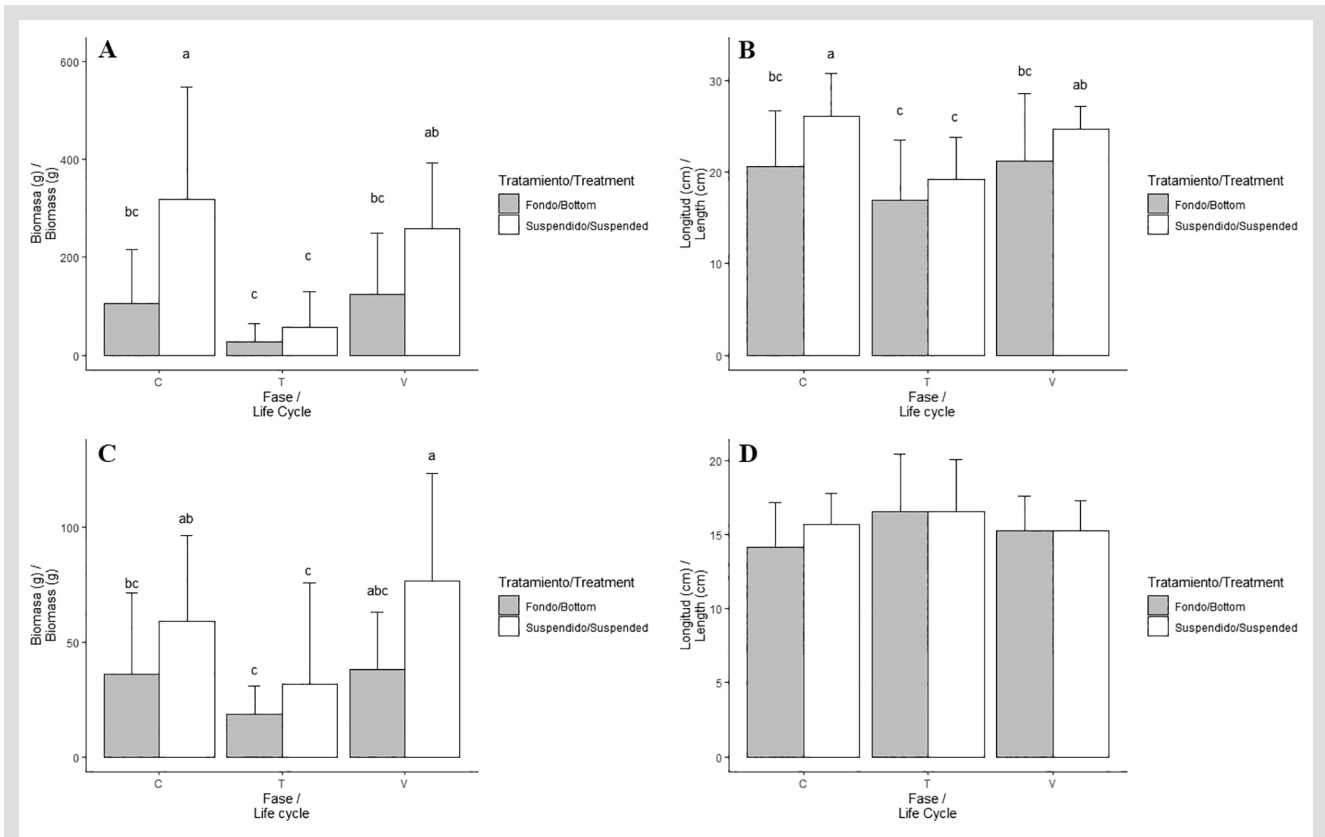


Figura 6. Biomasa (g) y longitud (cm) del ciclo de vida de *C. chamissoi* durante la primera (A y B) y segunda (C y D) cosecha en CS y CF; C: carposporofito; T: tetrasporofito; V: fronda vegetativa.

Figure 6. Biomass (g) and length (cm) for the lifecycle of *C. chamissoi* during the first (A and B) and second (C and D) harvest in SC and BC; C: carposporophyte; T: tetrasporophyte; V: vegetative frond.

DISCUSIÓN

Las UM tuvieron un monitoreo mensual hasta el tercer mes, cuando, para la primera post-cosecha, se registró una longitud promedio en el alga de 21.10 ± 7.50 cm para CF y 23.91 ± 5.78 cm para CS. Estos resultados son similares a los obtenidos por la empresa Acuisur S.A.C. en San Juan de Marcona (22.5 cm de longitud en promedio) pero en cinco meses de cultivo (Zapata, 2018). Por otra parte, Cahui (2018) registra crecimientos promedio de 17-18 cm durante 65 días en CS en la costa sur de Perú, valores similares a lo obtenido en la segunda cosecha en este trabajo (promedio 16.23 ± 3.68 cm para CS en 3 meses).

Una de las ventajas que presentan las algas y que facilitan su cultivo es la ausencia de diferenciación de tejidos, lo cual facilita la propagación vegetativa; la maleabilidad de sus ciclos de reproducción y la variabilidad de su metabolismo (Machado, 2015). Para el caso de *C. chamissoi*, la ventaja es su rapidez en el proceso de cicatrización, el cual evita la infestación de contaminantes o patógenos que pueden retrasar la regeneración (Sáez *et al.*, 2015), y los tiempos de recuperación son dependiente de la extensión del daño (Mooney y Staden, 1985; Sáez *et al.*, 2015), la edad del alga y de la presencia de compuestos antioxidantes como los florotaninos (Halm *et al.*, 2011); recomendando el uso de ejemplares juveniles (Fletcher y Fletcher, 1975). Los ejemplares utilizados para el desarrollo del trabajo no tenían cosechas anteriores, lo cual favoreció su crecimiento. Para el caso de otras algas, como *Fucus* sp. la regeneración de ramas adventicias de la superficie de la herida es un proceso lento (Fulcher y McCully, 1969) y dependiente de la distancia al ápice vegetativo, resultando mejor realizar cortes cercanos al ápice. En el caso de *Agarophyton chilense* (ex *Gracilaria chilensis*), no se encontraron diferencias significativas entre las longitudes de fragmentos cortados con y sin puntas apicales durante sus procesos de regeneración (Santelices y Varela, 1995). Por otro lado, Correa *et al.* (1999) lograron mejorar el tiempo de regeneración de fragmentos (del centro y del borde del alga) de *Gigartina skottsbergii* con temperatura de 15 °C e irradiancia de $5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, así como en hapterios cortados. Asimismo, en *Gracilariopsis lemaneiformis* la regeneración se realiza a partir de la rama principal, la cual crece formando ramas secundarias, las cuales en posteriores procesos de cortes pueden asumir la capacidad regenerativa de una rama principal (Zhou *et al.*, 2016). Por lo tanto, el mecanismo de regeneración es característico en cada especie de alga.

DISCUSSION

The SUs underwent monthly monitoring until the third month. At this time, in the first post-harvest, an average algae length of 21.10 ± 7.50 cm was recorded for BC, as well as 23.91 ± 5.78 cm for SC. These results are similar to those obtained by the Acuisur S.A.C. company in San Juan de Marcona (average length of 22.5 cm), albeit after five months of cultivation (Zapata, 2018). On the other hand, Cahui (2018) recorded average growths of 17-18 cm after 65 days in SC in Peru's southern coast. These values are similar to those obtained in this work for the second harvest (16.23 ± 3.68 cm on average for SC in three months).

One of the advantages of algae which facilitate their cultivation is the lack of tissue differentiation, facilitating vegetative propagation, in addition to the malleability of their reproduction cycles and the variability of their metabolism (Machado, 2015). In the case of *C. chamissoi*, the advantage is its fast healing process, which prevents infestation by contaminants or pathogens that may delay regeneration (Sáez *et al.*, 2015). Moreover, its recovery times are dependent on the extent of the damage (Mooney and Staden, 1985; Sáez *et al.*, 2015), the age of the algae, and the presence of antioxidant compounds such as phlorotannins (Halm *et al.* 2011). Thus, the use of juvenile specimens is recommended (Fletcher and Fletcher, 1975). The specimens used in this work had seen no previous harvests, which favored their growth. In the case of other algae such as *Fucus* sp., the regeneration of adventitious branches on the surface of the wound is a slow process (Fulcher and McCully, 1969) that depends on the distance to the vegetative apex. Therefore, it is better to perform cuts near the apex. In the case of *Agarophyton chilense* (ex *Gracilaria chilensis*), no significant differences were found between the length of the fragments cut with or without apical tips during regeneration processes (Santelices and Varela, 1995). On the other hand, Correa *et al.* (1999) managed to improve the regeneration time of fragments (from the center and the edge of the algae) of *Gigartina skottsbergii*, with a temperature of 15 °C and an irradiance of $5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, as well in cut hapteria. Likewise, in *Gracilariopsis lemaneiformis*, regeneration takes place from the main branch, which grows while forming secondary branches. These branches, after later cuts, may assume the regenerative capacity of a main branch (Zhou *et al.*, 2016). Therefore, each algae species has its own characteristic regeneration mechanism.

La pared celular de *C. chamissoi* está formada por dos capas: una interna maciza (esqueleto) y una externa (gelatinosa), ambos compuestos por polímeros de carbohidratos (Riofrío, 2003). Tal como lo menciona Acleto (1986), optar por una extracción o poda manual de los ejes o ramificaciones de mayor longitud, permite que los ejes más cortos puedan ser los encargados de mantener su crecimiento y/o propiciar su regeneración (Sáez *et al.*, 2015). Kling y Bodard (1987), indican que el proceso de regeneración en *Gracilaria verrucosa* depende de las células que se encuentran debajo de la zona afectada, siendo las células corticales (Collantes *et al.*, 2004) las encargadas de cumplir esta función. Fue sometida a poda cada tres meses y, tal como lo mencionan Gómez y Westermeier (1991), realizar podas intensivas no es recomendable, ya que el nivel energético del alga disminuye, siendo reflejado en procesos de cicatrización lentos y regeneración de frondas con tiempos cada vez más prolongados.

Los factores que afectan el proceso regenerativo son varios, desde el tipo de corte, el método de cosecha, los factores fisicoquímicos, la estacionalidad y el epifitismo, entre otros (Acleto, 1986; Gómez y Westermeier, 1991; Echegaray y Seoane, 1992; Lobban *et al.*, 1994; Correa *et al.*, 1999; Mantri *et al.*, 2011; Macchiavello *et al.*, 2017); ante ello se asume que la manipulación del hombre puede jugar un papel importante, ya que muchas veces una extracción intensa genera disminución de la biomasa en el área que a su vez afecta en la economía del extractor. La exposición del alga en zonas de baja profundidad y cercanas a la costa (Arbaiza *et al.*, 2019), afectó al desarrollo del trabajo disminuyendo la talla y biomasa en la post-cosecha 2 en ambos sistemas de cultivo.

El CS resultó ser mejor en el rendimiento en biomasa y longitud respecto de CF, con resultados similares a otras especies de algas rojas como *Kappaphycus alvarezii* y *Euclima denticulatum* (Kimathi *et al.*, 2018). Por otra parte, el mejor rendimiento en las cuerdas en CS también puede deberse a que estuvieron en contacto más cercano a la luz solar, lo cual favorece el crecimiento y desarrollo de *C. chamissoi* (Hurd *et al.*, 2014) gracias a su relación directa con los procesos de fotosíntesis, teniendo en consideración el fotoperiodo e irradiancia (Macchiavello *et al.*, 2017), demostrado en la mayor longitud y biomasa a menor profundidad en el presente estudio (Tabla 1). Así mismo, Bulboa y Macchiavello (2001) determinaron la relación directa que existe entre la tasa de crecimiento (TC) de *C. chamissoi* y el incremento de la temperatura, logrando la

The cell wall of *C. chamissoi* consists of two layers: an internal, solid layer and an external one (gelatinous). Both layers are composed of carbohydrate polymers (Riofrío, 2003). As mentioned by Acleto (1986), a manual extraction or pruning of the longest axes or branches allows the shorter axes to be responsible for maintaining growth and/or favor regeneration (Sáez *et al.*, 2015). Kling and Bodard (1987) indicate that the regeneration process of *Gracilaria verrucosa* depends on the cells below the affected area, with cortical cells (Collantes *et al.*, 2004) being responsible for fulfilling this function. The pruning to which this species was subjected took place every three months, and, as mentioned by Gómez and Westermeier (1991), performing few intensive prunings is not advisable, as the algae's energy level decreases, which translates into slow healing processes and increasingly prolonged frond regeneration times.

The factors affecting the regeneration process are diverse: from the type of cut to the harvesting method, physicochemical factors, seasonality, and epiphytism, among others (Acleto, 1986; Gómez and Westermeier, 1991; Echegaray and Seoane, 1992; Lobban *et al.*, 1994; Correa *et al.*, 1999; Mantri *et al.*, 2011; Macchiavello *et al.*, 2017). In light of this, it is assumed that human manipulation may play an important role, as an intense extraction often generates a biomass reduction in the area, which in turn affects the extractor's economy. The exposure of the algae to areas of low depth and close to the coast (Arbaiza *et al.*, 2019) affected our work by reducing the size and biomass in post-harvest 2 for both cultivation systems.

SC turned out to perform better than BC in terms of biomass and length, with results similar to those of other red algae species such as *Kappaphycus alvarezii* and *Euclima denticulatum* (Kimathi *et al.*, 2018). On the other hand, the better performance in the strings of SC may also be due to the fact that they were in closer contact with sunlight, which favors the growth and development of *C. chamissoi* (Hurd *et al.*, 2014) thanks to its direct relationship with photosynthesis processes, considering the photoperiod and the irradiance (Macchiavello *et al.*, 2017). This is demonstrated by the greater length and biomass occurring at lower depths in this study (Table 1). Likewise, Bulboa and Macchiavello (2001) determined the direct relationship between the growth rate (GR) of *C. chamissoi* and temperature increases, achieving the best GR (8-16 %/day) at a temperature of 25 °C. However, Pacheco-Ruiz *et al.* (2005) mentioned that fronds of *C. squarrosus* show rapid aging with increased temperature and irradiance.

mejor TC (8-16 %/día) a una temperatura de 25 °C. Sin embargo, Pacheco-Ruiz *et al.* (2005) hacen mención a que frondas de *C. squarulosus* muestran envejecimiento de forma rápida cuando la temperatura e irradiancia aumentan.

En otro estudio realizado por Macchiavello *et al.* (2003) se registra la producción de esporas en la especie durante todo el año, con un pico considerable en primavera y otro menor en verano. Ello se encuentra estrictamente relacionado al aumento en biomasa de la fase cistocarpica y luego en individuos vegetativos juveniles, muy similar a lo sucedido en el presente estudio, donde la ganancia de biomasa en la post-cosecha 1 (noviembre 2019, primavera) en CF y CS fue superior a lo obtenido en la post-cosecha 2 (febrero 2020, verano) (Tabla 3).

Trabajos realizados por la Universidad Católica del Norte con cuerdas provenientes de esporocultivo obtuvieron biomásas entre 217 a 300 g.m⁻¹ en intervalos de dos a cuatro meses a tres metros de profundidad, además, trabajos similares de cultivo vegetativo de *C. chamissoi* reportan resultados de 435 g.m⁻¹ en tres meses a tres metros de profundidad. Estos resultados son superiores a la cosecha 1 en CF (256 ± 33.6 g.m⁻¹) pero inferiores a CS (631 ± 81.3 g.m⁻¹), posiblemente relacionado a la cantidad de luz al que el CS es sometido al encontrarse a una menor profundidad (Saavedra *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

Se evidenció que *C. chamissoi* puede regenerarse y llegar a su talla de extracción en aproximadamente dos meses a través de podas manuales dejando en promedio 4-5 cm para propiciar su regeneración. Así mismo, los sistemas de cultivo suspendido (CS) presentan mejores rendimientos en biomasa y longitud. Sin embargo, la capacidad regenerativa disminuye con cada poda, por lo tanto se sugiere la siembra de nueva semilla luego de tres cosechas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico e Innovación (ProInnovate), Convenio N° 234-INNOVATEPERU-IAPIP-2017 “Desarrollo de un programa de producción de semilla y cultivo de *Chondracanthus chamissoi* ‘yuyo’ en la Bahía de Paracas, Pisco”, y la Universidad Científica del Sur (UCSUR N° 060-2022-PRO99).

Another study conducted by Macchiavello *et al.* (2003) records the production of spores in the species throughout the year, with a considerable peak in spring and a lower one in summer. This is strictly related to the increase in biomass in the cystocarpic phase and then in juvenile vegetative individuals, which is very similar to what occurred in this study, where the biomass gain of post-harvest 1 (November 2019, spring) was higher for BC and SC than that obtained in post-harvest 2 (February 2020, summer) (Table 3).

In works carried out by Universidad Católica del Norte with strings from spore culture, biomass values between 217 and 300 g.m⁻¹ were obtained in intervals of 2-4 months at 3 m deep. In addition, similar studies on the vegetative cultivation of *C. chamissoi* have reported results of 435 g.m⁻¹ in three months at depths of 3 m. These results are superior to those of harvest 1 in BC (256 ± 33.6 g.m⁻¹) but inferior to those of SC (631 ± 81.3 g.m⁻¹), which may be related to the amount of light to which SC is exposed, as it is at lower depths (Saavedra *et al.*, 2019).

CONCLUSIONS

It was evidenced that *C. chamissoi* can regenerate and reach its extraction size in approximately two months when manual pruning is performed, leaving 4-5 cm on average to facilitate regeneration. In addition, suspended cultivation systems exhibit a better performance in terms of biomass and length. Nevertheless, regenerative capacity decreases with each pruning, which is why sowing new seeds after three harvests is recommended.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded through the National Program for Technological Development and Innovation (ProInnovate), Agreement No. 234-INNOVATEPERU-IAPIP-2017, titled Development of a program for producing seeds and cultures of *Chondracanthus chamissoi*, ‘yuyo’, in Paracas bay, Pisco, and by Universidad Científica del Sur (UCSUR N° 060-2022-PRO99).

BIBLIOGRAFÍA / LITERATURE CITED

- Acleto, C. 1986. Algunos aspectos biológicos de *Gigartina chamissoi* (C. Ag) J. Agardh (Rhodophyta, Gigartinales). Rev. de Cien. UNMSM, 74: 38-47. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bivirtualdata/publicaciones/rev_ciencias/v74_n1/a04.pdf
- Acleto, C. 1988. Aspectos fitogeográficos y taxonómicos de las algas marinas de Perú. Gayana Bot., 45: 143-146.
- Arakaki, N., P. Gil-Kodaka, P. Carbajal, A. Gamarra y M.E. Ramírez. 2018. I-Rhodophyta: 33-102. En: Macroalgas de la costa central del Perú. Univ. Nal. Agr. La Molina, Lima. 128 p.
- Arbaiza, S. 2016. Viabilidad reproductiva para el cultivo de *Chondracanthus chamissoi* proveniente de tres poblaciones del litoral peruano. Tesis MSc Acui., Univ. Nal. Agr. La Molina, Lima. 114 p. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2772>
- Arbaiza, S., P. Gil-Kodaka, N. Arakaki y K. Alveal. 2019. Primeros estadios de cultivo a partir de carposporas de *Chondracanthus chamissoi* de tres localidades de la costa peruana. Rev. Biol. Mar. Oceanogr., 54: 204-213. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.2.1901>
- Ávila, M.; M. Piel, J. Caceres and K. Alveal. 2011. Cultivation of the red alga *Chondracanthus chamissoi*: Sexual reproduction and seedling production in culture under controlled conditions. J. Appl. Phycol., 23: 529-536. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9628-1>
- Ávila-Peltroche, J. and J. Padilla-Vallejos. 2020. The seaweed resources of Peru. Bot. Mar., 63(4): 381-394. <https://doi.org/10.1515/bot-2020-0026>
- Basaure, H., J. Macchiavello, C. Sepúlveda, F. Sáez, D. Yáñez, L. Vega and C. Martín. 2021. Sea bottom culture of *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta: Gigastinales) by vegetative propagation at Puerto Aldea, Tongoy Bay (Northern Chile). Aquac. Res., 52(5): 2025-2035. <https://doi.org/10.1111/are.15051>
- Bulboa, C. R. 2006. Bases bio-tecnológicas para o cultivo de *Chondracanthus chamissoi*, uma alga vermelha de importância econômica da costa chilena. Tesis Doc. Bot., Univ. São Paulo, São Paulo. 122 p. <https://repositorio.usp.br/item/001526148>
- Bulboa, C. and J. Macchiavello. 2001. The effects of light and temperature on different phases of the life cycle in the carrageenan producing alga *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales). Bot. Mar., 44(4): 371-374. <https://doi.org/10.1515/BOT.2001.047>
- Bulboa, C. and J. Macchiavello. 2006. Cultivation of cystocarpic, tetrasporic and vegetative fronds of *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) on ropes at two localities in northern Chile. Invest. Mar., 34(1): 109-112. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782006000100010>
- Bulboa, C.R., J.E. Macchiavello, E.C. Oliveira and E. Fonck. 2005. First attempt to cultivate the carrageenan-producing seaweed *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta; Gigartinales) in northern Chile. Aquac. Res., 36(11): 1069-1074. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01321.x>
- Bulboa, C., K. Véliz, F. Sáez, C. Sepúlveda, L. Vega and J. Macchiavello. 2013. A new method for cultivation of the carragenophyte and edible red seaweed *Chondracanthus chamissoi* based on secondary attachment disc: Development in outdoor tanks. Aquaculture, 410-411: 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.06.018>
- Buschmann, A.H., J. Correa, R. Westermeier, M. Hernández-González and R. Norambuena. 1999. Mariculture of red algae in Chile. J. World Aquacult. Soc., 30(2): 41-45.
- Cahui, J. 2018. Efecto del sustrato sobre el crecimiento de *Chondracanthus chamissoi* en cultivo en sistema suspendido en el litoral marino de Ilo. Tesis Ing. Pesq., Univ. Nal. Moquegua, Ilo. 65 p. <https://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/87>
- Calderón, M., M.E. Ramírez y D. Bustamante. 2010. Notas sobre tres especies de Gigartineae (Rhodophyta) del litoral peruano. Rev. Per. Biol., 17(1): 115-121. <https://doi.org/10.15381/rpb.v17i1.59>
- Candia, A., F. Galleguillos, M. Núñez y G. Aroca. 2006. Avances en el mejoramiento productivo del cultivo del «pelillo». Inst. Fomento Pesq. (IFOP), Chile, 26 p. https://www.researchgate.net/publication/280320103_Avances_en_el_mejoramiento_productivo_del_cultivo_del_pelillo
- Carbajal, W., J. De la Cruz y J. Galán. 2005. Prospección del recurso *Chondracanthus chamissoi* “cochayuyo” en la caleta de Chérrepe (Lambayeque), julio 2005. Inf. Inst. Mar Perú (Imarpe). 7 p.
- Castañeda, M., F. Díaz, S. Arbaiza y P. Baltazar. 2018. Evaluación del fotoperiodo en el asentamiento de tetraesporas de *Chondracanthus chamissoi* sobre cuerdas de polipropileno en condiciones semicontroladas de laboratorio. An. Cient., 79(2): 459-465. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1256>
- Collantes, G., C. Melo and A. Candia. 2004. Micropropagation by explants of *Gracilaria chilensis* Bird, McLachlan and Oliveira. J. Appl. Phycol., 16(3): 203-213. <https://doi.org/10.1023/B:JAPH.0000048506.58928.4d>
- Correa, J.A., J. Beltrán, A.H. Buschmann and R. Westermeier. 1999. Healing and regeneration responses in *Gigartina skottsbergii* (Rhodophyta, Gigartinales): Optimization of vegetative propagation for cultivation. J. Appl. Phycol., 11(3): 315-327. <https://doi.org/10.1023/A:1008106527820>
- Echegaray, J. y J. Seoane. 1992. Aspectos sobre la capacidad de regeneración de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau. Bot. Complut., 17: 47-53. <https://revistas.ucm.es/index.php/BOCM/article/view/BOCM9292110047A>
- Fletcher, R.L. and S.M. Fletcher. 1975. Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. II. Regenerative ability. Bot. Mar., 18(3): 157-162. <https://doi.org/10.1515/botm.1975.18.3.157>
- Flores, D., J. Zavala, S. Donayre, A. Guardia y H. Sarmiento. (2015). Evaluación poblacional de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh, 1820) en las bahías de Pisco y Paracas, otoño 2010. Inf. Inst. Mar. Perú (Imarpe), 42(4): 504-509. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2998>



- Fulcher, R.G. and M.E. McCully. 1969. Histological studies on the genus *Fucus*. IV. Regeneration and adventive embryony. *Canad. J. Bot.*, 47(11): 1643-1649. <https://doi.org/10.1139/b69-239>
- Gómez, I. and R. Westermeier. 1991. Frond regrowth from basal disc in *Iridaea laminarioides* (Rhodophyta, Gigartinales) at Mehuin, southern Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 73: 83-91. <https://doi.org/10.3354/meps073083>
- Guiry, M. D. 2024. How many species of algae are there? A reprise. Four kingdoms, 14 phyla, 63 classes and still growing. *J. Phycol.*, 00: 1-15. <https://doi.org/10.1111/jpy.13431>
- Halm, H., U. Luder and C. Wiencke. 2011. Induction of phlorotannins through mechanical wounding and radiation conditions in the brown macroalga *Laminaria hyperborea*. *Eur. J. Phycol.*, 46(1): 16-26. <https://doi.org/10.1080/09670262.2010.511277>
- Hurtado-Ponce, A. Q. 2002. Seaweed research at SEAFDEC/AQD. In: A.Q. Hurtado, N.G. Guanzon, Jr., T.R. de Castro-Mallare and M.R.J. Luhan (Eds.) *Proc. Nat. Seaweed Plan. SEAFDEC Aq. Dep., Tigbauan, Iloilo*. 100 p.
- Hurtado, A.Q. and A.B. Biter. 2007. Plantlet regeneration of *Kappaphycus alvarezii* var. adik-adik by tissue culture. *J. Appl. Phycol.*, 19(6): 783-786. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9269-1>
- Icochea, E. 2008. Bases biológicas para el manejo del recurso *Chondracanthus chamissoi* en el litoral marino de Huanchaco, departamento La Libertad, Perú. Tesis M. Sc. Univ. Nal. Trujillo, Trujillo, 50 p. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2285>
- Kimathi, A., J. Wakibia and M. Gichua. 2018. Growth rates of *Euचेuma denticulatum* and *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta; Gigartinales) cultures using modified off-bottom and floating raft techniques on the Kenyan coast. *WIO J. Mar. Sci.*, 17(2): 11-24. <https://doi.org/10.4314/wiojms.v17i2.2>
- Kling, R. and M. Bodard. 1987. Morphogenesis of the frond of *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenfuss: The differentiation of vegetative and sexual areas. *Hydrobiologia*, 151/152: 205-206. <https://doi.org/10.1007/BF00046129>
- Koste, F. 2017. Cultivo integrado de chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*) y trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en un sistema de recirculación acuícola (SRA), a nivel experimental en la región biobío. Tesis Ing. Civ. Biotec. Acuí. Univ. Cat. Sant. Concepción, Concepción. 65 p. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/1218>
- Kyoung, H.E., C.Y. Chul and S.C. Hyun. 1999. Reuse of holdfasts in *Hizikia* Cultivation. *J. Kor. Fish. Soc.*, 32(1): 112-116. <http://koreascience.or.kr/article/JAKO199923607621797.page>
- Lobban, C. S. and P.J. Harrison. 1994. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 385 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626210>
- Macchiavello, J., C.R. Bulboa and M. Edding. 2003. Vegetative propagation and spore-based recruitment in the carrageenophyte *Chondracanthus chamissoi* (Gigartinales, Rhodophyta) in northern Chile. *Phycol. Res.*, 51(1): 45-50. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1835.2003.00292.x>
- Macchiavello, J., C. Bulboa, C. Sepúlveda, K. Véliz, F. Sáez, L. Vega y R. Véliz. 2012. Manual de cultivo de *Chondracanthus chamissoi* (Chicoria de Mar). Alternativas tecnológicas para el estudio de *C. chamissoi* en la zona norte de Chile a partir de discos de fijación secundaria. Univ. Cat. Norte, Antofagasta. 44 p. https://sembrandoelmar.cl/web/wp-content/uploads/2021/02/Manual_chicoria_UCN.pdf
- Macchiavello, J., C. Sepúlveda, H. Basaure, F. Sáez, D. Yáñez, C. Marín and L. Vega. 2017. Suspended culture of *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta; Gigartinales) in Caleta Hornos (northern Chile) via vegetative propagation with secondary attachment discs. *J. Appl. Phycol.*, 30(2): 1149-1155. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1307-z>
- Machado, S. 2015. Producción de *Ulva* a partir de un sistema de recirculación acuícola. Condiciones hidrodinámicas y eliminación de nutrientes. Tesis Bach. Univ. Politèc. Catalunya, Castelldefels. 72 p. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/78244>
- Mantri, V.A., R.P. Singh, A.J. Bijo, P. Kumari, C.R.K. Reddy and B. Jha. 2011. Differential response of varying salinity and temperature on zoospore induction, regeneration and daily growth rate in *Ulva fasciata* (Chlorophyta, Ulvales). *J. Appl. Phycol.*, 23(2): 243-250. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9544-4>
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, R. Alvarado-Villanueva, M.D.R. Ortega-Murillo, J.G.A. Ceballos-Corona, J.D. Sánchez-Heredia y I. Méndez Guzmán. 2020. Lista actualizada y nuevos registros de las algas rojas (Rhodophyta) del litoral de Michoacán, México. *Rev. Mex. Biodivers.*, 91: e913353. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3353>
- Mooney, P. A. and J. van Staden. 1985. *In vitro* plantlet formation and multiple shoot induction in *Sargassum heterophyllum*. *S. Afr. J. Bot.*, 51(1): 41-44. [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(16\)31700-8](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(16)31700-8)
- Orduña-Rojas, J. and D. Robledo. 1999. Effects of irradiance and temperature on the release and growth of carpospores from *Gracilaria cornea* J. Agardh (Gracilariales, Rhodophyta). *Bot. Mar.*, 42(4): 315-319. <https://doi.org/10.1515/BOT.1999.035>
- Pacheco-Ruiz, I., J. Zertuche-González and J. Espinoza-Ávalos. 2005. The role of secondary attachment discs in the survival of *Chondracanthus squarulosus* (Gigartinales, Rhodophyta). *Phycologia*, 44(6): 629-631. [https://doi.org/10.2216/0031-8884\(2005\)44\[629:TROSAD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2216/0031-8884(2005)44[629:TROSAD]2.0.CO;2)
- Pariona, E. y P. Gil-Kodaka. 2011. Colonización de *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) sobre sustratos calcáreos en Playa Mendieta, Reserva Nacional de Paracas. *An. Cient.*, 72(1): 19-26. <https://doi.org/10.21704/ac.v72i1.854>
- Ram, M., M.R. Vijayaraghavan and S.B. Babbar. 2000. Wound response and regeneration in *Coelarthrum opuntia*. *Aquat. Bot.*, 68(4): 345-351. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(00\)00117-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(00)00117-0)

- Ramírez, M.E. y B. Santelices. 1991. Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa temperada del Pacífico de Sudamérica. Fac. Cienc. Biol., Pont. Univ. Cat. Chile, Santiago. 437 p. https://www.si.edu/object/siris_sil_931584
- Riofrío, O.L. 2003. Efecto de la variabilidad térmica sobre la biología vegetativa y reproductiva de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kutzing (Rhodophyta) en la bahía de Ancón, Perú. Tesis Biol. Univ. Nal. Mayor San Marcos, Lima. 47 p.
- Saavedra, S., P. Henríquez, P. Leal, F. Galleguillos, S. Cook y F. Cárcamo. 2019. Cultivo de macroalgas: diversificación de la acuicultura de pequeña escala en Chile. Inst. Fom. Pesq., Puerto Montt, 106 p. https://www.ifop.cl/wp-content/uploads/manuales/Manual_Macroalgas_IFOP.pdf
- Sáez, F. and J. Macchiavello. 2018. Secondary attachment discs: A new alternative for restoring populations of *Chondracanthus chamissoi* (Gigartinales, Rhodophyta). Lat. Am. J. Aquat. Res., 46(1): 140-146. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue1-fulltext-14>
- Sáez, F., D. Yáñez and J. Macchiavello. 2015. Regeneration of tetrasporophytic and female gametophytic frond of *Chondracanthus chamissoi* (Gigartinales, Rhodophyta). ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1511.2403>
- Santelices, B. and D. Varela. 1995. Regenerative capacity of *Gracilaria* fragments: Effects of size, reproductive state and position along the axis. J. Appl. Phycol., 7(5): 501-506. <https://doi.org/10.1007/BF00003935>
- Scrosati, R. 1999. Regeneration and reproduction of *Mazzaella cornucopiae* (Rhodophyta, Gigartineae) after frond harvesting. J. Appl. Phycol., 10(6): 531-537. <https://doi.org/10.1023/A:1008029632351>
- Torbom, L. and L. Olivera. 1993. Wound-healing in *Vaucheria longicaulis* Hopphaught var. *macounii* Blum. 2. Cytoplasmic streaming and organelle movement. New Phycol., 124(1): 135-148. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1993.tb03804.x>
- Vidal, L. y C. O’Ryan. 2015. Chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*): Situación y perspectivas. Innova Chile (CORFO), Santiago. 68 p. <http://repositoriodigital.corfo.cl/bitstream/handle/11373/9122/CHICOREA%20DE%20MAR%20-%20SITUACION%20Y%20PERSPECTIVAS%20vF.pdf?sequence=4>
- Yang, M. Y., E. C. Macaya and M. S. Kim. 2015. Molecular evidence for verifying the distribution of *Chondracanthus chamissoi* and *C. teedei* (Gigartineae, Rhodophyta). Bot. Mar., 58(2): 103-113. <https://doi.org/10.1515/bot-2015-0011>
- Yong, W.T.L., S.H. Ting, Y.S. Yong, V.Y. Thien, S.H. Wong, W.L. Chin, K.F. Rodrigues and A. Anton. 2014. Optimization of culture conditions for the direct regeneration of *Kappaphicus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae). J. Appl. Phycol., 26(3): 1597-1606. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0191-4>
- Zapata, J. C. (2018). Estudio comparativo en la propagación vegetativa de *Chondracanthus chamissoi* “YUYO” en tres tipos de sustrato en ambiente controlado en la región Moquegua. Tesis Ing. Pesq. Univ. Nal. Moquegua, Moquegua. 81 p. <http://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/75>
- Zhou, W., Z. Sui, J. Wang, Y. Hu, K.H. Kang, H.B. Kim and Z. Niaz. 2016. Mass cultivation of economically important red alga *Gracilariopsis lemaneiformis* (Gracilariaceae, Rhodophyta) from tetraspores and carpospores. Aquaculture, 460(25-31): 0044-8486. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.052>

RECIBIDO / RECEIVED: 24/08/2023

ACEPTADO / ACCEPTED: 16/04/2024