

MANUAL DE CULTIVO DE YUYO PARA LA BAHÍA DE SECHURA

(Chondracanthus chamissoi)



“El Proyecto Acuipisca Perú tiene como objetivo contribuir al desarrollo económico y social de las comunidades costeras de la bahía de Sechura, en el departamento de Piura, incrementando la competitividad del sector pesca artesanal y acuicultura en la bahía de Sechura a través del fortalecimiento institucional y organizacional, la adopción de tecnologías y la sostenibilidad ambiental”

Autor

Samuel J. Arbaiza Quispe, Universidad Científica del Sur

Investigadores de apoyo

Max Castañeda Franco, Universidad Científica del Sur
Diocelina Huamán Fernández, Universidad Científica del Sur
Giovanni García Criollo, Universidad Nacional de Piura
Marcelo A. Calle Reyes, Universidad Nacional de Piura
Jesly B. Meza Sánchez, Universidad Nacional de Piura
Ayrton R. Chorres Arica, Universidad Nacional de Piura
Gabriel Rentería Alvarado, Universidad Nacional de Piura

Revisión de contenidos

Roberto Gil García, Centro Tecnológico del Mar – Fundación CETMAR
Mercedes Martínez Táboas, Centro Tecnológico del Mar – Fundación CETMAR
Guadalupe Martín Pardo, Centro Tecnológico del Mar – Fundación CETMAR

Edición gráfica

Grecia Libertad Gutiérrez Rivasplata

Editado por

Fundación Ayuda en Acción
Dirección: Av. Javier Prado Este N°476, piso 20, Int. 117, San Isidro, Lima, Perú

Dirección web: <https://ayudaenaccion.org.pe>
Correo de contacto: atencional socio.peru@ayudaenaccion.org

CETMAR

España
Dirección web: <https://www.cetmar.org>
Correo de contacto: internacional@cetmar.org

ANFACO-CECOPECA

España
Dirección web: <http://www.anfaco.es/es/index.php>
Correo de contacto: anfaco@anfaco.es

Ministerio de la Producción (PRODUCE)

Dirección web: <https://www.gob.pe/produce>
Correo de contacto: dpda@produce.gob.pe

Financiado por

Xunta de Galicia- Cooperación Galega
España
Dirección web: <https://cooperacion.xunta.gal/>
Correo de contacto: cooperacion.exterior@xunta.gal

Impresión

InterGraphic Center
Sandra Mendoza Jiménez
Dirección: Jr. General Orbegozo N° 271-Interior 342, Breña, Lima, Perú
Abril, 2022
Tiraje: 200 ejemplares

Primera edición

Lima, abril de 2022
Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022-02958
ISBN: 978-612-48529-1-6
Todos los derechos reservados de acuerdo con el D. leg. 882 (ley sobre el Derecho de Autor)
Fotografía de la carátula: Samuel Arbaiza Quispe.

- Equipo de trabajo -

Investigador responsable

Samuel Arbaiza Quispe

Investigadores de Apoyo

Max Castañeda Franco

Diocelina Huamán Fernandez

Giovanni García Criollo

Marcelo Calle Reyes

Jesly Beatriz Meza Sánchez

Ayrton Chorres Arica

Gabriel Rentería Alvarado

- Agradecimientos -

Asociación Frente de Pescadores Acuicultores Artesanales de Puerto Rico – Bayóvar (AFREPAAC)
Empresa de pescadores artesanales CELMAR SAC
Asociación de Pescadores Extractores Artesanales El Edén



PRÓLOGO

La presente guía de cultivo de *Chondracanthus chamissoi* para la bahía de Sechura se ha realizado en el marco del proyecto ACUIPESCA PERÚ – “Incrementar la competitividad del sector pesca artesanal y acuicultura en la bahía de Sechura a través del fortalecimiento institucional y organizacional, la adopción de tecnologías y la sostenibilidad ambiental”, con financiación de la Xunta de Galicia (Gobierno Regional Gallego). El proyecto es ejecutado por un consorcio coordinado por el Centro Tecnológico del Mar – Fundación CETMAR, con ANFACO – CECOPESCA y la Fundación Ayuda en Acción como socios estratégicos, en colaboración con el Ministerio de la Producción – PRODUCE.

En el presente trabajo, se trata de una guía práctica de cultivo de *C. chamissoi* adaptada al contexto de la bahía de Sechura, tras haber realizado el cultivo de esta macroalga en dos Unidades Productivas Demostrativas (UPD) en dos áreas de la zona de Vichayo, con el fin de adecuar los conocimientos generados en otras partes del país a las condiciones ambientales de la bahía de Sechura. En esta guía se presentan las recomendaciones de manejo para llevar a cabo de forma exitosa este cultivo, tras la experiencia adquirida en el desarrollo de este cultivo.

El propósito de esta guía, es facilitar una herramienta sencilla y visual que ayude a los productores acuícolas de la bahía de Sechura a realizar cultivos de *C. chamissoi* incluyendo las recomendaciones y el manejo necesario, teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la bahía.

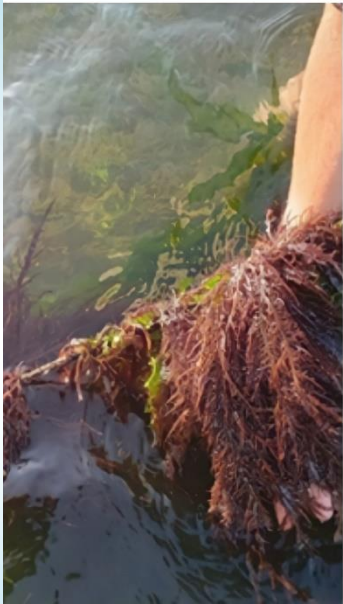
ÍNDICE DE CONTENIDO

1. ¿Qué es el yuyo o *Chondracanthus chamissoi*?
2. ¿Por qué hacer cultivo de yuyo?
3. ¿Cuáles son las variables más importantes para el cultivo de yuyo?
4. Condiciones de la bahía de Sechura
5. Instalaciones en tierra necesarias para el cultivo
6. Etapas de cultivo de yuyo por propagación vegetativa
7. Preparación del material para el cultivo
8. Selección y obtención de plántulas de yuyo
9. Limpieza y tratamiento del yuyo
10. Corte y fragmentación de inóculos
11. Cicatrización y mantenimiento de inóculos
12. Inoculación de Unidades de Cultivo (UC)
13. Armado de sistemas de cultivo (árboles)
14. Siembra de los sistemas de cultivo en mar
15. Manejo de los sistemas de cultivo en mar
16. Cosecha
17. Recomendaciones para desarrollar el cultivo en la bahía de Sechura




1. ¿Qué es el yuyo o *Chondracanthus chamissoi*?

El yuyo es un alga roja que se encuentra a lo largo de casi toda nuestra costa (de Piura a Tacna) y es popularmente comercializada en los mercados locales para consumo humano directo siendo parte fundamental de diversos platos de la gastronomía peruana. Así mismo, es consumida comúnmente en ensaladas, sopas y como diversos acompañamientos en países asiáticos. Por otro lado, es también utilizado como materia prima para la extracción del carragenano.



2. ¿Por qué hacer cultivo de yuyo?

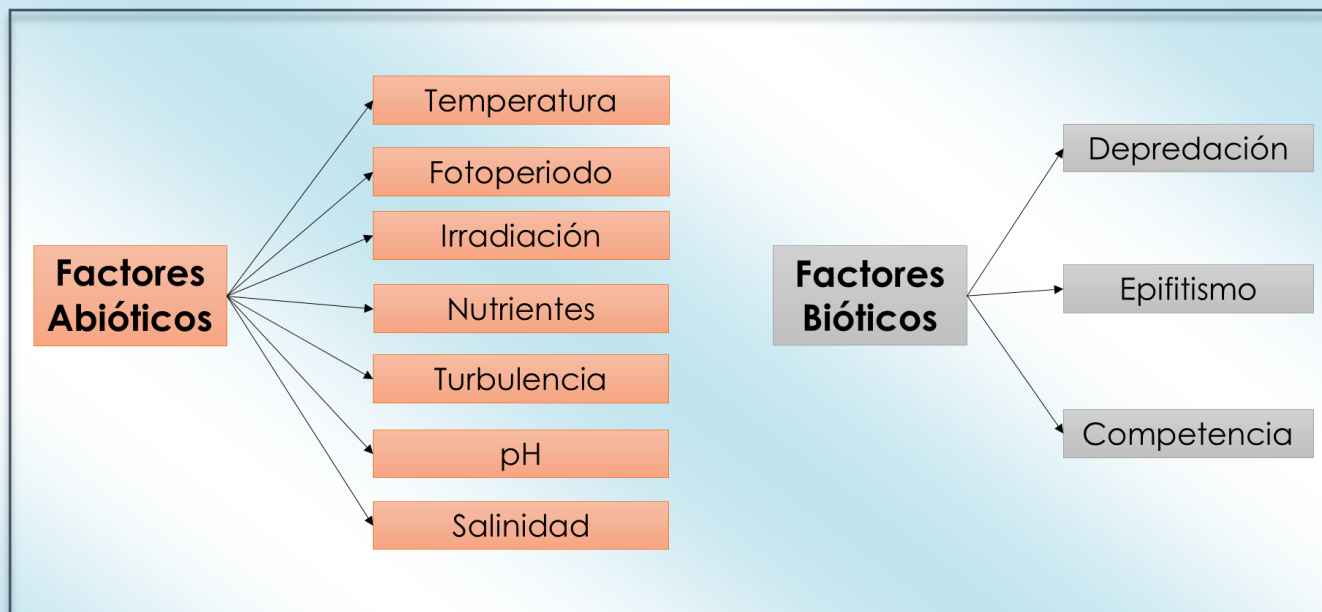
Es un recurso de importancia comercial, tanto para el mercado nacional como para el internacional. La tecnología de cultivo requerida es relativamente simple, con un ciclo de cultivo corto: primera cosecha a partir de las 6 u 8 semanas; y además ofrece un gran rendimiento productivo debido a las postcosechas (al menos 3 cosechas adicionales a partir de la misma línea de cultivo). Además, el cultivo de yuyo puede ser acoplado a diversos cultivos marinos (bivalvos, peces, etc.) otorgando diversos beneficios al medio acuático dado que asimila nutrientes del medio, capta dióxido de carbono y produce oxígeno.

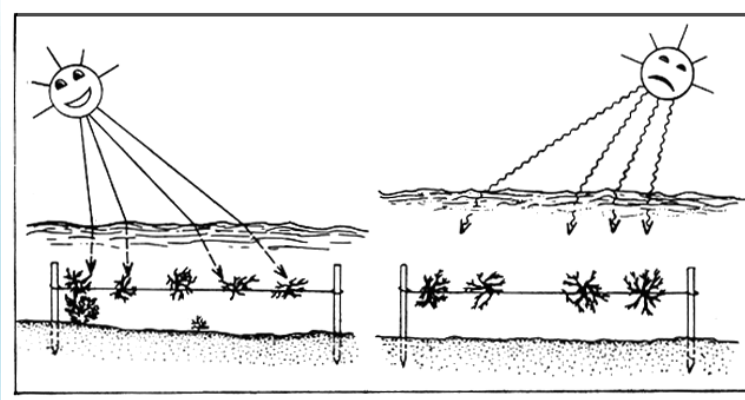


Al igual que las plantas, el yuyo produce oxígeno y asimila dióxido de carbono, lo que les permite vivir normalmente en situaciones de hipoxia prolongada, a diferencia de cualquiera otra especie animal (concha de abanico, trucha, tilapia, etc). Así mismo, se desarrolla dentro de un amplio rango de temperatura: de 10 – 25°C, lo que implica que puede desarrollarse su cultivo en distintas partes del litoral.

3. ¿Cuáles son las variables más importantes para el cultivo de yuyo?

Un aspecto importante para el desarrollo de todo cultivo de algas marinas es determinar los factores que afectan estimulando o inhibiendo su proceso de crecimiento y desarrollo. Entre estos factores tenemos:





De los factores abióticos, la temperatura, el fotoperiodo, la irradiancia y la disponibilidad de nutrientes son las variables más importantes. La temperatura afecta todas las reacciones metabólicas que ocurren en el yuyo desde la fotosíntesis, germinación, crecimiento y reproducción.

Así mismo, dado que el yuyo es una planta, su crecimiento depende de la fotosíntesis proceso que utiliza la energía del sol, la cual está caracterizada por la cantidad (Fotoperiodo) y calidad (Intensidad o irradiancia) de la luz.

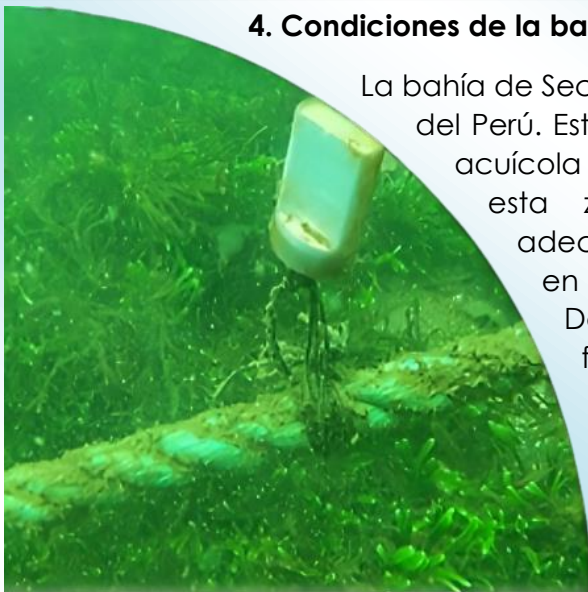
Por otro lado, el yuyo necesita nutrientes, los cuales son el conjunto de elementos químicos inorgánicos (macro y micronutrientes), los cuales cumplen roles esenciales en su metabolismo.

Generalmente estos nutrientes necesarios, se encuentran disueltos en el agua de mar. Por su parte, el epifitismo y la depredación son las variables bióticas más importantes que afectan el cultivo de yuyo.

El epifitismo puede competir con el yuyo por el espacio del sustrato e inhibir su desarrollo. Así mismo, se ha documentado que diversos organismos se alimentan del yuyo, como caracoles, erizos, algunos peces y hasta tortugas.



4. Condiciones de la bahía de Sechura

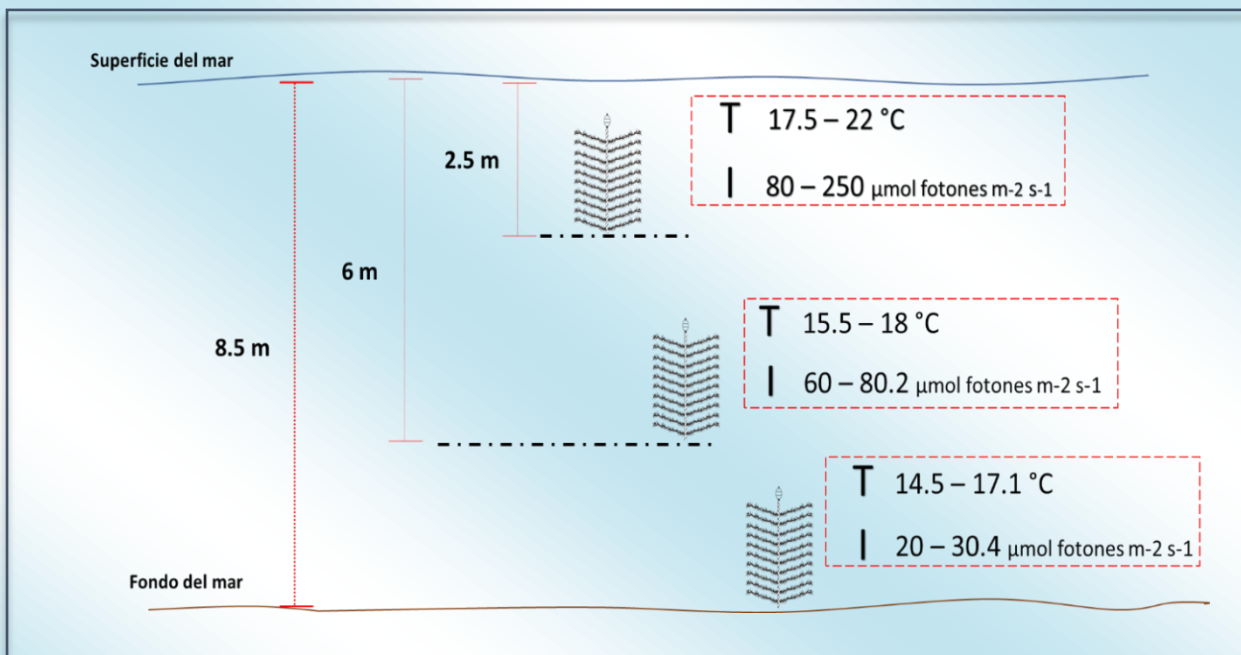


La bahía de Sechura es una de las zonas marinas más productivas del Perú. Esto se ve reflejado en la alta actividad pesquera y acuícola que se desarrolla en esta zona del país. Así mismo, esta zona cuenta con condiciones ambientales adecuadas para el cultivo de yuyo lo cual se determinó en el seguimiento de las Unidades de Producción Demostrativas (UPDs): La temperatura del mar (T) fluctúa entre los 15 a 21°C, la salinidad entre los 34.5 y 35.3 ppm y la intensidad de luz (I) entre los 30 y 200 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Se debe hacer notar que las variaciones en las condiciones ambientales dependen principalmente de la profundidad y la hora del día. Por lo tanto, estas variables pueden ser fácilmente ajustables con el

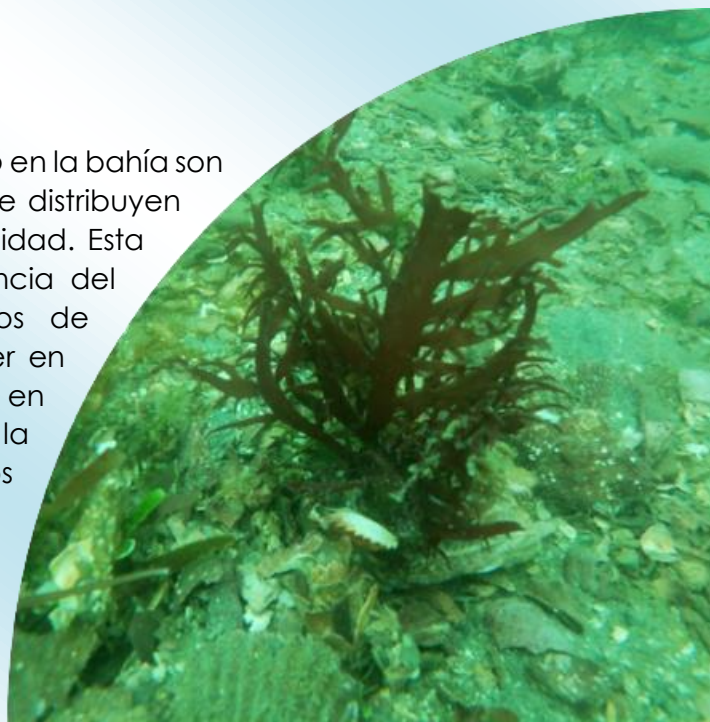
objetivo de brindar las mejores condiciones ambientales para que el yuyo pueda crecer en el cultivo. Para ello es importante tomar datos de las variables ambientales en el área de cultivo para poder desarrollar un manejo eficiente de las variables que afectan el cultivo.

Sensor de monitoreo de las variables ambientales (registrador) DATA LOGGER marca HOBO. El presente sensor, registra la temperatura (T) y la Irradiancia (I).

Con los datos de los sensores instalados en las 02 UPDs en la bahía de Sechura, se ha determinado las principales variables de cultivo para cada tipo de profundidad en el que se desee llevar a cabo sistemas de cultivo de yuyo.



Así mismo, las praderas naturales de yuyo en la bahía son principalmente submareales, es decir, se distribuyen desde los 2 a los 10 metros de profundidad. Esta condición, caracteriza la poca tolerancia del yuyo de la bahía a periodos largos de desecación lo cual es importante tener en cuenta en las etapas iniciales de cultivo en tierra. Por otro lado, la profundidad de la bahía permite la instalación de cultivos tanto de fondo como suspendidos. Además, la apariencia y coloración del yuyo de la bahía (rojo intenso y abundantes ramificaciones), le brinda características que son ampliamente solicitadas en los mercados locales.



5. Instalaciones en tierra necesarias para el cultivo

Para realizar el cultivo de yuyo por propagación vegetativa, se requiere de una infraestructura básica en tierra que permita desarrollar una de las más importantes etapas del cultivo: El manejo y producción de la "semilla". Para ello, las instalaciones en tierra deben incluir un área para la captación, recirculación y tratamiento de agua de mar y una zona de producción de "semilla".

El área para la captación, recirculación y tratamiento de agua tiene como objetivo suplir con agua de mar en condiciones óptimas para desarrollar el proceso de producción de "semilla" en tierra. Para ello, la toma principal debe iniciar con una válvula "check" colocada dentro de una canastilla de protección, seguida de una manguera de material de PVC reforzado de alta densidad (HDPE). Así mismo, el inicio del sistema puede ser fijado en el fondo empleando muertos evitando que la toma pueda salir a flote.



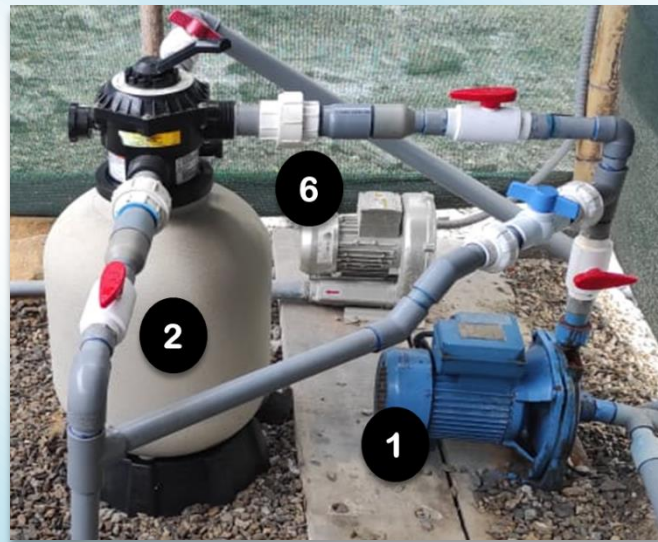
Consideraciones para la ubicación del hatchery:

- La orilla del mar no se encuentre más allá de 50 metros del área donde se construiría el emplazamiento.
- El suelo submareal sea de preferencia rocoso y con poca turbulencia (para evitar la captación de arena, que podría producir atascos en la toma de agua)
- Dentro de los primeros 30 metros exista una profundidad no menor a 2 metros. La diferencia entre la pleamar y baja mar no exceda la profundidad anteriormente mencionada.

El agua será impulsada con una bomba de succión (1) cuyas características (potencia, voltaje y amperaje) serán determinadas de acuerdo con las necesidades de la producción del laboratorio.

Para el tratamiento básico de agua de mar (succionada por la bomba) se debe realizar:

- Un filtrado mecánico que inicia con un filtro de arena (2) y posteriormente filtros de cartucho de polipropileno (3) los cuales tienen distintos tamaños de filtrado (de 50 a 5 micras).
- Tras el filtrado, el agua pasa por el esterilizador UV (4).



De esta forma el agua de mar obtenida ingresa a la zona de producción de semilla, donde están las tinas de cultivo (5), libre de organismos que afecten la calidad de agua y puedan afectar el proceso productivo.

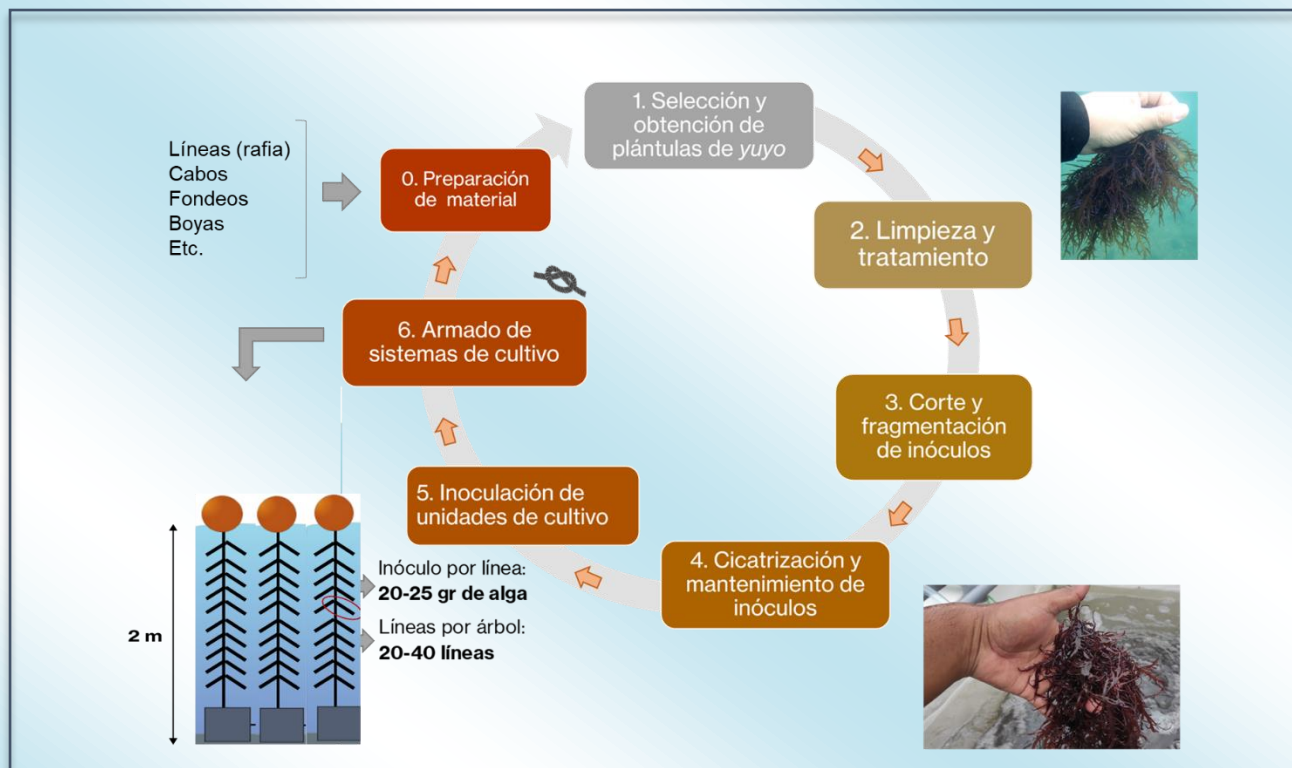
Siempre se debe mantener la calidad del agua de mar (sin suciedad ni impurezas evidentes). Para ello, se pueden realizar recambios constantes de agua de mar o recirculando el agua empleando los filtros y el sistema de esterilización UV, siendo este último método el más recomendable.

Por su parte, la zona de Producción de Semillas se encuentra conformada por estanques o tinas de fibra de vidrio (5), cuyo volumen va a depender de los planes de cultivo previamente establecidos. Los estanques deben ser anexados al sistema de captación y recirculación de agua de mar mediante llaves de paso y tomas de desagüe.



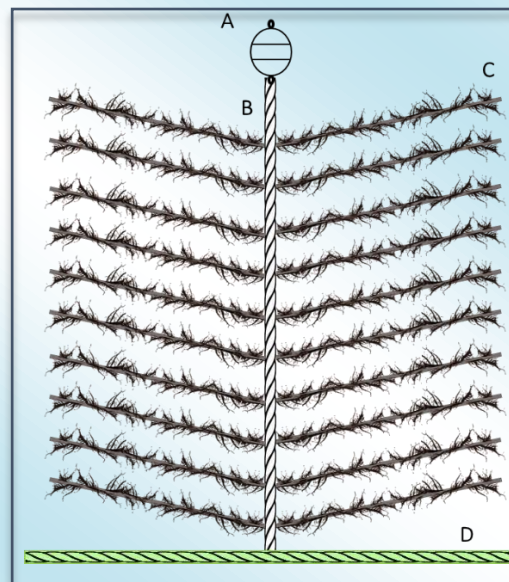
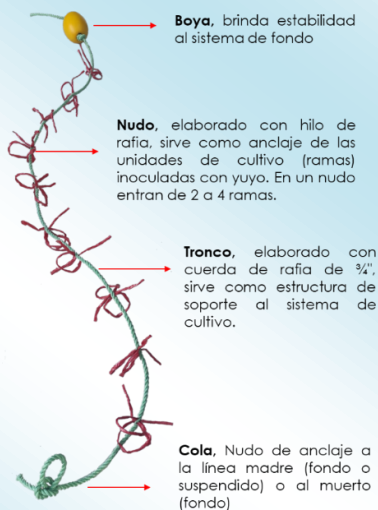
El agua de mar en los estanques o tinas debe contar con un sistema de aireación, generado por un blower (6), el cual abastecerá de movimiento al agua de los estanques permitiendo simular las condiciones naturales del mar. La zona de producción de semilla también agrupa otros materiales que complementan el trabajo en si, como mesas de trabajo, sillas y herramientas varias.

6. Etapas de cultivo en tierra de yuyo por propagación vegetativa (cultivo asexual)



7. Preparación de material para el cultivo

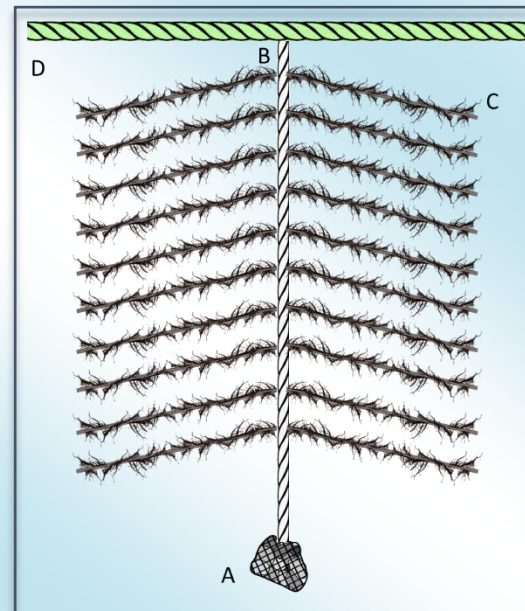
Para el cultivo por propagación vegetativa en mar, se elaborarán sistemas de cultivo tipo árbol, los cuales consisten en un cabo de $\frac{3}{4}$ " de rafia o polipropileno (B), que actúa como tronco y está anclado de un extremo a una línea madre de fondo (D) y en el otro una boya (A), sobre el cual se insertan las unidades de cultivo (C) o ramas inoculadas con el yuyo. En un tronco de 2 metros, se colocan 10 nudos y en cada nudo pueden entrar de 2 a 4 ramas.



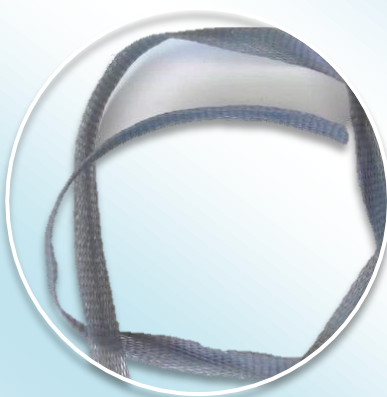
Sistema de cultivo de yuyo tipo árbol anclado a una línea madre de fondo. En cada sistema de 2 metros, pueden entrar hasta 40 unidades de cultivo (ramas) inoculadas con yuyo.

Los sistemas de cultivo tipo árbol de yuyo pueden ser instalados en sistemas suspendidos con la línea madre a 0.5 a 1 metro de profundidad respecto de la superficie (D). Esto debido a que muchas veces las condiciones del fondo no son las más adecuadas (mucha corriente, abundante materia en suspensión, poca disponibilidad de luz, demasiada profundidad, etc).

La diferencia de los sistemas de cultivo suspendido respecto de los anteriores, es que los árboles en lugar de llevar boyas en un extremo, deben llevar pequeños fondeos de 5 a 10 Kg. (A) que brinden estabilidad al sistema y permitan que el tronco (B) se mantenga en la vertical con las ramas (C) libres.



Para elaborar las unidades de cultivo (UC) o ramas se utiliza un sustrato de malla "spider" o malla hortofrutícola (puede ser de 4 cm de ancho) el cual se corta en trozos de 1 metro y se anuda a un extremo.



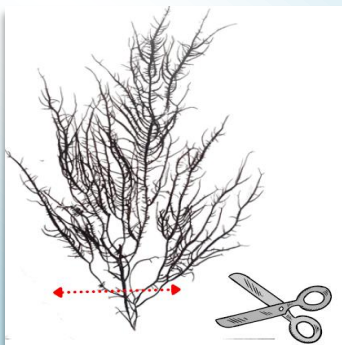
Este tipo de malla se usa normalmente para trasportar ajos o pequeños vegetales. De no tener la disponibilidad de este sustrato, se pueden elaborar unidades de cultivo de malla anchovetera, la cual debe ser cortada en mangas de 3 cm de ancho y 1 metro de largo para luego ser cosidos con hilo de pesca. Esta última opción lleva más de trabajo, pero su uso ha sido comprobado y validado en diversas iniciativas de cultivo de yuyo.



8. Selección y obtención de plántulas de yuyo

Para iniciar el cultivo de yuyo por propagación vegetativa, es necesaria la obtención de una cantidad moderada de materia prima para la producción de inóculos.

Esta materia prima será obtenida mediante buceo semi autónomo dado que las praderas de yuyo son principalmente submareales. Para ello, se tiene que extraer el yuyo considerando no arrancar manualmente toda la planta desde el rizoides, sino, siempre dejando de 2 a 4 cm de distancia desde la base para que se pueda regenerar naturalmente, siempre que el yuyo no esté en veda. Así mismo, no se debe extraer individuos con estructuras reproductivas (ver página 25), para permitir que la especie se siga propagando en su medio natural.



Una vez colectado, el material vegetal debe ser trasladado inmediatamente al laboratorio de producción en condiciones de humedad y evitando sobre todo su exposición al sol.

La cantidad de materia prima (yuyo) proveniente del medio natural, dependerá de la cantidad de sistemas de cultivo a producir, por ejemplo, un sistema de cultivo (árbol) con 20 ramas, necesitará 0.5 Kg de inóculo, lo cual se traduce en 0.7 Kg de materia prima a extraer (considerando 0.2 Kg de pérdida por merma de la materia prima). Por lo tanto, es necesario implementar un plan de manejo de la actividad extractiva para conservar el recurso en su medio natural.

9. Limpieza y tratamiento del yuyo

Una vez se haya recepcionado el material vegetal en el laboratorio, se debe limpiar para eliminar la suciedad y los organismos que puedan encontrarse en el yuyo (conchuelas, cangrejos, piedritas, otras algas, etc.).

El lavado se realiza con agua de mar, frotando vigorosamente las algas para remover todas las impurezas.



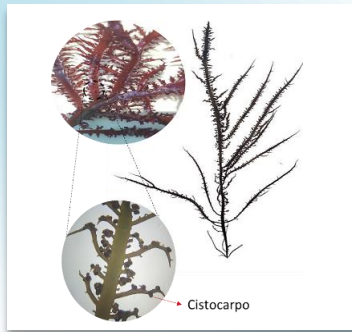
Figura 2: Material vegetal descartado en el proceso de limpieza.



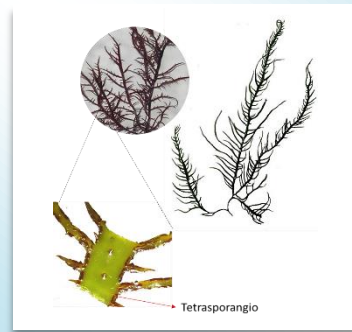
Figura 1: Material vegetal de yuyo deteriorado (degradadas con coloración verdosa)

El lavado finaliza tras retirar las algas dañadas o que no reúnan buenas características para el cultivo: algas deterioradas (con signos de daño o decoloradas), algas muy envejecidas o muy sucias.

Una vez se haya realizado la limpieza del material vegetal, se debe separar el yuyo según su fase reproductiva.



La fase cistocárpica presenta estructuras reproductivas en forma de "pequeñas bolitas", las cuales se llaman cistocarpos. Estas son distinguibles a simple vista.



La fase tetraspórica presenta estructuras reproductivas en forma de "pequeñas almohadillas" oscuras de color marrón sobre todas las pínulas de la planta. Estas estructuras se llaman tetrasporangios y son distinguibles con una observación más exhaustiva.



La fase vegetativa no presenta ninguna estructura reproductiva evidente.

¿Por qué debo hacer esta separación? Si bien es cierto que todas las fases de yuyo tienen la capacidad de propagarse vegetativamente y de formar nuevos brotes, cada fase tiene un rendimiento diferente (supervivencia, tolerancia a las condiciones de cultivo y capacidad de formación de brotes), lo cual puede condicionar el proceso de cultivo. La fase más adecuada para este tipo de cultivo es la vegetativa, luego la cistocárpica y por último la fase tetraspórica. No es recomendable el uso del yuyo con abundantes cistocarpos, por lo cual no debería ser extraído del medio natural. El yuyo en fase tetraspórica es el menos adecuado debido a su poca tolerancia a condiciones de cultivo.



La separación del yuyo en sus fases reproductivas requiere de una observación minuciosa de las características visibles de la superficie de los individuos. Esta separación debe realizarse rápidamente y las algas separadas, deben mantenerse en agua de mar para todo el tiempo para evitar su estrés y su deterioro. Una vez separadas, las algas deben ser mantenidas separadamente en contenedores con agua de mar hasta el proceso de fragmentación.





10. Corte y fragmentación de inóculos. Una vez el yuyo haya sido separado, se procederá a trozarlo manualmente en fragmentos de 5 a 10 cm y posteriormente se trasladarán a las tinas con agua de mar y abundante aireación, para que pueda darse el proceso de cicatrización y se pueda inducir a la formación de nuevos brotes en los inóculos.





11. Cicatrización y mantenimiento de inóculos

Los fragmentos deben ser mantenidos por un mínimo de 2 semanas en estanques de cultivo con agua tratada (filtrado y esterilización) con abundante aireación. Es importante mantener un flujo constante de agua de mar (entrada y salida) de los estanques a lo largo de todo el proceso de cicatrización para permitir la adecuada disposición de nutrientes y evitar la posible acumulación de materia orgánica en los sistemas.

En todo caso, de no poder mantener un flujo constante, se deben realizar recambios diarios del agua de los estanques.

Para evitar pérdidas de inóculos y facilitar el manejo, se pueden elaborar cestas con estructuras de tubo de PVC cubiertas con malla mosquitera. Los inóculos de yuyo se mantendrán dentro de estas cestas.

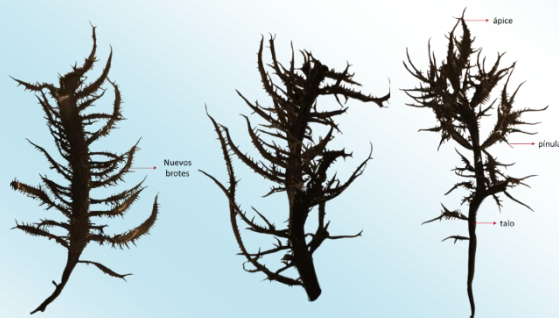


Hay que tener en cuenta que la radiación solar puede proveer la luz necesaria para que las algas puedan hacer fotosíntesis, sin embargo, puede ser demasiado alta, ocasionando un aumento de la temperatura del agua de las tinas de cultivo (hasta los 28°C) y de la radiación (hasta 30 mil LUX) lo cual puede ser perjudicial para los fragmentos de yuyo (inóculos). Para ello, se recomienda cubrir las tinas de cultivo con malla raschel al 70%.



Puede darse el caso que se prefiera no inducir el proceso de cicatrización, es decir, que el yuyo una vez fragmentado, no sea mantenido en los estanques de cultivo por dos semanas, sino que se inocule directamente en los sustratos y luego sea instalado en el mar. Aunque este proceso ha demostrado ser efectivo, el rendimiento del cultivo no suele ser el mismo. Se ha demostrado que los fragmentos de yuyo cicatrizados con abundantes brotes suelen tener una mayor propagación y en menor tiempo que los fragmentos de yuyo sin cicatrizar.

A partir de las 2 semanas, los fragmentos (inóculos) habrán cicatrizado y desarrollado pequeños brotes a lo largo de toda su superficie quedando listos para el proceso de inoculación en los sustratos de malla.



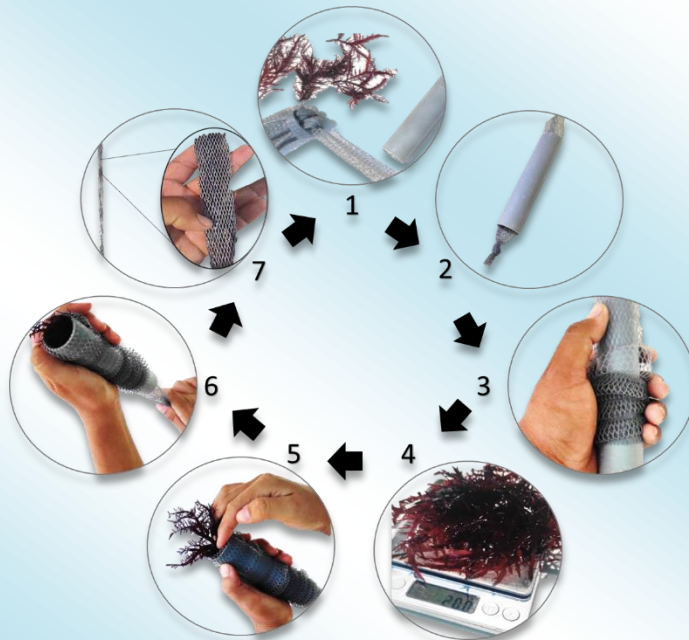
El yuyo de forma natural, tiene la capacidad de adherirse a un nuevo sustrato (piedras, cabos, conchas, etc.) como estrategia de propagación o supervivencia. Al trozar los fragmentos de yuyo y mantenerlos en agua de mar con abundante aireación, se induce a estos fragmentos a su fijación en el sustrato produciéndose cambios morfológicos en el alga:

Los ápices del talo y las pínulas se vuelven más puntiagudos
Se forman nuevos brotes sobre toda la superficie de la planta



12. Inoculación de unidades de cultivo (UC)

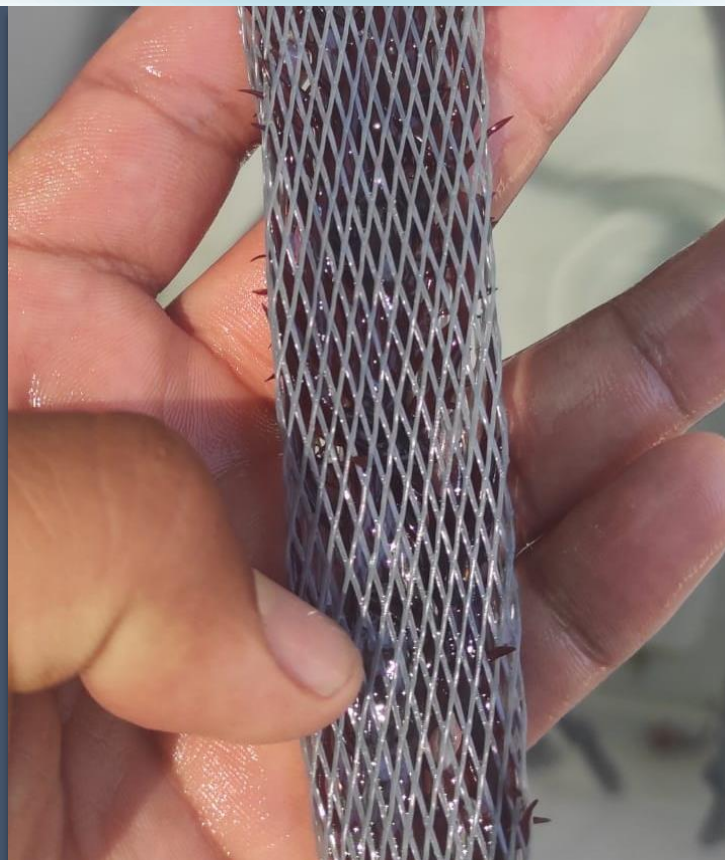
La inoculación de las UC implica colocar los inóculos (fragmentos cicatrizados de yuyo) dentro de los sustratos artificiales de malla "spider" de 1 metro de longitud.



1. Para iniciar con el proceso de inoculación se debe tener listo los inóculos cicatrizados (fragmentos de yuyo), un trozo de 14 cm de tubo de PVC de entre $\frac{3}{4}$ " y 1" y unidades de cultivo (UC, malla spider de 1 metro anudado de un extremo).
2. Se debe insertar el extremo anudado de la UC en el trozo de tubo.
3. Desde el extremo abierto de la malla se envolverá el tubo externamente generando una tensión hasta que el extremo anudado se introduzca ligeramente en el tubo.
4. Se pesará entre 20 y 30 g (peso escurrido) de inóculo, el cual será inoculado en cada UC.
5. Para inocular la UC, se procederá a introducir cuidadosamente los inóculos (fragmentos de yuyo) sobre el extremo abierto.
6. Al mismo tiempo que se introduce el inóculo, con la otra mano, debe jalarse el extremo anudado para permitir que el inóculo se introduzca en el sustrato.
7. Una vez finalizado el proceso de inoculación, se debe anudar el extremo abierto de la malla de manera que ambos extremos queden cerrados. Cabe destacar que es importante que los inóculos se distribuyan uniformemente a lo largo de toda la malla, evitando dejar áreas sin inóculo.

Las UC inoculadas pueden ser mantenidas en las tinajas de cultivo con abundante aireación y recambio de agua de mar hasta que se haya definido la fecha de siembra. Es en este momento cuando se arman los árboles.

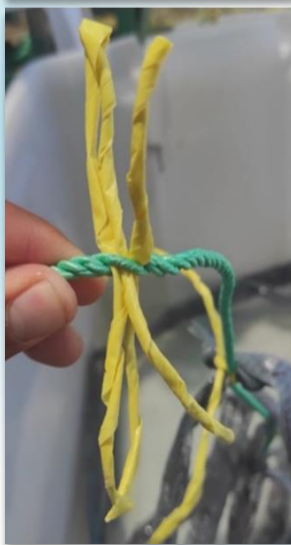
La cantidad de inóculo a agregar por UC (sustrato) dependerá del tipo de fragmento (cicatrizado o sin cicatrizar) y de la disponibilidad de la materia prima. Si el inóculo ha pasado por un proceso de cicatrización, se suele inocular entre 15 a 20 gr (peso escurrido) por metro de sustrato, sin embargo, si es un proceso de inoculación directa, se suele inocular entre 25 a 30 gr. por metro de sustrato. En todo caso, se debe procurar que los fragmentos de yuyo se encuentren uniforme y adecuadamente distribuidos en el sustrato: no se debe dejar espacios vacíos (sin inóculo) y tampoco generar espacios con abundante inóculo y zonas poco pobladas.



13. Armado de sistemas de cultivo (árboles)

Los sistemas de cultivo tipo árbol (en adelante SC) serán armados días previos a la actividad de siembra. Debido a que previamente ya se tiene armado el tronco y los nudos del SC, este proceso consistirá básicamente en la fijación de las unidades de cultivo (UC o sustratos inoculados con yuyo) en el tronco de los árboles. Se anudarán 40 UC (ramas) por cada SC (árbol).

Nudo elaborado con hilo de rafia sobre el cual se fijará las UC inoculadas con yuyo.



Sobre el Nudo se fijan las UC inoculadas con yuyo. Tener en cuenta el nivel de fijación adecuado dado que estas estructuras una vez instaladas en el mar, serán sacudidas por la corriente

Una vez las UC hayan sido fijadas en el SC, se debe mantener el sistema en los tanques de cultivo con abundante aireación.





14. Siembra de los sistemas de cultivo en mar

Para la siembra, los SC (árboles) deben ser trasladados en contenedores térmicos húmedos evitando en todo momento su deterioro por desecación o exposición al sol. Una vez trasladados al área de cultivo, los SC deben ser amarrados a la línea madre (ya sea de fondo o suspendido) cada 1.20 m de distancia. Este proceso de anclaje se desarrolla en la embarcación y debe llevarse a cabo rápidamente para evitar el deterioro de los inóculos.

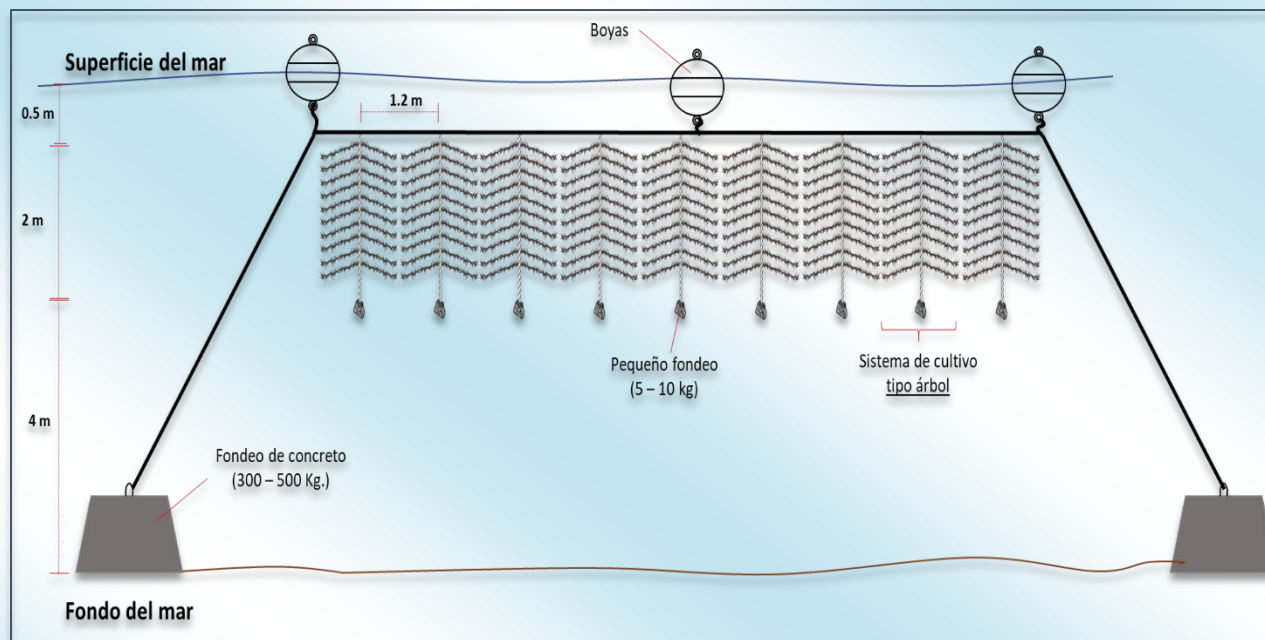




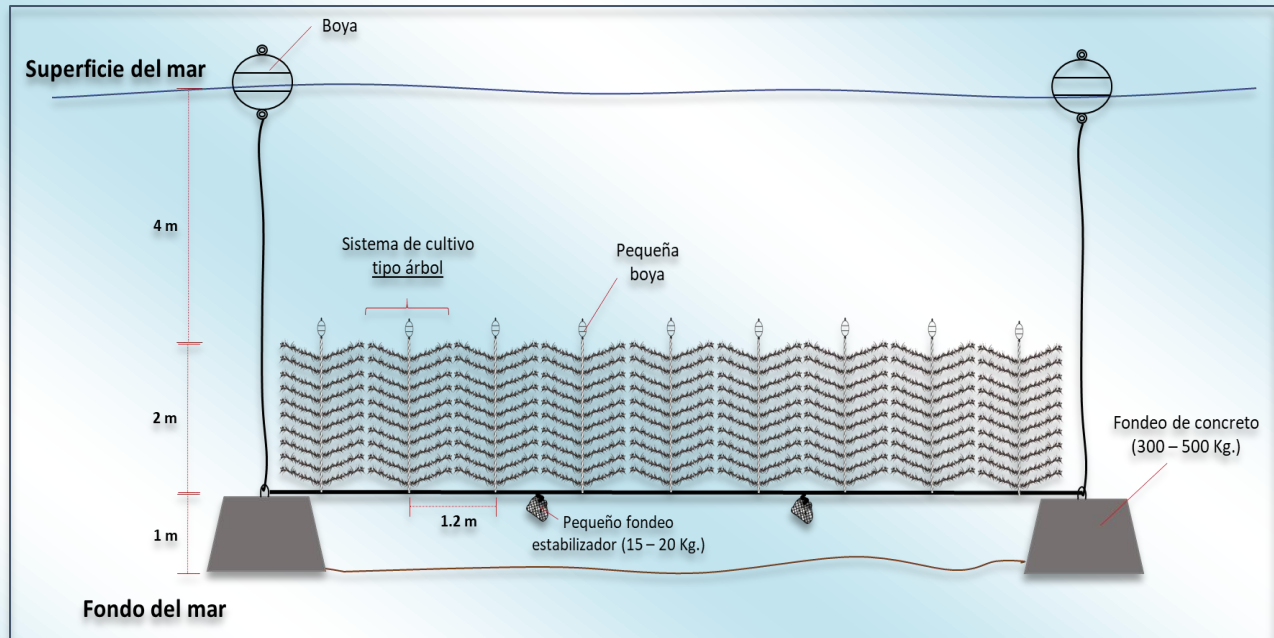
Una vez se haya finalizado el anclaje de los árboles sobre la línea madre, se procede a finar la línea sobre los fondeos. Esta actividad debe ser realizada por un buzo.

Los sistemas de cultivo en mar dependerán de las condiciones del área de siembra (profundidad, turbidez del agua, dinámica de las corrientes) y las facilidades técnicas y logísticas disponibles. Se recomienda instalar la infraestructura de cultivo (fondeos, línea madre, etc.) previamente al proceso de siembra de los sistemas de cultivo (SC). El SC tipo árbol puede ser instalado en sistemas de cultivo de fondo y en sistemas de cultivo suspendido.

a) Sistema de cultivo suspendido



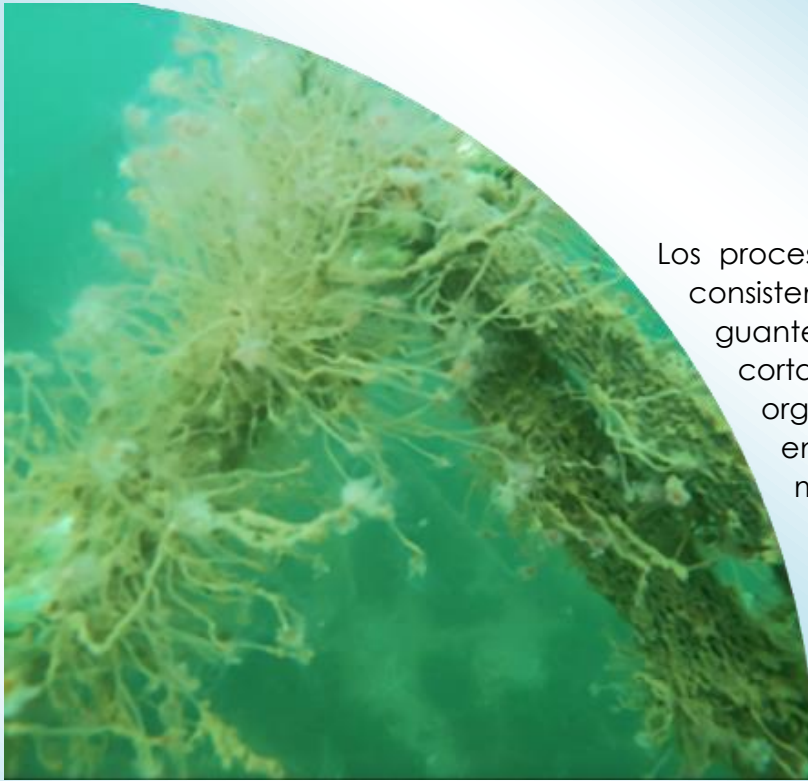
b) Sistema de cultivo de fondo



15. Manejo de los sistemas de cultivo en mar

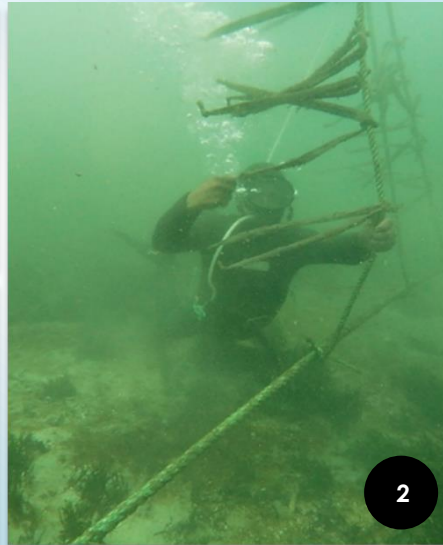
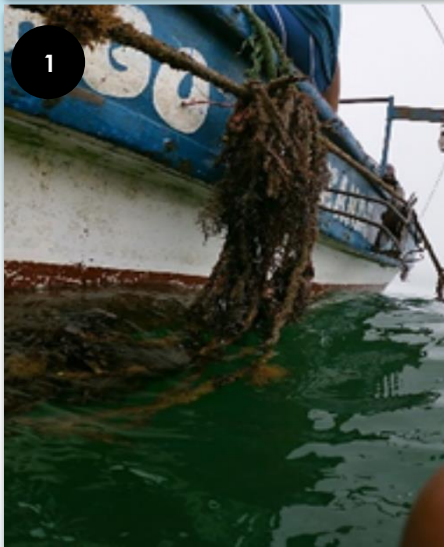
El manejo en los sistemas de cultivo en las áreas de mar en la bahía de Sechura, debe ser periódico (semanal o máximo quincenal). Se considera crítico las primeras semanas posteriores a la siembra debido a que el poco crecimiento del inoculo colocado en los sustratos, puede dar paso al asentamiento de posibles competidores en los sistemas de cultivo como otras algas, moluscos, crustáceos y hasta huevos de peces. Estos organismos impiden el desarrollo normal del yuyo reduciendo su rendimiento productivo.





Los procesos de seguimiento y monitoreo, consisten en la remoción manual (con guantes u otro material de frotación no cortante) de las suciedades u organismos que se hayan asentado en los sustratos de cultivo. Para ello, mediante buceo semiautónomo (si es un cultivo de fondo) o levantando la línea de cultivo (con una rola de cosecha si es un cultivo suspendido), se debe sacudir las ramas de los árboles y remover la suciedad sobre toda la superficie.

1. Limpieza de los sistemas suspendidos mediante una rola de cosecha.



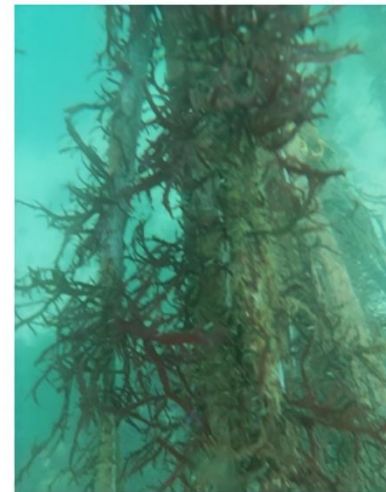
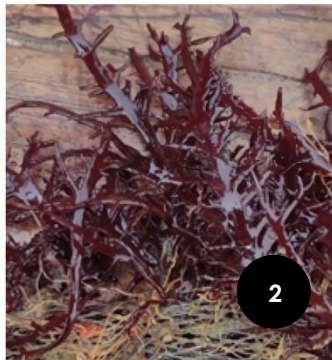
2. Limpieza de los sistemas de cultivo de fondo mediante buceo semiautónomo.

Así mismo, en cada jornada de limpieza (semanal o quincenal), se debe medir el crecimiento del yuyo sobre los sistemas de cultivo para poder ir evaluando cual es el desempeño de los cultivos.



Semana 0 (instalado el cultivo)

1. Semana 3 (instalado el cultivo)



El tiempo de cultivo en el mar y el nivel de producción dependerá de la técnica de cultivo utilizada para la obtención de inóculos (por propagación vegetativa o por esporas), el tratamiento de los fragmentos (cicatrizados, no cicatrizados), el método de cultivo en mar (cultivo de fondo o suspendido), estación del año y la localidad. En líneas generales para las condiciones del Perú se han obtenido resultados entre los 200 a 800 gramos de yuyo por metro lineal entre el mes y los dos meses de cultivo.



Al mes de cultivo de yuyo por propagación vegetativa en Pisco La Puntilla (julio - agosto 2019). Foto: Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (LICMA).



Al mes de cultivo de yuyo por propagación vegetativa en la bahía de Sechura (Piura), concretamente en Bayóvar (noviembre - enero 2022, nótese que en este periodo se produjo un evento “Niña”, con un régimen de temperatura del agua por debajo de las condiciones habituales).

Zona	Rendimiento productivo (gramos por metro lineal)	Técnica de cultivo	Tiempo de cultivo en mar	Proyecto/Institución	Año
Piura - Vichayo	422.74 ± 44 (1) 212.11 ± 12.1 (2)	Propagación vegetativa - Fragmentación en malla "spider", cultivo suspendido a 3 metros (1), cultivo de fondo a 8.5 m (2) - Temporada verano (noviembre - enero)	60 días	ACUIPESCA PERU/CETMAR	2022
Piura - Barrancos	350.22 ± 64.2	Propagación vegetativa - Fragmentación en malla "spider", cultivo de fondo (6 metros) - Temporada verano (noviembre - enero)	60 días	ACUIPESCA PERU/CETMAR	2022
Piura - Bayóvar	551.13 ± 98.78 (1) 431 ± 68.12 (2)	Propagación vegetativa - Fragmentación en malla de red anchovetera (1) y en malla spider (2), cultivo de fondo (2 metros) - Temporada verano (noviembre - enero)	45 días	ACUIPESCA PERU/CETMAR	2022
Pisco - Atenas	602.23 ± 97.2	Propagación vegetativa - Fragmentación en malla "spider", cultivo de fondo (4 metros) - Temporada verano (diciembre - febrero)	45 días	PNIPA/COTRAPALMAR	2022
Pisco - La Puntilla	640.41 ± 34.25 (1) 1017.8 ± 122.6 (2) 1345.69 ± 82 (3)	Propagación vegetativa - Encordado en líneas de rafia, cultivo de fondo a los 6 metros (1), cuatro metros (2) y dos metros (3) - Temporada invierno (Julio - agosto)	30 días	PNIPA/Universidad Científica del Sur	2019
Pisco - La Puntilla	265.49 ± 58.39	Propagación vegetativa - Encordado en líneas de driza, cultivo de fondo (6 metros) - Temporada invierno (Julio - agosto)	30 días	PNIPA/Universidad Científica del Sur	2019
Pisco - San Andrés	850.23 ± 152.1	Propagación vegetativa - Fragmentación en malla "spider", cultivo de fondo (1.5 metros) - Temporada invierno (Julio - agosto)	30 días	PNIPA/Universidad Científica del Sur	2020
Pisco - La Puntilla	1300 ± 15 (1) 920 ± 120 (2)	Cultivo a partir de esporas (carpósporas) en sustratos de cuerda de polipropileno en cultivos de fondo (6 metros) en meses cálidos de setiembre a febrero (1) y en meses fríos de marzo a agosto (2)	120 días	INNOVATEPERU/Universidad Científica del Sur	2019

Una de las grandes ventajas que tiene el cultivo de yuyo, es que te permite generar varias cosechas (post cosechas) a partir de una línea sembrada. Eso quiere decir, que los sistemas de cultivo de yuyo, pueden dar de 3 a 4 cosechas posteriores a la primera cosecha, siempre que se mantenga un manejo (limpieza y seguimiento) periódico de los sistemas de cultivo; dado que, al realizar una cosecha, los sustratos de cultivo son susceptibles a ser colonizados por otros organismos del mar (*Fouling*).

Prueba de esto, es que, en Pisco, en el Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (LICMA – UCSUR), se han documentado sistemas de cultivo de yuyo que se mantienen produciendo cosechas sucesivas desde el año 2013 hasta la actualidad.



Al mes de cultivo de yuyo por propagación vegetativa en Pisco, La Puntilla (julio - agosto 2019). Foto: Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (LICMA).



Apariencia de los Sistemas de cultivo a un mes de realizada la primera cosecha en Pisco, La Puntilla (julio - agosto 2019). Foto: Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (LICMA).

16. Cosecha

Una vez se haya obtenido el tamaño comercial (a partir de los 12 cm.) se procede a cosechar el yuyo de los sistemas de cultivo mediante el arrancado manual, mediante buceo semiautónomo en el caso de cultivos de fondo, o levantando la línea de cultivo en el caso de cultivo suspendido; evitando en todo momento el deterioro del sustrato de cultivo.

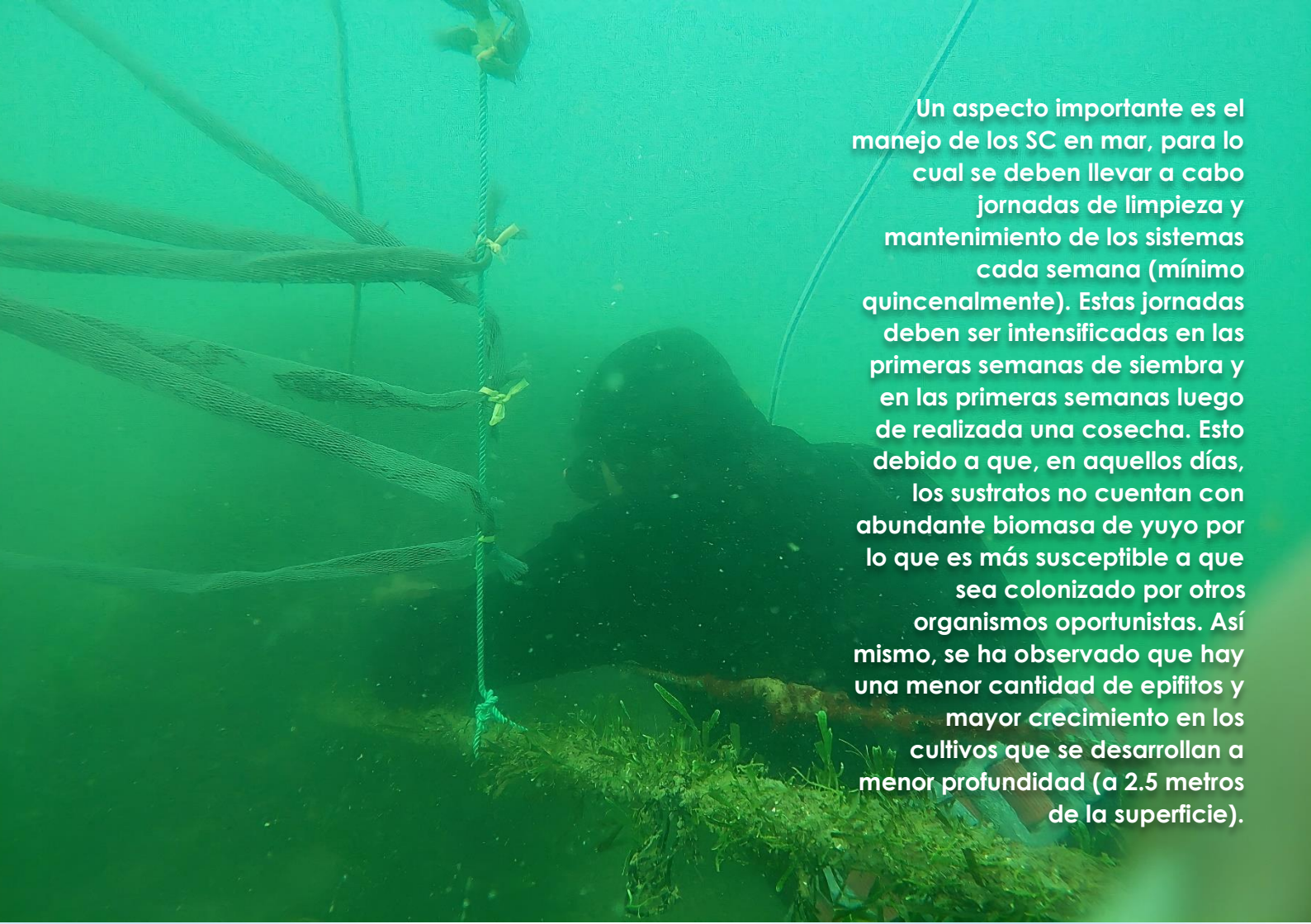


17. Recomendaciones para desarrollar el cultivo en la bahía de Sechura

El cultivo de yuyo es una alternativa de gran potencial para desarrollar la maricultura en nuestro país, debido a que su producción es técnicamente viable, relativamente sencilla y de bajo costo, además, existe una alta demanda en el mercado nacional y genera beneficios socioambientales. Así mismo, la bahía de Sechura cuenta con las condiciones adecuadas para desarrollar su cultivo (ya sea en cultivos de fondo o suspendido). Un solo *batch* de cultivo puede permitir obtener hasta 3 cosechas, siendo la primera a los 45 días de instalado los cultivos en el mar*.

	1				2				3				4				5				6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Preparación de material	x																							
Selección y obtención de plántulas		x																						
Producción de unidades de cultivo (UC) inocuadas con fragmentos de yuyo		x	x	x																				
Armado de sistemas de cultivo (SC) tipo árbol				x																				
Siembra y cultivo en mar			x	x	x	x	x	x	x	x														
Cosecha										x														
Cultivo en mar											x	x	x	x	x	x								
Primera post cosecha																x								
Cultivo en mar																x	x	x	x	x	x	x		
Segunda post cosecha																							x	

*Basado en los resultados productivos obtenidos en el cultivo de yuyo en las UPDs en la bahía de Sechura.

An underwater photograph showing a diver in a dark wetsuit and mask working on a vertical rope structure. The rope is secured with yellow and blue ties. The water is a deep greenish-blue, and there is a significant amount of green seaweed or algae growing on the bottom and around the rope. The diver is positioned in the center-right of the frame, looking towards the left.

Un aspecto importante es el manejo de los SC en mar, para lo cual se deben llevar a cabo jornadas de limpieza y mantenimiento de los sistemas cada semana (mínimo quincenalmente). Estas jornadas deben ser intensificadas en las primeras semanas de siembra y en las primeras semanas luego de realizada una cosecha. Esto debido a que, en aquellos días, los sustratos no cuentan con abundante biomasa de yuyo por lo que es más susceptible a que sea colonizado por otros organismos oportunistas. Así mismo, se ha observado que hay una menor cantidad de epifitos y mayor crecimiento en los cultivos que se desarrollan a menor profundidad (a 2.5 metros de la superficie).

Por otro lado, se tienen que tener en consideración la siguiente información antes de iniciar un proyecto de cultivo de yuyo:

La capacidad instalada en el laboratorio en tierra para producir sistemas de cultivo de yuyo

¿Cuántos sistemas de cultivo puedo producir al mes según la capacidad del laboratorio?

¿Cuántos días y personal requiero para inocular las unidades de cultivo (UC)?

Una persona puede inocular 30 UC (sustrato de malla spider o rama) por hora. Por tanto, 6 personas en una hora podrían inocular 180 UC. ¿Cuánto personal y horas diarias de trabajo requiero para producir "X" número de UC?

¿Cuántos días y personal requiero para armar los sistemas de cultivo (SC) tipo árbol?

Una persona puede armar 3 SC tipo árbol por hora (cada árbol tiene 40 UC o ramas). Por tanto, 6 personas en una hora pueden armar 18 SC tipo árbol. ¿Cuánto personal y horas diarias de trabajo requiero para producir "X" número de SC? ¿Cuántos quiero sembrar?

¿Cuál es la proyección del rendimiento que espero obtener?

El cultivo de yuyo es indudablemente una actividad económica y como tal, debe considerar un retorno de la inversión y un porcentaje de ganancia adecuado que pueda sustentar las actividades a futuro. Por lo tanto, un SC tipo árbol de 40 ramas puede producir mínimamente por cosecha entre 15 a 20 Kg de yuyo (peso fresco). ¿Cuántos SC debo instalar para obtener un rendimiento productivo que sustente una ganancia?

