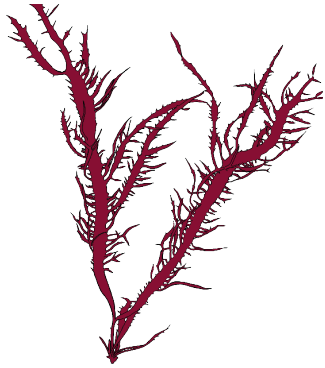


Producción de semillas de *Chondracanthus chamissoi*: cerrando el ciclo productivo para la acuicultura de la chicoria de mar

Cristian Bulboa, Loretto Contreras-Porcia , Marcela Avila,
Jean Pierre Remonsellez, Camilo Godoy, Patricia Arenas & Diego Videla





Primera Edición 2025
Derechos Reservados
ISBN: 978-956-6449-00-3

Editora de contenidos: Loretto Contreras-Porcia & Cristian Bulboa
Diseño editorial e ilustraciones: Fernanda X. Oyarzún
Fotografías portada e interior: Equipo Unab.
Cita: Bulboa C, Contreras-Porcia L, Avila M, Remonsellez J, Godoy C, Arenas P & Videla D. Producción de semillas de *Chondracanthus chamissoi*: cerrando el ciclo productivo para la acuicultura de la chicoria de mar. Santiago, Chile. ISBN: 978-956-6449-00-3; 40 pp. ANID Proyecto FONDEF IT23I0015.

Email para correspondencia: cbulboa@unab.cl

Universidad Andrés Bello
CIMARQ
CENTRO DE INVESTIGACIÓN MARINA QUINTAY
CONICYT Ministerio de Educación Gobierno de Chile
FONDEF Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico
UST UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

Producción de semillas de *Chondracanthus chamissoi*: cerrando el ciclo productivo para la acuicultura de la chicoria de mar



Semillas de *Chondracantus chamissoi* en el laboratorio.

INVESTIGADORES

Dr. Cristian Bulboa
Centro de Investigación Marina Quintay (CIMARQ),
Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andrés Bello

Dra. Loretto Contreras-Porcia
Centro de Investigación Marina Quintay (CIMARQ),
Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andrés Bello
Instituto Milenio en Socio-Ecología Costera (SECOS)
Centro de Ecología Aplicada & Sustentabilidad (CAPES)

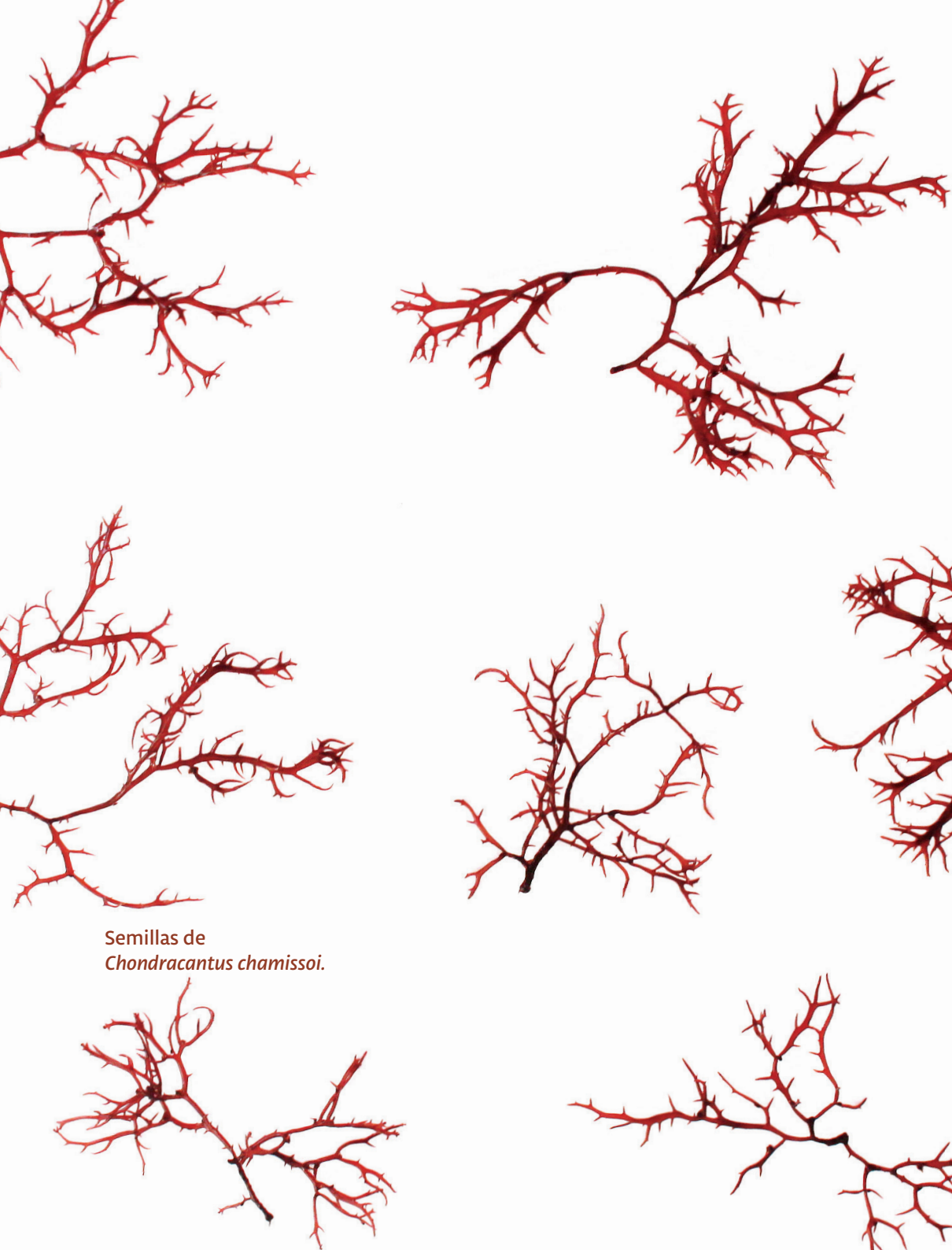
M.Sc. Marcela Avila
Centro Acuícola Pesquero de Investigación Aplicada (CAPIA),
Universidad Santo Tomás
Cape Horn International Center, Universidad de Magallanes (CHIC)

Dr. Jean Pierre Remonsellez
Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andrés Bello

Ing. Acuicultura Camilo Godoy
Centro de Investigación Marina Quintay (CIMARQ),
Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andrés Bello

M.Sc. Patricia Arenas
Centro de Investigación Marina Quintay (CIMARQ),
Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andrés Bello

Diego Videla
Magister en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias de la Vida,
Universidad Andrés Bello



Semillas de
Chondracantus chamissoi.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

Presentación 9

2. ACUICULTURA DE ALGAS ROJAS

Introducción a la acuicultura de algas rojas 13

3. MANEJO DE PRADERAS NATURALES Y CULTIVO A TRAVÉS DE LA FIJACIÓN SECUNDARIA:

El caso exitoso en *Chondracantus chamissoi* 17

4. TECNOLOGÍA DESARROLLADA EN EL MARCO DEL PROYECTO FONDEF IT IT23I0015

Diagnóstico del problema 23
Solución tecnológica propuesta 24
Resultados logrados 30
Impacto y proyecciones 32

5. REFERENCIAS 35

1. INTRODUCCIÓN

PRESENTACIÓN

Chondracanthus chamissoi (C Agardh) Kützing (chicoria de mar) es un alga roja presente en la costa de Chile que se caracteriza por presentar talos compuestos por uno o más ejes erectos que surgen de un disco o una base incrustada (Fig. 1). Estos ejes son inicialmente cilíndricos y pueden mantenerse así o aplanarse, con ramificación pinnada o forma foliosa, simples o con proliferaciones marginales o basales. Presentan papilas vegetativas o reproductivas. El crecimiento es multiaxial, mediante meristemas apicales y marginales, con filamentos corticales ramificados hacia el exterior sobre una red interna de filamentos medulares. Los soros tetraesporangiales se localizan en la corteza interna; los tetraesporangios se originan de filamentos corticales primarios y liberan tetraesporas a través de poros en la pared externa.

Las esporas haploides liberadas por los tetraesporófitos forman gametófitos masculinos y femeninos, los cuales, tras la fecundación, originan carpoesporófitos diploides (Fig. 2). Por tanto, *Chondracanthus chamissoi* presenta un ciclo de vida trifásico e isomórfico, compuesto de las fases tetraesporofito, gametofito y carpoesporofito (Fig. 2).



Figura 1. Imagen representativa de un ejemplar de *Chondracanthus chamissoi*.

Taxonomía

División: Rhodophyta (algas rojas)
Clase: Florideophyceae
Subclase: Rhodymeniophycidae
Orden: Gigartinales
Familia: Gigartinaceae
Género: *Chondracanthus*

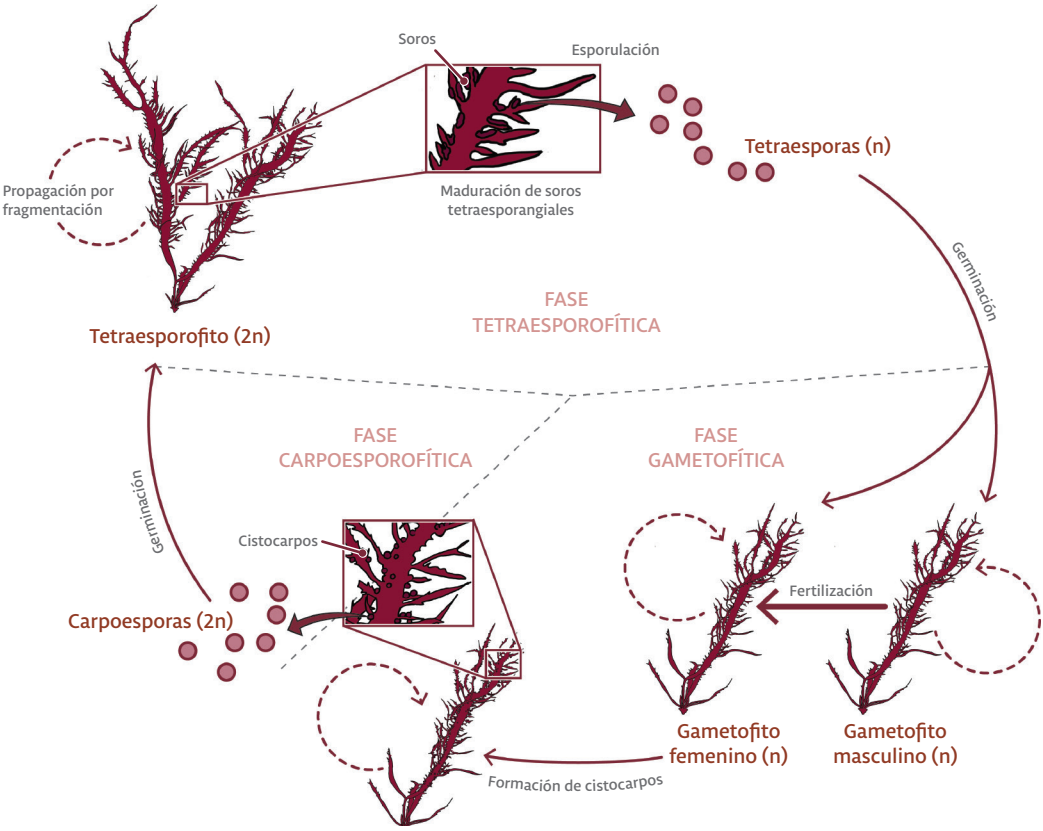


Figura 2. Esquematización del ciclo de vida de *Chondracantus chamissoi*. Modificado de Avila *et al.* (2018).

La distribución de estas especies se da principalmente en zonas intermareales bajas o submareales someras, tanto en costas expuestas como protegidas. Su fenología varía según el hemisferio, influenciada por factores como la temperatura, la radiación fotosintéticamente activa, la profundidad, la herbivoría y la epifitización. En verano, por ejemplo, las altas temperaturas y radiación pueden causar blanqueamiento y pérdida de biomasa (Avila *et al*., 2011; Bulboa *et al*., 2020; Guiry & Guiry 2025).



Ejemplar adulto de
Chondracantus chamissoi.

2. ACUICULTURA DE ALGAS ROJAS

INTRODUCCIÓN A LA ACUICULTURA DE ALGAS ROJAS

Las algas marinas se explotan en Chile desde la década del 50 y la extracción de aproximadamente 20 especies se ha realizado en forma ininterrumpida en el tiempo, principalmente desde las praderas naturales por pescadores artesanales (Oyarzo-Miranda *et al*., 2023; Contreras-Porcia *et al*., 2025). De las algas rojas que se explotan en Chile, hay aproximadamente 15 especies que se utilizan para el consumo humano o para la producción de ficocoloides (agar o carragenanos), llegando a ser una actividad productiva de alta importancia dentro de la pesquería nacional (Figura 3).

El cultivo de macroalgas en América Latina y el Caribe ha sido pobremente desarrollado hasta ahora; sin embargo, representa una oportunidad estratégica para contribuir a la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico de la región. La participación en producción de macroalgas provenientes de cultivos es muy baja alcanzando solo un 2%. Esta situación plantea

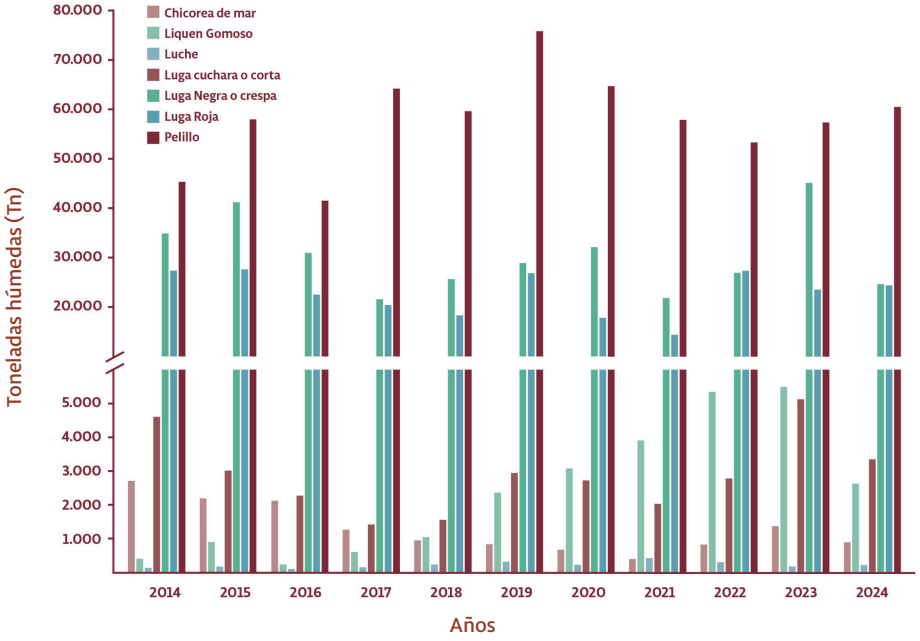


Figura 3. Desembarque de las principales algas rojas provenientes de praderas naturales en las costas de Chile según las estadísticas oficiales de SERNAPESCA en el periodo 2014-2024.

importantes desafíos, y también es una oportunidad si se considera la diversidad de ecosistemas marinos, de especies y de comunidades costeras con vínculos ancestrales con el uso de macroalgas de los distintos países (Lovatelli *et al*., 2025). Hoy en día existen diversas políticas públicas orientadas a impulsar y diversificar la Acuicultura de Pequeña Escala (APE) incluyendo el cultivo de macroalgas (D.S. N°96, 2015; Ley 20.925 y D.S. 45, 2021). Las técnicas de cultivo más utilizadas incluyen la propagación monoclonal por fragmentación de talos, siendo necesario incorporar tecnologías productivas que incluyan el cultivo de diferentes fases del ciclo de vida. Los sistemas de cultivo más utilizados son el cultivo suspendido en long line horizontal y vertical, y el cultivo de fondo (Saavedra *et al*., 2024). En otras especies de algas rojas como *Chondracanthus chamissoi*, se han desarrollado técnicas de propagación y cultivo por esporas para su cultivo (Bulboa & Macchiavello, 2006; Avila *et al*., 2018; Oyarzo *et al*., 2021); sin embargo, en el año 2024 por primera vez, aparece en las estadísticas producciones de cultivo comercial de la chicoria, registrándose un volumen de 1 tonelada en la Región de Atacama (Figura 4). Esto claramente señala una necesidad en el país de generar tecnologías que permitan el cultivo a nivel productivo de ésta y otras especies de algas rojas.

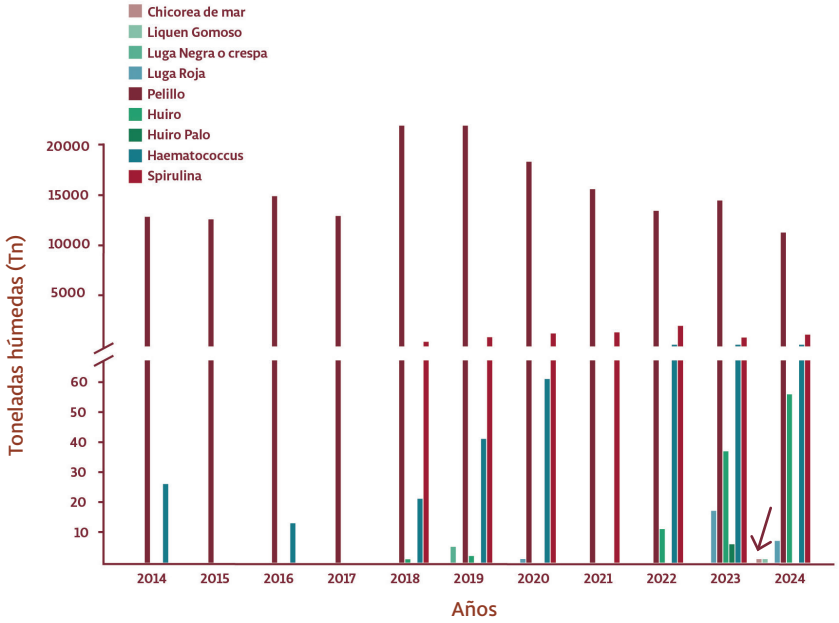


Figura 4. Producción comercial de las principales especies de macroalgas cultivadas en Chile en el periodo 2014-2024. La flecha indica la primera vez que aparece *Chondracanthus chamissoi* en las estadísticas de cultivo, registrándose en el año 2024 1 tonelada en la Región de Atacama. Fuente: www.sernapesca.cl

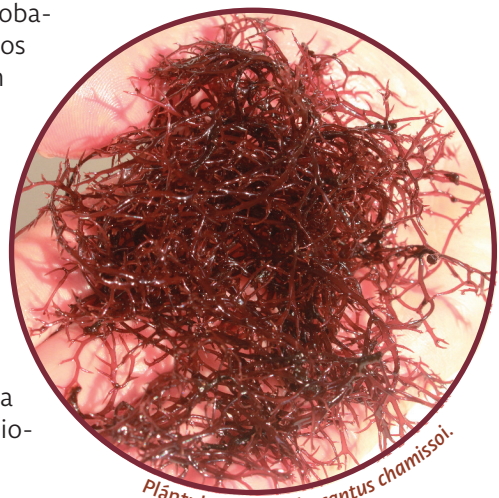


Placas de acrílico con *Chondracantus chamissoi* en sistema de cultivo.

3. MANEJO DE PRADERAS NATURALES Y CULTIVO A TRAVÉS DE LA FIJACIÓN SECUNDARIA

EL CASO EXITOSO de *Chondracantus chamissoi*

La recolección de *Chondracantus chamissoi* sigue siendo artesanal, sin procesos industriales. Su cosecha se basa en el corte manual o por buceo en zonas submareales, dejando la base del talo para fomentar el crecimiento y el rebrote (Ruiz-Ipanaque *et al*., 2024). Se han probado métodos de cultivo tanto vegetativos como por esporas, donde la propagación vegetativa ha mostrado mayor éxito en condiciones de laboratorio y de terreno (Ruiz-Ipanaque *et al*., 2024). Las estrategias de regeneración en macroalgas rojas no se limitan exclusivamente a la liberación y germinación de esporas, sino que también comprenden mecanismos vegetativos como la fijación secundaria y la fragmentación, los cuales pueden jugar un papel crucial en la persistencia y recolonización de poblaciones naturales (Bellorín *et al*., 2022).



Plántula de *Chondracantus chamissoi*.

En primer lugar, la regeneración por esporas, tanto carepoesporas (producto de la fase sexual) como tetraesporas (fase meiótica), representa un mecanismo clásico de dispersión y colonización, permitiendo el mantenimiento de ciclos de vida haplo-diplónticos en especies como *C. chamissoi* (Bulboa *et al*., 2020). Sin embargo, diversas especies han desarrollado estrategias vegetativas complementarias que aumentan su resiliencia frente a perturbaciones ambientales. Por ejemplo, la fragmentación natural o inducida por acción de oleaje, herbivoría o manejo antrópico, constituye un proceso efectivo de regeneración vegetativa en ambientes costeros dinámicos. Esta estrategia permite que fragmentos regeneren estructuras completas bajo condiciones adecuadas de luz, nutrientes y temperatura (Bellorín *et al*., 2022). Sin embargo, una de estas estrategias de reproducción de alto interés es aquella a través de **Discos de Fijación Secundaria (DFS)**, en la que fragmentos desprendidos del talo principal desarrollan rizoides funcionales capaces de anclarse nuevamente al sustrato, dando origen a nuevos individuos sin mediación de

reproducción sexual (Figura 5) (Robledo & Garcia-Reina, 1993; Perrone & Cecere, 1997; Pacheco-Ruíz *et al*., 2005; Sáez *et al*., 2008; Oyarzo *et al*., 2021).

Es importante mencionar, que la combinación de estos mecanismos sexuales y asexuales otorga a muchas macroalgas una plasticidad ecológica significativa, esencial para su éxito evolutivo y utilidad en programas de cultivo o restauración ecológica.

Para *C. chamissoi*, los primeros antecedentes sobre propagación asexual mediante DFS fueron reportados por Macchiavello *et al*. (2003), quienes evidenciaron el aporte de estas estructuras en ambientes submareales. Posteriormente, Sáez *et al*. (2008) y Fonck *et al*. (2008) demostraron que, además de cumplir una función de anclaje, los DFS tienen la capacidad de regenerar nuevos talos desde sus bordes una vez separados del alga madre. Estos nuevos talos presentan un crecimiento continuo y una alta capacidad de colonizar el sustrato, integrándose activamente a la población bentónica. Estas propiedades llevaron a Bulboa *et al*. (2013) y a Sáez & Macchiavello (2018) a proponer la utilización de esta estrategia de regeneración

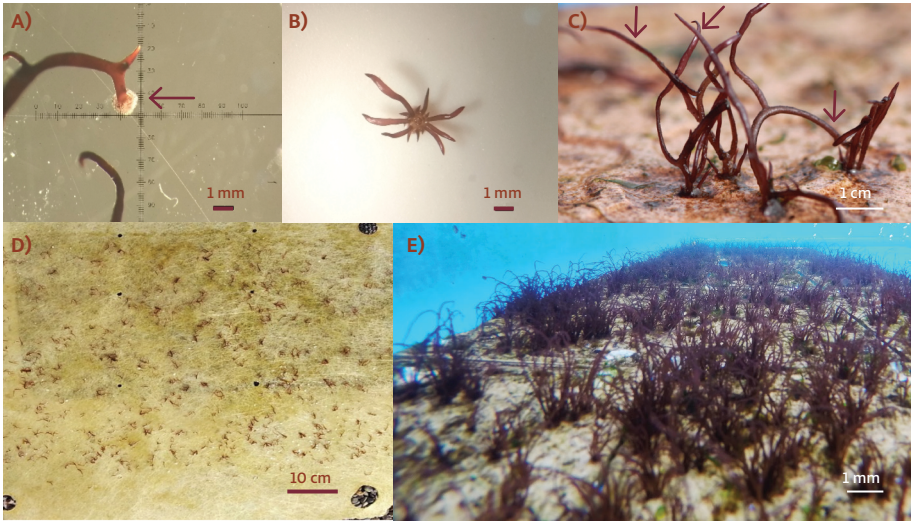


Figura 5. A) Disco de Fijación Secundaria (DFS, flecha) formado tras 12 días de cultivo. B) DFS mostrando nuevos ejes erectos después de 30 días. C) DFS en placa cerámica después de 60 días de cultivo, se pueden observar los nuevos ejes erectos doblándose para formar nuevos DFS (flechas). D) Vista superior de una placa de fibra de vidrio mostrando talos de *Chondracanthus chamissoi* cubriendo la superficie después de 60 días. E) Talos de *C. chamissoi* formados a partir de los DFS creciendo sobre una placa de cerámica después de 6 meses. Fuente= Oyarzo *et al*. (2021).

vegetativa como una alternativa viable para ser aplicada en tecnologías de cultivo y programas de repoblamiento. Los resultados de estos estudios se sustentan en la notable capacidad regenerativa de los talos obtenidos a partir de DFS seccionados, un rasgo característico de las algas rojas con talos organizados en pseudoparénquimas. En el caso específico de *C. chamissoi*, dicha capacidad ha sido comprobada tanto en condiciones naturales (Macchiavello *et al*., 2003) como en ensayos controlados de laboratorio como aquellos realizados por Oyarzo *et al*. (2021).

Uno de los principales desafíos de la acuicultura moderna de algas es asegurar un suministro constante de semillas de calidad, disponibles todo el año y sin depender de bancos naturales. En el caso de *C. chamissoi*, aunque hay importantes avances para el cultivo de esta especie, la producción de semillas aún depende de la biomasa extraída desde praderas naturales. Esta práctica puede provocar: i) reducción de bancos naturales, ii) erosión genética, iii) alteración del ciclo de vida y iv) mayor susceptibilidad a enfermedades. Esto ya se ha evidenciado con *Gracilaria chilensis* en Chile (Guillemin *et al*., 2008; Aroca *et al*., 2020), generando una baja sostenida en la calidad y valor del recurso. Por ello, se requiere completar el ciclo productivo de *C. chamissoi* mediante un sistema de producción de semillas independiente, basado en un prototipo de cultivo en estanques y el uso de DFS.

Para resolver este problema, nuestro equipo en 2021 desarrolló un primer prototipo que utiliza placas de fibra de vidrio o acrílico, adecuadas para mantener talos de *C. chamissoi* mediante DFS, con una alta sobrevivencia (63%) y eficiente uso del espacio (hasta 13 m^2 de placas en un estanque de 3 m^3) (Oyarzo *et al*., 2021). Estas placas generan más de 31.000 DFS en tres meses, cada uno capaz de producir uno o más talos. La tecnología favorece la regeneración continua de DFS, con formación rápida de nuevos ápices que se adhieren y repueblan las placas. Esta capacidad regenerativa permite mantener un suministro constante de semillas, y además posibilita la propagación de talos con características comerciales deseables, mejorando la calidad de la biomasa y abriendo oportunidades para la selección de cepas. A partir de este prototipo, nuestro equipo ha desarrollado una tecnología (que se presenta en este manual), la que es inédita para esta especie y en términos científicos y tecnológicos es el primero en su tipo para un alga roja con ciclo de vida isomórfico, por lo que no hay soluciones tecnológicas existentes o en desarrollo para esta especie o especies relacionadas, tanto en Chile como en el mundo.





Semillas de *Chondracantus chamissoi* en placas de cultivo en el laboratorio.

4. TECNOLOGÍA DESARROLLADA EN EL MARCO DEL PROYECTO FONDEF IT IT23I0015

DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

El cultivo actual de *Chondracanthus chamissoi* en mar depende exclusivamente de talos recolectados desde bancos naturales.

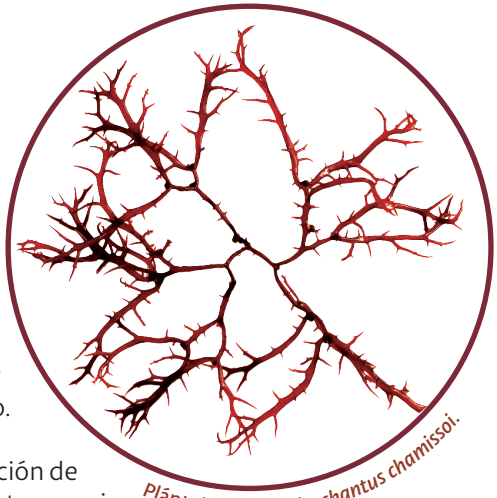
Esta práctica presenta:

Problemas productivos

- **Calidad variable del inóculo:** Los talos recolectados presentan diferencias genéticas y fisiológicas, dificultando la estandarización del cultivo.
- **Estacionalidad:** La disponibilidad de talos depende del ciclo natural de la especie y de las condiciones ambientales, lo que impide una producción continua.
- **Acceso limitado:** Factores climáticos, geográficos y regulatorios pueden restringir el acceso a bancos naturales, elevando los costos logísticos.
- **Falta de selección genética:** No es posible elegir cepas con características deseables (alto crecimiento, resistencia, contenido bioactivo), lo que limita la mejora tecnológica del cultivo.

Problemas ambientales

- **Erosión genética:** La recolección intensiva reduce la diversidad genética poblacional, afectando su resiliencia ecológica.
- **Sobreexplotación:** El uso continuo sin manejo adecuado puede degradar los bancos naturales y afectar negativamente el ecosistema costero.
- **Alteración del ciclo de vida:** La extracción de talos en fases reproductivas puede interrumpir la alternancia generacional y disminuir la capacidad de regeneración natural.



Plántula de *Chondrachantus chamissoi*.

SOLUCIÓN TECNOLÓGICA PROPUESTA

- Desarrollo de un sistema de producción de semillas en tierra, basado en un prototipo de cultivo en estanques que aprovecha la capacidad regenerativa de los **Discos de Fijación Secundaria (DFS)**.

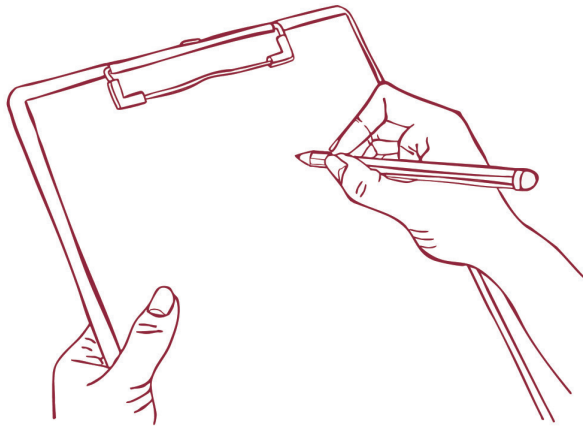
- Este sistema permite generar talos viables a partir de fragmentos algales fijados en placas de acrílico.

Implementación y Metodología del sistema

- Instalación de 10 estanques tipo Raceway de 300 L (Figura 6).

- Inoculación de placas de acrílico con fragmentos de *C. chamissoi* para inducir DFS y crecimiento de nuevos talos (Figura 7).

- Cosecha cada 2 meses, con registros de:
  - % de readhesión
  - crecimiento
  - cobertura
  - productividad
  - número de DFS
  - sobrevivencia



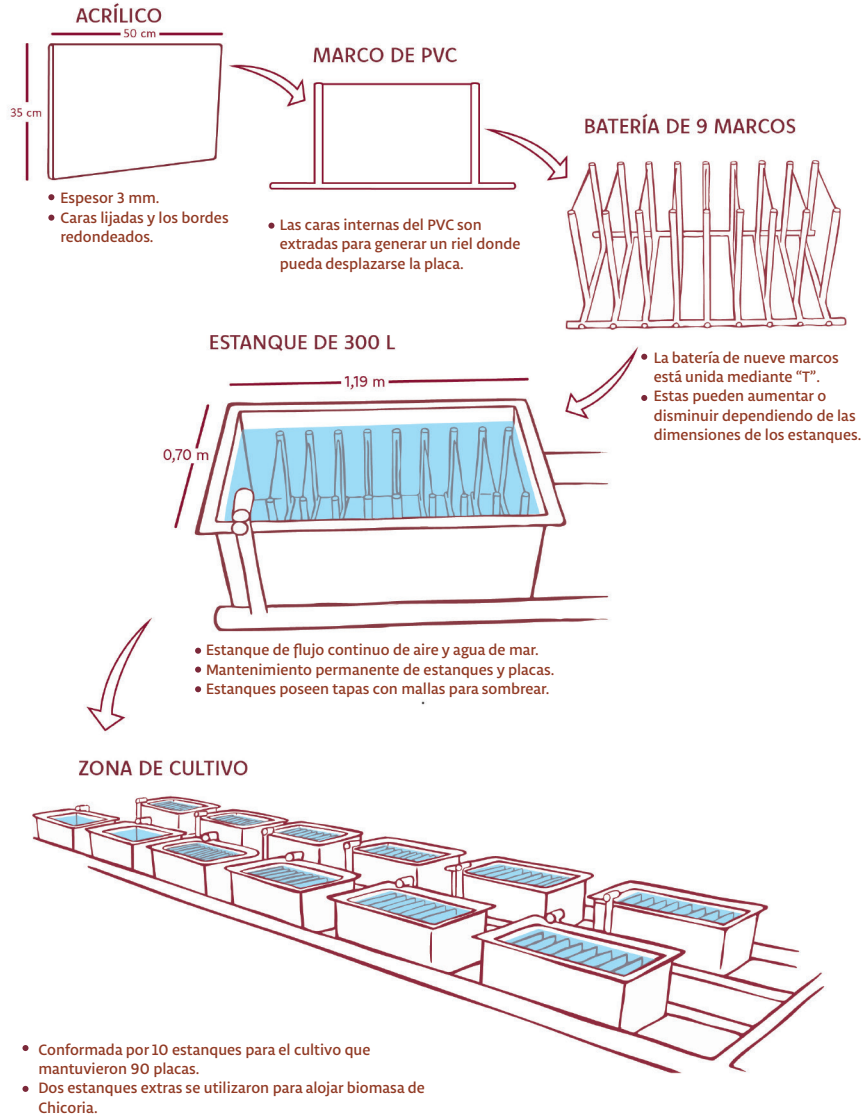
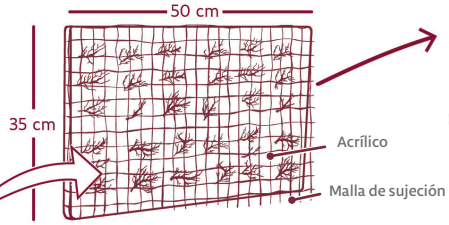


Figura 6. Diseño de infraestructura de cultivo de *Chondracanthus chamissoi* para la generación de semillas obtenidas a partir de Discos de Fijación Secundaria (DFS).

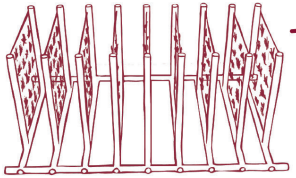
SISTEMA DE CULTIVO DE *Chondracanthus chamissoi*

I. PESAJE Y SEMBRADO DE PLACAS

- Se seleccionan frondas libres de epífitas y sin estructuras reproductivas.
- Se pesan 40 g y se siembran en 90 placas de acrílico de forma uniforme en ambas caras de la placa.



- Las frondas se sujetan al acrílico con mallas de sujeción que recubren la placa.

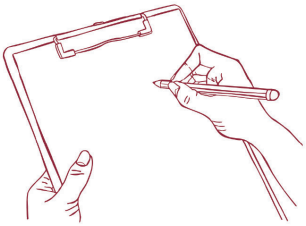




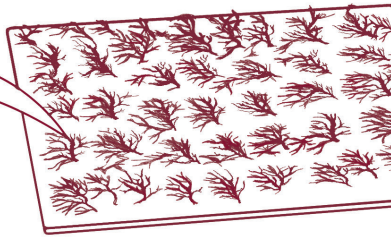
IV. MADURACIÓN Y COSECHA DE LOS DISCOS DE FIJACIÓN

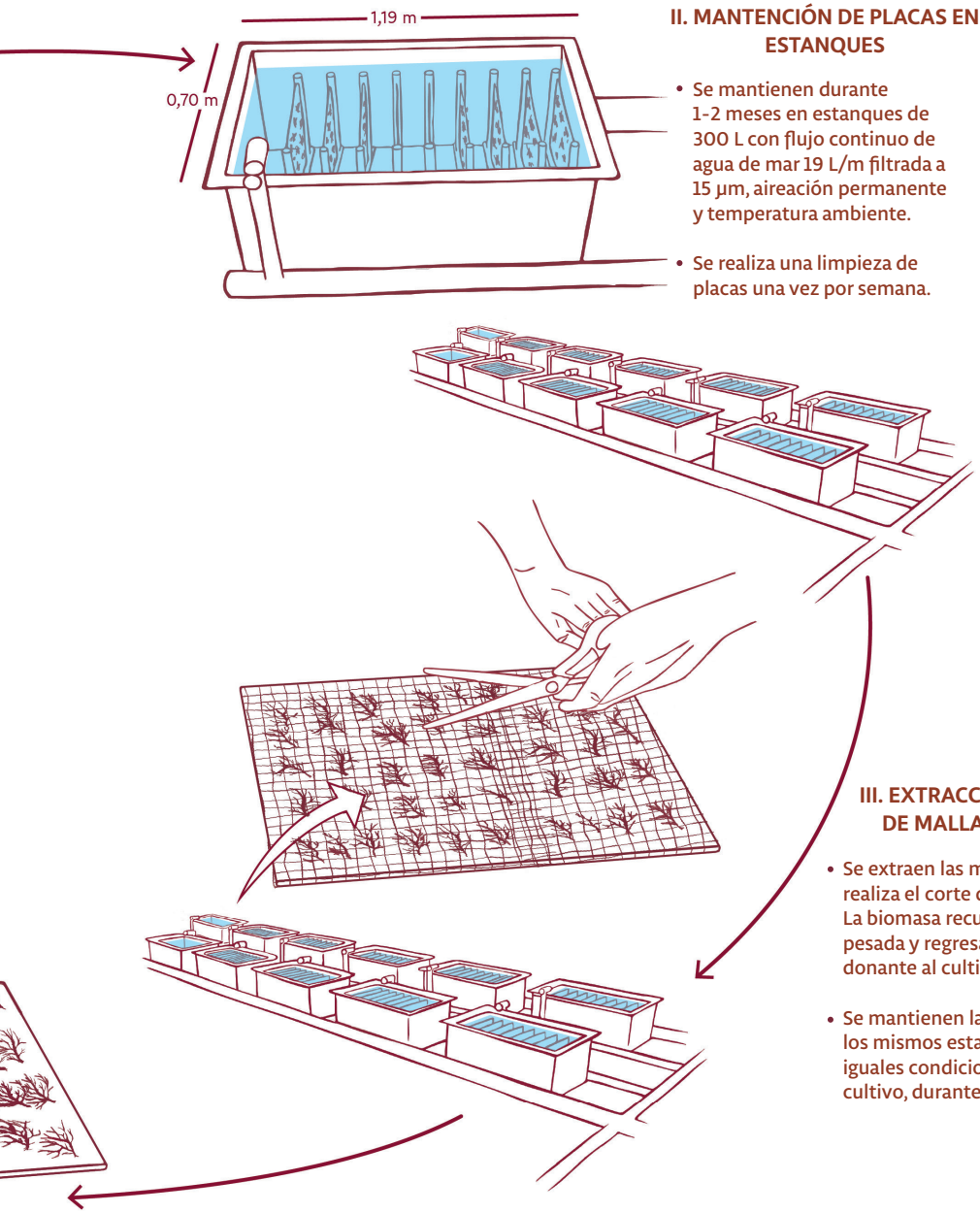
- Una vez generado el crecimiento de las algas a partir de los discos de fijación (DFS), se cortan los talos nuevos.
- Los DFS se dejan en las placas para repetir un nuevo ciclo de producción.
- Registros de: % de readhesión, crecimiento, cobertura, productividad, número de DFS, sobrevivencia.











II. MANTENCIÓN DE PLACAS EN ESTANQUES

- Se mantienen durante 1-2 meses en estanques de 300 L con flujo continuo de agua de mar 19 L/m filtrada a 15 µm, aireación permanente y temperatura ambiente.
- Se realiza una limpieza de placas una vez por semana.

III. EXTRACCIÓN DE MALLAS

- Se extraen las mallas y se realiza el corte de las frondas. La biomasa recuperada es pesada y regresada como alga donante al cultivo.
- Se mantienen las placas en los mismos estanques, con iguales condiciones de cultivo, durante 2 meses.

Figura 7. Diagrama de las etapas del cultivo para la generación de semillas a partir de Discos de Fijación (DFS) de *Chondracanthus chamissoi.*



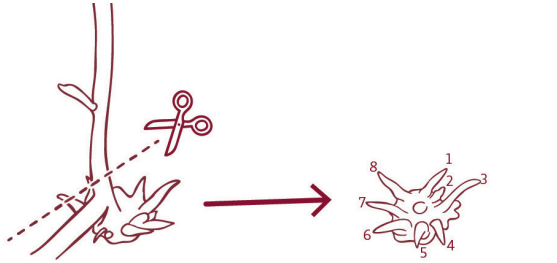


Placa acrílica con frondas de *Chondracantus chamissoi* en cultivo en el laboratorio (izquierda). Se observa también la malla de sujeción. A la derecha se observan los acrílicos dispuestos en la batería de nueve marcos antes de colocarse en el tanque.

RESULTADOS LOGRADOS

Sistema productivo funcional y eficiente para la obtención continua de semillas de *C. chamissoi* (Figura 8).

- Capacidad de programar cosechas durante todo el año (Figura 9).
- Reducción de la presión sobre bancos naturales y mejora en la sustentabilidad del cultivo.
- Tecnología en números:
  - Cada DFS puede formar hasta 15 nuevos talos.



Discos de Fijación Secundaria (DFS)

  - Con una tasa de crecimiento de hasta 9 $\%d^{-1}$.
  - Logramos formar 1.320 DFS/m^2 .
  - Hasta 3 ciclos de producción anuales, equivalentes a 303.000 semillas. por unidad de cultivo utilizando estanques de 300 L.

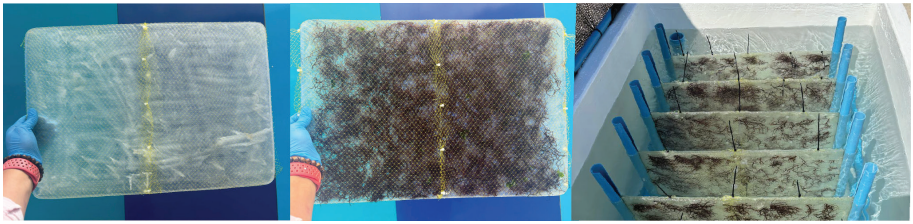


Figura 8. Sistema productivo para la obtención continua de semillas de *Chondracanthus chamissoi* usando placas de acrílico montadas en infraestructura de PVC en tanques con agua circulante.

CICLO PRODUCTIVO DE *Chondracanthus chamissoi*

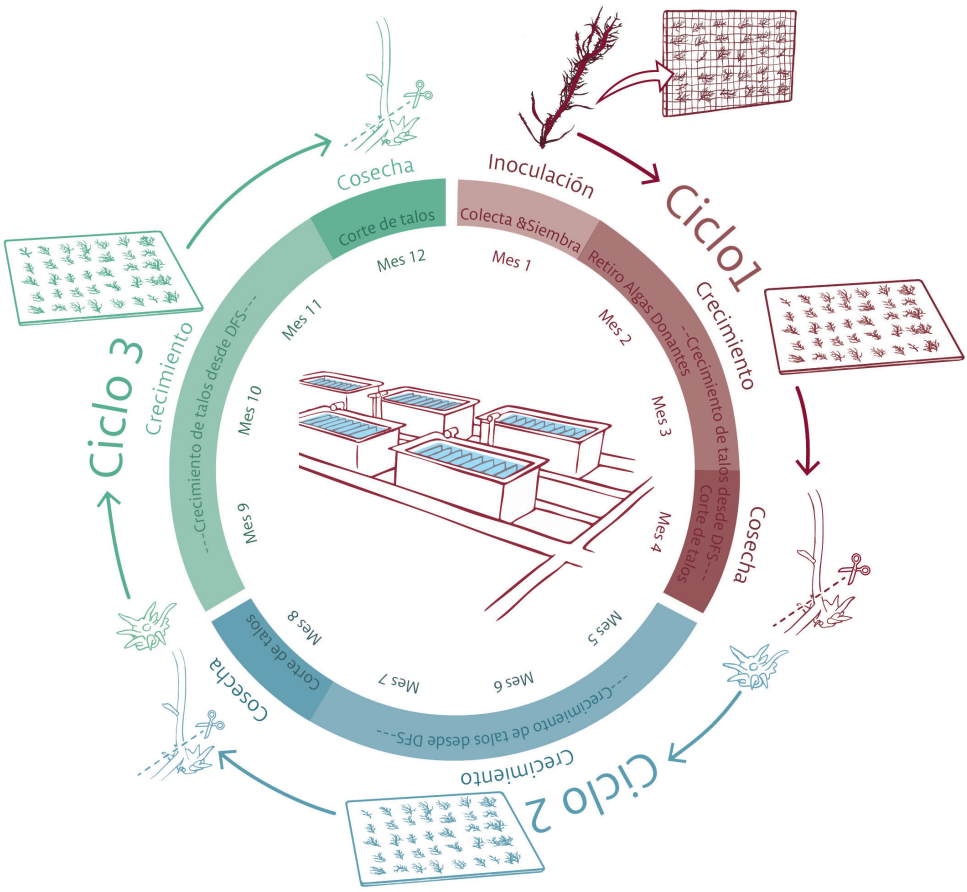


Figura 9. Diagrama de las etapas del ciclo productivo de cultivo de *Chondracanthus chamissoi* durante un año. La cosecha mediante el corte de talos que deja los Discos de Fijación Secundaria (DFS) para la regeneración y crecimiento permite la capacidad de programar cosechas durante todo el año.

IMPACTO Y PROYECCIÓN

- Fomento a la diversificación acuícola en Chile, en línea con instrumentos como la Ley de Bonificación al Repoblamiento y el nuevo reglamento APE.

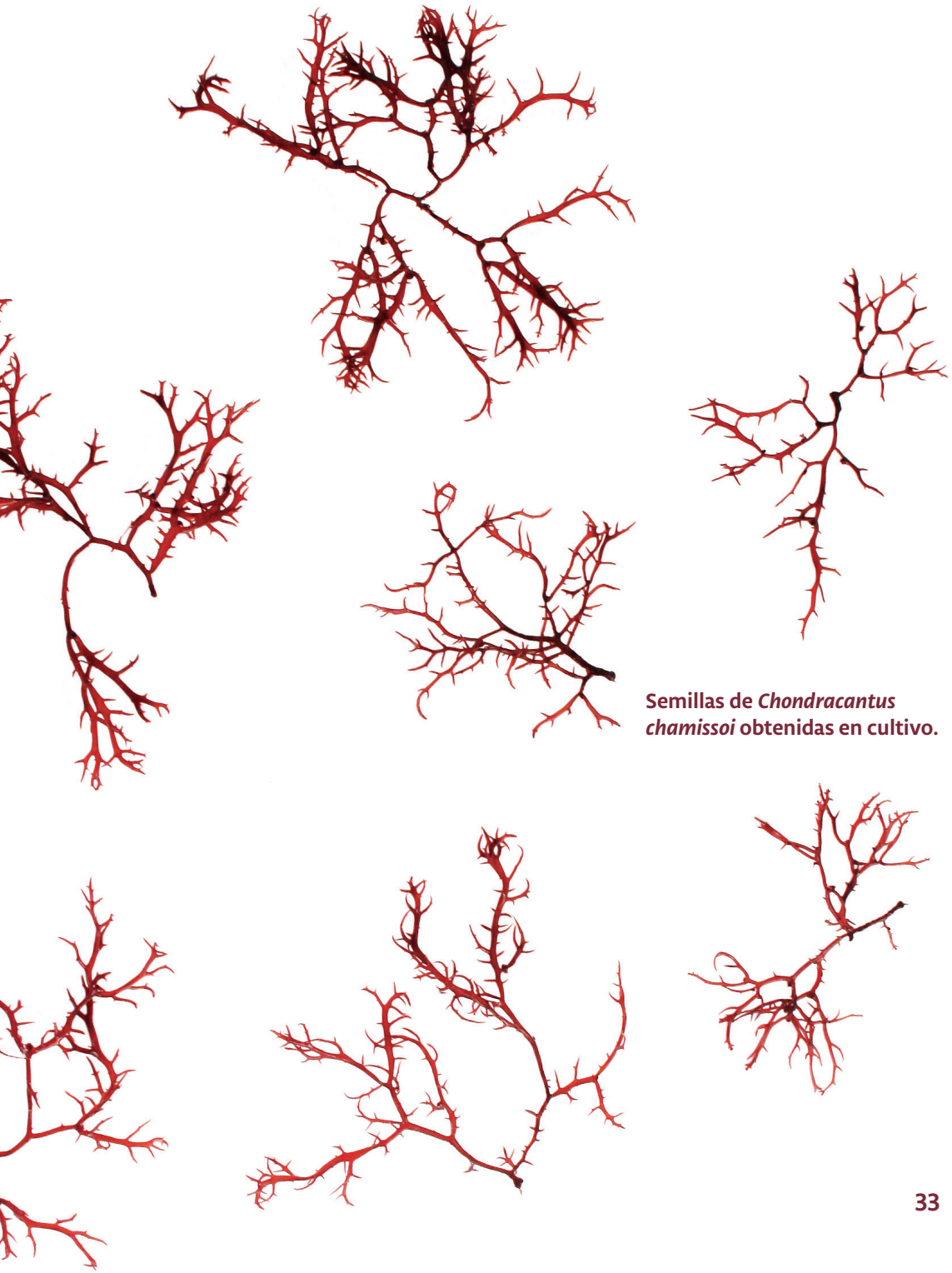
- Beneficiarios:
  - Pescadores artesanales y productores de algas.
  - Centros de cultivo con instalaciones en tierra.

- Fortalecimiento de la cadena de valor de la "chicoria de mar" mediante un suministro confiable de semillas de alta calidad, única en su tipo.

- La transferencia de esta tecnología se realiza mediante un enfoque de ciencia abierta, sustentado en evidencia científica publicada y accesible, con el objetivo de asegurar su disponibilidad para distintos actores del ecosistema y evitar su apropiación mediante patentes u otros derechos exclusivos.







Semillas de *Chondracantus chamissoi* obtenidas en cultivo.

5. REFERENCIAS

REFERENCIAS

Aroca, G., Ramírez, M., Robotham, H., & Avila, M. (2020). Morphological and reproductive studies on the green filamentous pest *Rhizoclonium*-like affecting *Agarophyton chilensis* commercial farms in southern Chile. Aquatic Botany, 167, 103291. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2020.103291

Avila, M., Piel, M. I., Caceres, J. H., & Alveal, K. (2011). Cultivation of the red alga *Chondracanthus chamissoi*: sexual reproduction and seedling production in culture under controlled conditions. Journal of Applied Phycology, 23(3), 529–536. https://doi.org/10.1007/s10811-010-9628-1

Avila, M., Aroca,G., Riquelme, R., Rodríguez, D., & Grünewald, A. (2018). Manual de cultivo del alga comestible: chasca o chicoria de mar *Chondracanthus chamissoi*. Serie Programa Educativo Participativo para la Pesca Artesanal. V Cultivo de chasca-chicoria de mar. 30 pp. ISBN 978-956-302-105-9

Bellorín, A., Bulboa-Contador, C., & Contreras-Porcia, L. (2022). Algas: Una introducción a la ficología. RIL editores. Santiago, Chile. ISBN 978-956-01-0899-9; 696 pp.

Bulboa, C. & Macchiavello, J. (2006). Cultivation of cystocarpic, tetrasporic and vegetative fronds of *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) on ropes at two localities in northern Chile. Investigaciones Marinas, Valparaíso 34: 109–112.

Bulboa, C., Massad, I. P., Contreras-Porcia, L., Zapata, J., Castañeda, F., Ramírez, M. E., & Gil-Kodaka, P. (2020). Concise review of genus *Chondracanthus* (Rhodophyta: Gigartinales). Journal of Applied Phycology, 32(2), 773–785. https://doi.org/10.1007/s10811-019-01956-w

Bulboa, C., Véliz, K., Sáez, F., Sepúlveda, C., Vega, L., & Macchiavello, J. (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.2013.06.01

Contreras-Porcia, L., Broitman, B., Meynard, A., Pinilla-Rojas, B., Bulboa, C., Tala, F., Otaíza, R., Pedrini, C., Rosson, A., Núñez, M., Vera-Duarte, J., Véliz, G., Oyarzún, F. X., González, D., Lagos, N., Mora, A. M., & Segovia, N. I. (2025). Manual de buenas prácticas para el repoblamiento de algas pardas (72 pp.). ISBN 978-956-7247-97-4. Santiago de Chile. https://doi.org/10.53382/isbn.978-956-7247-97-4

Fonck, E., Martinez, R., Vasquez, J. & Bulboa, C. (2008). Factors that affect the re-attachment of *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) thalli. Journal of Applied Phycology 20, 311–314. https://doi.org/10.1007/s10811-007-9251-y

Guillemin, M., Faugeron, S., Destombe, C., Viard, F., Correa, J. A., & Valero, M. (2008). Genetic variation in wild and cultivated populations of the haploid– diploid red alga *Gracilaria chilensis*: how farming practices favor asexual reproduction and heterozygosity. Evolution, 62(6), 1500–1519. https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00373.x

Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2025). AlgaeBase. World-wide electronic publication, University of Galway. https://www.algaebase.org; 30 de junio de 2025.

Lovatelli, A., Aguilar-Manjarre, J., Murúa Andrade, P. & Farías Molina, A. (2025). Estado y perspectivas del cultivo de macroalgas en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO 24-26 de junio de 2024 Puerto Varas, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura n.º 74. Roma, FAO. https://doi.org/10.4060/cd5237es

Macchiavello, J., Bulboa, C. &Edding, V. (2003). Vegetative propagation and spore-based recruitment in the carrageenophyte *Chondracanthus chamissoi* (Gigartinales, Rhodophyta) in northern Chile. Phycological Research, 51, 45–50. https://doi.org/10.1046/j.1440-1835.2003.00292.x

Oyarzo, S., Ávila, M., Alvear, P., Remonsellez, J. P., Contreras-Porcia, L., & Bulboa, C. (2021). Secondary attachment disc of edible seaweed *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales): Establishment of permanent thalli stock. Aquaculture, 530, 735954. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735954

Oyarzo-Miranda, C., Otaíza, R., Bellorín, A., Vega, J. A., Tala, F., Lagos, N. A., Oyarzún, F. X., Estévez, R. A., Latorre-Padilla, N., Tapia, A. M. M., Figueroa-Fábrega, L., Jara-Yáñez, R., Bulboa, C., & Contreras-Porcia, L. (2023). Seaweed restocking along the Chilean coast: History, present, and inspiring recommendations for sustainability. Frontiers in Marine Science, 9. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1062481

Pacheco-Ruiz, I., Zertuche-Gonzalez, J. & Espinoza-Avalos, J. (2005). The role of secondary attachment discs in the survival of *Chondracanthus squarrulosus* (Gigartinales, Rhodophyta). Phycologia 44 (6) 29–631. https://doi.org/10.2216/0031-8884(2005)44

Perrone, C. & Cecere, E. (1997). Regeneration and mechanisms of secondary attachment in *Solieria filiformis* (Gigartinales, Rhodophyta). Phycologia 36, 120–127. https://doi.org/10.2216/i0031-8884-36-2-120.1

Robledo, D. & Garcia-Reina, G. (1993). Apical callus formation in *Solieria filiformis* (Gigartinales, Rhodophyta) cultured in tanks. Hydrobiologia 260–261 (1), 401–406. https://doi.org/10.1007/BF00049048

Ruiz-Ipanaque, W., Baltazar Guerrero, P., Casteñeda-Franco, M. S., & Mires-Reyes, A. J. (2024). Capacidad regenerativa post-cosecha de la macroalga roja *Chondracanthus chamissoi* en dos sistemas de cultivo en la costa centro-sur del Perú. Boletín De Investigaciones Marinas y Costeras, 53(2), 67–82. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2024.53.2.1298

Sáez, F., Macchiavello, J., Fonck, E. & Bulboa, C. (2008). The role of the secondary attachment disc in the vegetative propagation of *Chondracanthus chamissoi* (Gigartinales; Rhodophyta). Aquatic Botany 89, 63–65. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.01.004

Sáez, F. &Macchiavello, J. (2018). Secondary attachment discs: a new alternative for restoring populations of *Chondracanthus chamissoi* (Gigartinales, Rhodophyta). Latin American Journal of Aquatic Research, 46, 140–146. http://dx.doi.org/10.3856/vol46-issue1-fulltext-14

Saavedra, S., Henríquez, L., Leal, P., Galleguillos, F., Cook, S. & Cárcamo F. (2024). Cultivo de Macroalgas: Diversificación de la Acuicultura de Pequeña Escala en Chile. Convenio de Desempeño, Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. Instituto de Fomento Pesquero. 106 pp.



Chondracantus chamissoi en su ambiente natural.



Agradecimientos

Este proyecto fue financiado en su totalidad por ANID FONDEF IT23I0015 “Producción de semillas de *Chondracanthus chamissoi*: cerrando el ciclo productivo para la acuicultura de la chicoria de mar”. Además, agradecemos el apoyo de las entidades asociadas SUBPESCA, Seaweed Export Company (SECO SA) y Algasur SA, ya que cumplieron un rol clave en el desarrollo del proyecto a nivel estratégico, técnico y de seguimiento.

