



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dpto. de Ciencia Animal

Dimensionado de una instalación para el cultivo de
macroalgas

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Acuicultura

AUTOR/A: Conde Crespo, Tomás

Tutor/a: Martínez Llorens, Silvia

Cotutor/a: Jauralde García, Ignacio

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



Máster Universitario en Acuicultura
Valencia

Dimensionado de una instalación para el cultivo de macroalgas

AUTOR:

Tomás Conde Crespo

DIRECTORES DEL PROYECTO:

Silvia Martínez Llorens

Ignacio Jauralde García

RESUMEN

La alguicultura o producción de algas está aumentando anualmente y ganando protagonismo dentro del sector acuícola. Actualmente es un negocio que mueve alrededor de 6 billones de USD anuales según la FAO (2020). El volumen de negocio tiene dos procedencias diferenciadas: el cultivo y la recolección, ambas con las mismas finalidades. La mayor parte de las algas cultivadas se destinan a la alimentación humana. El cultivo de algas en granjas hace que este negocio sea una actividad más sostenible evitando la sobreexplotación de los recursos naturales y el deterioro de los ecosistemas.

Entre todas las especies que se producen en la actualidad, el género *Ulva* resulta la mejor elección para este estudio puesto que posee un rápido crecimiento y pueden transformarse en productos de valor añadido muy interesantes como el ulvan.

Es por ello que el objetivo del presente Trabajo de fin de Máster fue realizar un dimensionado de una granja para el cultivo de *Ulva ohnoi* en la costa de Pozo Izquierdo (Gran Canaria) en con la finalidad de generar un volumen adecuado para sustentar este tipo de negocio. El volumen de facturación anual es de 200.000€ con una producción de 3800kg de mínima con 10 lotes (4200kg en 12 lotes) para asegurar la producción y mantener a 3 personas. El 80% dedicado a ulva seca y el 20% dedicado al polisacárido ulvan.

El análisis dinámico demuestra que el proyecto es sólido y prometedor con un VAN y un TIR positivo.

Palabras clave: Alguicultura, *Ulva ohnoi*, ulvan, producción, instalación.

SUMMARY

Algae farming or seaweed production is increasing annually and gaining prominence within the aquaculture sector, it is currently a business that moves around 6 billion USD annually according to the FAO (2020). Within this business there are two types of production: production and harvesting, both with the same purposes. Most of this production is destined for human consumption. Farming makes this business a more sustainable activity, avoiding the overexploitation of natural resources and their deterioration.

Among all the species currently available, the *Ulva* genus is the best choice for this study as it has a fast growth and very interesting added value by-products such as ulvan.

The aim of this master's thesis is to size an *Ulva ohnoi* farm on the coast of the island of Gran Canaria in Pozo Izquierdo to generate an adequate size to sustain this type of business. The annual turnover is 200.000€ with a production of 3800kg minimum with 10 batches (4200kg in 12 batches) to ensure production and support 3 people. 80% dedicated to dry ulva and 20% dedicated to ulvan polysaccharide.

The dynamic analysis shows that the project is solid and promising with a positive VAN and TIR

Keywords: Algaculture, *Ulva ohnoi*, ulvan, production, installation.

RESUM

La alguicultura o producció d'algues està augmentant anualment i guanyant protagonisme dins del sector aquícola. Actualment és un negoci que mou al voltant de 6 bilions de USD anuals segons la FAO (2020). El volum de negoci té dos procedències diferenciades: el cultiu i la recollecció, totes dues amb les mateixes finalitats. La major part de les algues cultivades es destinen a l'alimentació humana. El cultiu d'algues en granges fa que este negoci siga una activitat més sostenible evitant la sobreexplotació dels recursos naturals i la deterioració dels ecosistemes.

Entre totes les espècies que es produïxen en l'actualitat, el gènere ulva resulta la millor elecció per a este estudi perquè posseïx un ràpid creixement i poden transformar-se en productes de valor afegit molt interessants com el ulvan.

És per això que l'objectiu del present Treball de fi de Màster va ser realitzar un dimensionament d'una granja per al cultiu de *Ulva ohnoi* en la costa de Pou Esquerre (Gran Canària) en amb la finalitat de generar un volum adequat per a sustentar este tipus de negoci. El volum de facturació anual és de 200.000€ amb una producció de 3800kg de mínima amb 10 lots (4200kg en 12 lots) per a assegurar la producció i mantindre a 3 persones. El 80% dedicat a ulva seca i el 20% dedicat al polisacàrid ulvan.

L'anàlisi dinàmica demostra que el projecte és solgut i prometedor amb un VAN i un TIR positiu

Paraules clau: Alguicultura, *Ulva ohnoi*, ulvan, producció, instal·lació.

ÍNDICE ABREVIATURAS

BEA: Banco Español de Algas.

DG: Director General.

EE. UU.: Estados Unidos de América.

F: Flujo.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FEMPA: Fondo Europeo Marítimo de Pesca y Acuicultura.

I: Inoculo.

IAT: Incubadora de Alta Tecnología.

ITC: Instituto Tecnológico de Canarias.

IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido.

PFF: Peso Fresco Final.

PFT: Peso Fresco Total.

PFTL: Peso Fresco Total por Lote.

PFTLR: Peso Fresco Total por Lote Real.

PROAC: Plan de Regional de Ordenación de Aguas de Canarias.

PS: Peso Seco.

PST: Peso Seco Total.

PSU: Peso Seco Ulvan.

SPEGC: Sociedad de Promoción Económica de Gran Canaria.

TA: Técnico Acuicultor.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

ULPGC: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

ULV: Ulvan.

UV: UltraVioleta.

VAN: Valor Actual Neto.

Ve: Volumen evaporación.

Vi: Volumen inicial

Vol: Volumen.

W: Vatio.

É: Energía.

ÍNDICE

1-. Introducción.....	1
1.1-. Situación Mundial.....	1
1.2-. Situación Europea.....	2
1.3-. Localización.....	2
1.4-. Forma de cultivo.....	3
1.5-. El alga y su biología.....	3
1.6-. Producción.....	4
1.7-. Transformación.....	4
1.8-. Precios de venta.....	5
2-. Justificación y Objetivos.....	5
3-. Material y métodos.....	6
3.1-. Planteamiento inicial.....	6
3.2-. Cálculos generales.....	7
3.3-. Aireación.....	10
3.4-. Volúmenes.....	11
3.5-. Espacio necesario.....	11
3.6-. Fertilización.....	12
3.7-. Tipos de tanques y su preparación.....	13
3.8-. Esquema de manejo.....	16
3.8.1-. Cuarentena:.....	17
3.8.2-. Laboratorio/Maternidad:.....	17
3.8.3-. Fase de Pre-escalado:.....	18
3.8.4-. Fase de Escalado:.....	18
3.8.5-. Fase de Producción:.....	18
3.8.6-. Transformación:.....	19
3.8.7-. Venta:.....	19
3.9-. Costes de instalación.....	19
3.10-. Amortización.....	22
3.11-. Personal.....	22
3.12-. Estudio estático.....	23
3.13-. Estudio dinámico.....	24
4-. Resultados y discusión.....	26
4.1-. Cálculos generales.....	26
4.2-. Aireación.....	27
4.3-. Caudales de producción.....	28

4.4-. Espacio de producción.....	28
4.5-. Fertilización.....	29
4.6-. Número de tanques totales.....	30
4.7-. Esquema de manejo.....	31
4.7.1-. Cuarentena.....	32
4.7.2-. Maternidad.....	33
4.7.3-. Pre-escalado.....	33
4.7.4-. Escalado.....	33
4.7.5-. Producción.....	34
4.7.6-. Transformación.....	34
4.7.7-. Venta.....	34
4.8-. Costes de la instalación.....	35
4.9-. Amortización.....	37
4.10-. Personal.....	37
4.11-. Estudio estático.....	38
4.12-. Estudio dinámico.....	39
5-. Conclusión.....	40
6-. Bibliografía.....	41

ÍNDICE FIGURAS

<i>Figura 1. Producción de acuicultura de peces y algas a nivel mundial entre 1991-2020 (FAO 2020).</i>	1
<i>Figura 2. Ciclo biológico de ulva. (Cremades et al., 2002)</i>	4
<i>Figura 3. Comparativa de venta de algas verdes desde 2015 hasta diciembre 2022 en toda la comunidad gallega. (PESCA DE GALICIA).</i>	5
<i>Figura 4. Planteamiento inicial de toma de decisiones.</i>	6
<i>Figura 5. Bomba electrosoplante de aireación.</i>	11
<i>Figura 6. Espectrofotómetro.</i>	12
<i>Figura 7. Filtración de agua del cultivo.</i>	14
<i>Figura 8. Esquema de manejo con tiempos de estancia y números de tanques.</i>	16
<i>Figura 9. Parámetros de calidad del agua de toda la instalación.</i>	17
<i>Figura 10. Cultivo de ulva en laboratorio (Fotografía de Paula Baldassin).</i>	18
<i>Figura 11. Proceso de obtención y aislamiento del polisacárido ulvan.</i>	19
<i>Figura 12. Distribución de espacios de la instalación y leyenda.</i>	20
<i>Figura 13. Movimiento generado por la aireación sobre la biomasa algal.</i>	28
<i>Figura 14. Variación de flujo económico a 20 años.</i>	40

ÍNDICE TABLAS

<i>Tabla 1. Estimación de producción anual y precios de venta al minorista.</i>	7
<i>Tabla 2. Coste por unidad de las instalaciones.</i>	21
<i>Tabla 3. Coste unitario de la maquinaria.</i>	22
<i>Tabla 4. Costes actualizados de energía, agua y fertilizante.</i>	23
<i>Tabla 5. Cálculos generales.</i>	27
<i>Tabla 6. Calculo del volumen de agua de todos los tanques.</i>	28
<i>Tabla 7. Cálculo de la superficie que ocupan todos los tanques.</i>	29
<i>Tabla 8. Calendario de fertilización mensual.</i>	30
<i>Tabla 9. Inoculo inicial y producción final.</i>	30
<i>Tabla 10. Necesidades de tanques para las instalaciones.</i>	31
<i>Tabla 11. Excel toma decisiones en el escalado del cultivo.</i>	32
<i>Tabla 12. Biomasa en estación de cuarentena con tipos de análisis.</i>	32
<i>Tabla 13. Biomasa en estación de maternidad.</i>	33
<i>Tabla 14. Biomasa en estación de pre-escalado</i>	33
<i>Tabla 15. Biomasa en estación de escalado.</i>	33
<i>Tabla 16. Biomasa en estación de producción.</i>	34
<i>Tabla 17. Cantidades de producto transformadas y su finalidad.</i>	34
<i>Tabla 18. Precio de venta por lote.</i>	35
<i>Tabla 19. Coste de la instalación</i>	36
<i>Tabla 20. Coste maquinaria.</i>	36

<i>Tabla 21. Amortización a 20 años.</i>	37
<i>Tabla 22. Gastos anuales de personal.</i>	38
<i>Tabla 23. Gasto energético de la instalación al año.</i>	38
<i>Tabla 24. Gastos acuático de la instalación al año.</i>	38
<i>Tabla 25. Gasto fertilizante de la instalación anual.</i>	38
<i>Tabla 26. Resumen de los gastos del estudio estático.</i>	39
<i>Tabla 27. Estudio dinámico con cálculos a 20 años con los datos VAN y TIR.</i>	40

1-. Introducción.

La acuicultura, es uno de los sectores productivos que más está creciendo en la actualidad y lo seguirá haciendo durante años. Este aumento supondrá un impacto medioambiental, por lo que es necesario desarrollar sistemas de cultivo eficientes y respetuosos con el medio ambiente. (Liu *et al.*, 2013)

1.1-. Situación Mundial

En el 2020 la producción de macroalgas global alcanzó una cantidad de 32.4 millones de toneladas con un valor de 6 billones de dólares (FAO 2020). Un 85% de la producción fue usada para alimentación humana y la mayor parte fue cultivada (Figura 1).

China es el principal productor de algas marinas comestibles, con unos cinco millones de toneladas. La mayor parte de esta cantidad corresponde a *Laminaria japonica* cuyo cultivo en cuerdas suspendidas ocupa cientos de hectáreas en el océano. La República de Corea cultiva unas 800 000 toneladas de tres especies diferentes, el 50 por ciento de las cuales corresponde a *Undaria pinnatifida* cuyo cultivo es similar al de *Laminaria* en China. La producción japonesa asciende a unas 600 000 toneladas, de las que el 75 por ciento corresponde a *Porphyra*; se trata de un producto de gran valor (unos 16000 dólares EE. UU. por tonelada), en comparación con la *Laminaria japonica* (2800 dólares EE. UU.) y *Undaria pinnatifida* (6 900 dólares EE. UU.).

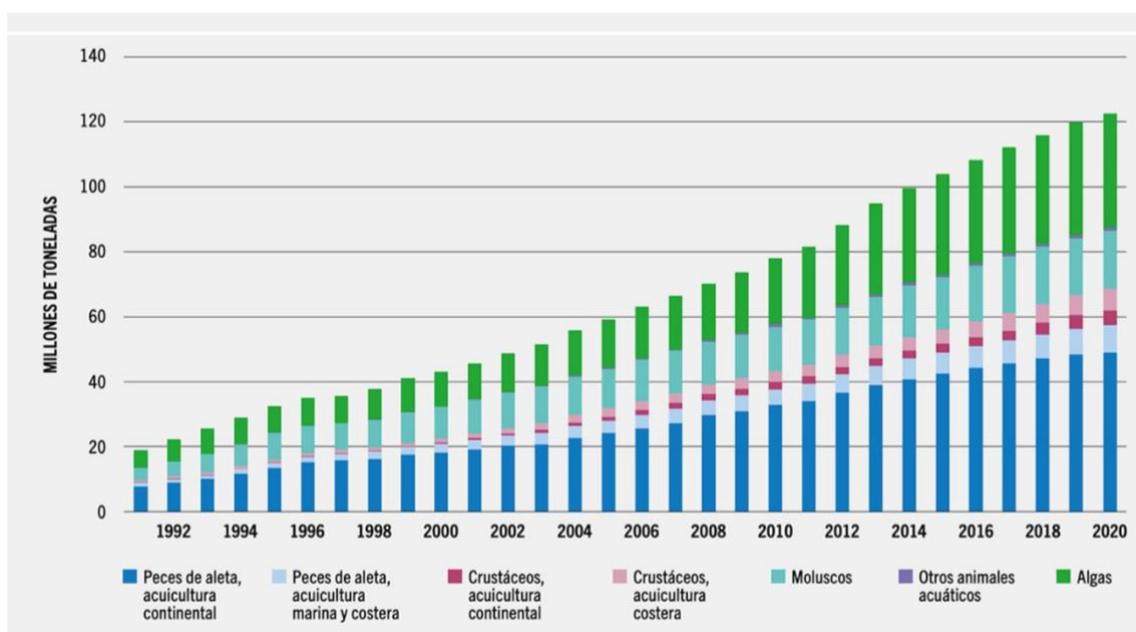


Figura 1. Producción de acuicultura de peces y algas a nivel mundial entre 1991-2020 (FAO 2020).

1.2-. Situación Europea

La política europea actual busca una economía sostenible para lograr un equilibrio entre los recursos naturales y las necesidades de la población. Su modelo bioeconómico se basa en la producción de recursos biológicos renovables y su conversión en productos de valor añadido, productos de base biológica, bioenergía y servicios. Junto con esto, la estrategia de crecimiento azul promueve la creación de empleo en zonas costeras destacando en sectores como la acuicultura o la biotecnología azul.

El nuevo Fondo Europeo Marítimo de Pesca y Acuicultura (FEMPA) 2021-2027 pretende alcanzar un reto económico, promoviendo el crecimiento sostenible de la acuicultura que ponga en el mercado una mayor cantidad de producto, para lo que se favorecerá la inversión en nuevos proyectos mediante la disponibilidad de espacios y la agilización de los procedimientos; un reto social, promoviendo una actuación en línea, flexible y actualizada de todos los agentes que trabajan en la actividad; un reto medioambiental mediante un uso más eficiente de los recursos, la utilización de energías limpias y la búsqueda de piensos y alimentos sostenibles; y un reto de gobernanza y planificación, buscando mejorar la coordinación administrativa y la integración de los diferentes agentes.

Las algas juegan un papel importante en las prioridades de la Unión Europea. Proporcionan un gran número de servicios ecosistémicos, contribuyen a la producción primaria, absorben los nutrientes disueltos en el medio ambiente, protegen la costa de las olas peligrosas y realizan la actividad esencial de secuestro de carbono (Alexandera *et al.*, 2015).

1.3-. Localización

El Cabildo de Gran Canaria, a través de la Sociedad de Promoción Económica de Gran Canaria (SPEGC) y la Consejería de Sector Primario y Soberanía Alimentaria, está llevando a cabo un conjunto de iniciativas en el marco de la *Plataforma BIOASIS* para desarrollar el sector de la biotecnología azul y de la acuicultura, destaca el papel de la Incubadora de Alta Tecnología (IAT) como una infraestructura singular la cual apoya proyectos empresariales novedosos en fase inicial para su asentamiento en la Isla de Gran Canaria.

BIOASIS tiene su sede física en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), los usuarios tendrán acceso a los servicios de apoyo científico-técnico tanto del ITC como del Banco Español de Algas (BEA) y el grupo de investigación de la ULPGC. La aprobación del Plan Regional de Ordenación de Aguas de Canarias (PROAC) en 2018 dio un cambio a la legislación existente hasta el momento, dotando a las islas de una normativa común para un buen desarrollo de las actividades relacionadas con el mar. En esta nueva actualización se incluyó un pequeño número de especies de algas.

La amplia biodiversidad canaria y sus condiciones climáticas tanto la temperatura ambiental media de 23,5°C como la cantidad de horas de luz solar mensuales de aproximadamente 350h suponen una ventaja competitiva. A estas ventajas se le suman importantes incentivos fiscales y apoyos en investigación que hacen de Gran Canaria un lugar idóneo para instalar una actividad tan novedosa como esta.

1.4-. Forma de cultivo

Los sistemas de cultivo en tierra brindan la oportunidad de producir especies con alto valor en el mercado, su interés comercial se debe a las altas productividades obtenidas de estas algas produciendo, diariamente, entre 20-100g de peso seco/m² (Mata, 2010), superando con creces las producciones de los bosques marinos y los cultivos terrestres. Estos sistemas son adecuados para algas marinas con propagación vegetativa o clonal, lo que evita el control de un complejo ciclo de vida, además se obtiene un mayor control sobre las cantidades y calidades del producto, así como una mejor trazabilidad (Hafting, 2012). Sin embargo, a pesar de estas ventajas, existen otras desventajas que son el requisito de infraestructura, mantenimiento y energía. Estas desventajas hacen que la producción de algas quede restringida a productos con alto valor como alimento o extracción de bioproductos para nutracéutica o cosmética.

1.5-. El alga y su biología

Dentro de las macroalgas del género *Ulva* destaca la especie *U. ohnoi*, que resulta idónea para su cultivo en tierra debido a sus altas tasas de crecimiento y uso más eficiente de la luz, con una producción anual que ronda las 138Tn/ha. Otra de sus bondades en el cultivo también está su capacidad de multiplicación vegetativa, su potencial para captar y crecer en medios ricos en nitrógeno (NO₃⁻ y NH₄⁺) y fósforo, su morfología laminar fina, y a su gran plasticidad morfológica y ecofisiológica (Casais, 2016). Y, por último, cabe destacar, su alto valor en el mercado, así como de sus bioproductos derivados, entre los que destaca el ulvan, que se tratará en el apartado XX.

Se debe tener en cuenta para obtener un rendimiento óptimo en el cultivo de *U. ohnoi* el control de densidad de siembra, logrando, así, grandes efectos de duplicación del rendimiento de biomasa. La densidad óptima estimada es de 1,026 kg/m³ en sistemas de recirculación y las tasas de crecimiento están comprendidas entre un 5-20%/día (pudiendo llegar a alcanzar hasta un 38%). (Casais, 2016).

La *U. ohnoi* posee un ciclo de vida de 3 semanas, la reproducción se produce con la transformación de las células vegetativas en células reproductivas y la liberación de células móviles flageladas que pueden ser sexuales (gametos) o asexuales (esporas) (Duran de Grau y Pascual., 1986). La aparición de propágulos en el agua y los bordes de las láminas amarillentos indican el inicio del proceso de reproducción (Figura 2). El control sobre este ciclo evitará el uso de especies silvestres para proliferar futuras

generaciones, de esta manera podemos seleccionar los genotipos que destaquen con mejor producción de biomasa y descartar aquellos de menor rendimiento.

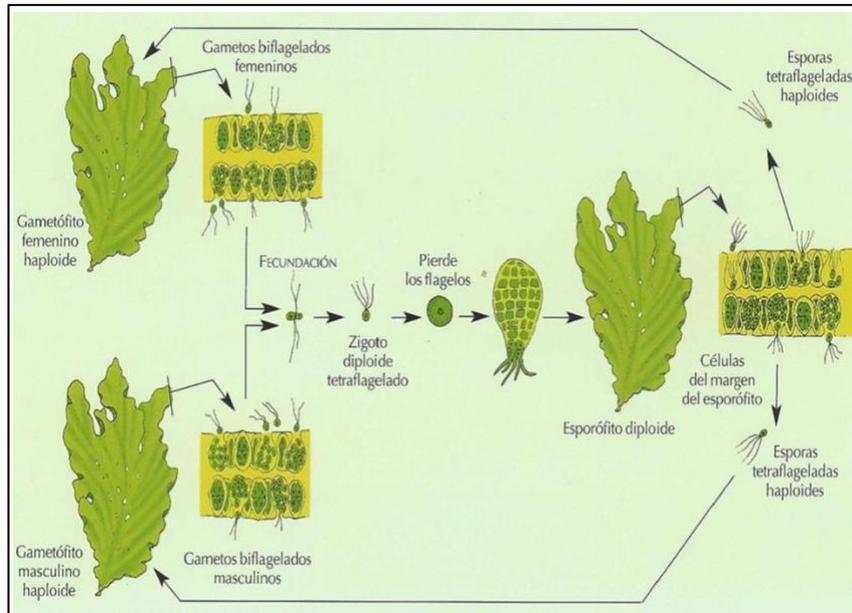


Figura 2. Ciclo biológico de *ulva*. (Cremades et al., 2002)

1.6-. Producción.

Las algas se recolectan en una zona submareal en la costa y trasladadas a las instalaciones a los tanques de cuarentena donde serán identificadas genéticamente y desinfectadas de todo parásito que puedan poseer.

Es habitual que para no depender de la recolección en el medio natural y tener stock en cualquier momento, se envíen al laboratorio para su reproducción artificial. Se conservarán stocks renovados para su uso bajo demanda.

En el momento que los inóculos alcancen la densidad de siembra saldrán del laboratorio para los tanques sucesivos.

Se realizan análisis periódicos para comprobar el buen estado del cultivo.

Al final del ciclo y cuando se alcance la biomasa estipulada se cosechará el total de cada tanque para su posterior procesamiento (secado, transformado y extracción) para su venta.

1.7-. Transformación

La finalidad de la transformación es conseguir dar un valor añadido a un producto o un subproducto como en este caso.

La transformación más habitual consiste en un secado tradicional para su posterior empaquetado y venta. Esta deshidratación consiste en retirar el agua del interior del alga introduciéndola en un horno (estufa aireada) con un grosor de máximo 1 cm en las

bandejas, una temperatura de trabajo de 60°C y un tiempo de duración de entre 5 y 6 h. (Acosta, 2018).

Además, existe un producto farmacéutico derivado de esta alga denominado ulvan. El ulvan es un componente bioactivo del alga, un heteropolisacárido sulfatado que está compuesto por cadenas simples de azúcares ligados por un enlace, dentro de sus características interesantes está la capacidad de formar geles termorreversibles y ser soluble en agua.

Los potenciales usos de este heteropolisacárido son como anticoagulante, antitumoral, antibacteriano, estimulación del sistema inmune. Esta última es interesante para la prevención de enfermedades en peces y su contribución al sistema de defensa como se puede observar en estos previos estudios (Fernández-Díaz *et al.*, 2017). La capacidad que tiene el ulvan para enlazarse específicamente con receptores del sistema inmune hace de estos un posible adyuvante para el suministro oral de vacunas.

La obtención de este componente puede hacerse de manera mecánica con una ultrafiltración de alga en polvo mezclado con oxalato sódico y una posterior liofilización.

1.8-. Precios de venta

El precio del alga verde en el mercado varía según su estado o transformación. En peso fresco en el mercado alcanzan una media de 0,865€/kg desde 2015; en peso seco llegan hasta los 100€/kg y con la extracción de ulvan puede llegar hasta los 1000€/kg.

VENDAS NAS LONXAS Agrupado: FAO Especie/Año (E-A)							
Especies: Algas verdes		Lonxas: TODAS	De Data: 01/01/2015		À Data: 16/12/2022		
Descripción	N. Científico	Data	Quilos	Importe €	Mín. €/Kg	Máx. €/Kg	Medio €/Kg
Algas verdes	Chlorophyceae	2015	33.864,00	28.157,20	0,80	1,50	0,83
Algas verdes	Chlorophyceae	2016	28.148,00	20.083,90	0,70	0,80	0,71
Algas verdes	Chlorophyceae	2017	39.665,00	35.247,28	0,60	1,00	0,91
Algas verdes	Chlorophyceae	2018	50.748,50	45.596,71	0,70	1,20	0,90
Algas verdes	Chlorophyceae	2019	66.642,50	63.879,46	0,70	1,16	0,96
Algas verdes	Chlorophyceae	2020	103.731,00	85.772,85	0,80	1,20	0,83
Algas verdes	Chlorophyceae	2021	134.908,00	114.871,10	0,80	1,20	0,85
Algas verdes	Chlorophyceae	2022	84.782,31	74.942,67	0,80	2,00	0,88
			542.489,31	469.551,17			

Figura 3. Comparativa de venta de algas verdes desde 2015 hasta diciembre 2022 en toda la comunidad gallega. (PESCA DE GALICIA).

2-. Justificación y Objetivos

El objetivo de este trabajo fue el dimensionado y evaluación de la viabilidad de una planta de cultivo de macroalga *Ulva ohnoi*, mediante un sistema de recirculación cerrado de agua en la costa de Pozo Izquierdo en Gran Canaria, que facture 200.000 € anuales. Para ello, se estudiaron dos formatos de venta principales: en peso seco (80%) para alimentación y ulvan (20%) para la industria farmacéutica.

3-. Material y métodos.

3.1-. Planteamiento inicial.

Inicialmente se realizó un esquema de toma de decisiones para organizar y visualizar los pasos necesarios para la realización y diseño del proyecto. El diseño de este proyecto es un proceso muy iterativo, donde cada paso te lleva a revisar los anteriores, pero hace falta empezar a partir de unas premisas iniciales y estas fueron:



Figura 4. Planteamiento inicial de toma de decisiones

Una planta de producción de estas características, hay que tener en cuenta que requiere 3 personas mínimo, para manejar las instalaciones, turnos, obtener un rendimiento óptimo y tener un negocio viable. Por lo tanto, se estimó que una facturación anual de 200.000€,

debería garantizar el margen de beneficio suficiente para cubrir los sueldos y el beneficio empresarial para el buen funcionamiento de la empresa.

Después de analizar las posibles especies a explotar, se llegó a la conclusión que *Ulva ohnoi* es la mejor opción debido a sus buenas tasas de crecimiento y a su fácil manejo en sistemas de recirculación debido a que tiene un sistema de reproducción vegetativo.

También se optó como decisión estratégica diversificar en dos productos de venta y no depender únicamente de un nicho de mercado: los formatos: Como alimentación (seca) y como Farmacéutica (ulvan).

3.2-. Cálculos generales.

Para cumplir la premisa de una facturación mínima de 200.000€/año, de los cuales un 80% pertenece a la venta de ulva en peso seco y el 20% restante a la venta del subproducto del polisacárido ulvan. Los precios que alcanzan en supermercado la ulva seca y ulvan son de en torno a 100 y 1000 €/kg, por lo que se espera poder alcanzar un precio de venta de 50 y 500 €/kg, respectivamente.

Tabla 1. Estimación de producción anual y precios de venta al minorista.

PRODUCCION ANUAL ESTIMADA %		200.000,00 €	PRECIO VENTA MERCADO MAYORISTA €/Kg	PESO SECO REAL (PS y PSU) Kg
ULVA	80	160.000,00 €	50	3200
ULVAN	20	40.000,00 €	500	533
			TOTAL	3733

Para conocer la cantidad de tanques necesarios para producir como mínimo 3800kg de Peso real se usó el siguiente procedimiento:

1. Cálculo del peso seco que se necesita producir anualmente.

$$PS = \frac{160.000€}{\text{Precio venta peso seco mercado minorista}(€/kg)}$$

Donde

PS: es la cantidad de peso seco que se tiene que producir para alcanzar esas ventas.

160.000€: es el 80% del porcentaje final que estipulamos 200.000€

Precio venta mercado minorista (€/kg): precio de venta del peso seco a minorista.

2. Cálculo del peso de ulvan que se necesita producir anualmente.

$$ULV = \frac{40.000\text{€}}{\text{Precio venta ulvan mercado mayorista} \left(\frac{\text{€}}{\text{Kg}}\right)}$$

Donde

ULV: es la cantidad de ulvan ya liofilizado que se tiene que producir para alcanzar esas ventas.

40.000€: es el 20% del porcentaje final a facturar que estipulamos de los 200.000€

Precio venta ulvan mercado minorista (€/kg): precio de venta del ulvan a mayorista.

3. Cálculo del equivalente de peso ulvan.

El ulvan se obtiene a partir de Ulva en seco, el rendimiento en peso es de aproximadamente 15% de materia seca por lo que el peso seco equivalente será:

$$PSU = \frac{100 * ULV}{15}$$

Donde

PSU: es la cantidad de peso seco que se debe producir para generar los Kg estipulados de ulvan para la venta.

15: Es el porcentaje de ulvan que se extrae de una cantidad de peso seco de ulva.

ULV: Cantidad de ulvan para facturar los 40.000€

4. Cálculo de peso seco total.

El peso seco total es la suma del peso seco más la suma del equivalente de peso seco de ulvan.

$$PST = PS + PSU$$

Donde

PST: es la cantidad de peso seco que se debe producir para generar los Kg estipulados.

PS: es la cantidad de peso seco que se tiene que producir para alcanzar esas ventas.

PSU: es la cantidad de peso seco que se debe producir para generar los Kg estipulados de ulvan para la venta.

5. Cálculo del peso fresco total.

La relación peso fresco/peso seco es un 10% por lo tanto:

$$PFT = PST / 0,1$$

Donde

PFT: Peso fresco total necesario para producir la facturación de 200.000€.

PST: Peso seco total necesario para producir la facturación de 200.000€

0,1: Relación entre PFT/PST

6. Cálculo número de lotes anual.

Aunque un año tiene 365 días se consideran un máximo de 300 días productivos para sobre estimar la producción ante cualquier eventualidad. A partir de estos 300 días productivos por año, se calcula la cantidad de ciclos que tenemos que producir por año y por tanque necesarios para alcanzar el objetivo de producción de 200.000€ con la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ lotes anual} = \frac{300 \text{ días de cultivo}}{\text{intervalo de extracción de lotes de producción}}$$

Donde

Nº lotes anual: Cantidad de lotes que se produce por año.

300 días de cultivo: cantidad mínima de días de producción que nos asegura la producción.

Intervalo de extracción de lotes de producción: Tiempo que transcurre entre retirada de lotes de la etapa de producción.

7. Cálculo de peso fresco total por lote.

Se relaciona la cantidad de peso fresco total con el número de lotes necesarios por año, así se conoce la cantidad de peso fresco que nos genera cada lote en el momento de su extracción mensual.

$$PFTL = \frac{PFT}{N^{\circ} \text{ lotes anual}}$$

Donde

PFTL: Peso fresco total por lote.

PFT: Peso fresco total necesario para producir la facturación de 200.000€

Nº lotes anual: Cantidad de lotes que se produce por año.

8. Cálculo del volumen final necesario.

La cantidad de ulva producida por tanque en cada ciclo se obtiene de (Revilla-Lovano *et al.*, 2021). La densidad optima inicial del inóculo se obtiene de un estudio previo (Neori, 2004) y se recomienda para un rápido crecimiento 1,026kg/m³.

$$PFF = 7 * Vol\ tanque\ (m^3) * n^o\ meses$$

La relación producción/tiempo PFF (7kg de PF/m³/mes) donde el inóculo en producción va a ser de 100kg.

Con este cálculo se conoce el volumen total que se necesita para producir la cantidad de ulva por lote:

$$Vol\ lote\ producción = \frac{PFTL}{I * (PFF)}$$

Donde

Vol lote producción: Volumen mínimo de cada lote para poder producir los 3800kg de peso fresco.

PFTL: Peso fresco total por lote.

I: Peso del inóculo inicial, cantidad de ulva inicial que se introduciría en cada uno de los lotes según el volumen del tanque, la densidad usada es de 1kg/m³.

PFF: Peso fresco final derivado de la relación producción/tiempo.

9. Cálculo del número de tanques.

Como se conoce el volumen necesario para poder producir esa cantidad de 3800kg de fresco.

$$N^o\ tanques\ lote = \frac{Vol\ lote}{Vol\ tanque\ lote}$$

Donde

N° tanques: Cantidad mínima de tanques necesario para la producción.

Vol: Volumen para poder producir los kg necesarios para la facturación de 200.000€

Vol tanque lote: Volumen estipulado de cada tanque por lote.

3.3-. Aireación

Para hacer circular las algas dentro de los tanques se utilizó un compresor de aire que proporciona aireación y agitación a una velocidad de 2,8 m³/min a través de líneas

perforadas (instaladas longitudinalmente a lo largo de la línea central inferior de los tanques). (Moreno, 2015).



Figura 5. Bomba electrosoplante de aireación.

3.4-. Volúmenes.

Conociendo el número de tanques necesarios ya calculados en el apartado de *cálculos generales* y los diferentes tipos de tanque por sección se calcula el volumen de agua total de la instalación con la siguiente ecuación.

$$Vol\ total = \Sigma [n^{\circ}tanques\ estación * vol\ tanque\ estación]$$

Donde:

Vol total: Volumen total de agua en funcionamiento en los tanques.

N.º tanques estación: Numero de tanques que hay por estación.

Vol tanque estación: Volumen de cada tipo de tanques.

3.5-. Espacio necesario.

En el apartado de numero de *cálculos generales* se calculó la cantidad de tanques necesaria para completar la biomasa anual en la granja, así que se puede realizar un cálculo del espacio necesario para el cultivo con la siguiente ecuación:

$$Superficie\ tanques = \Sigma (tamaño\ tanque\ (m2) * n^{\circ}\ tanques)$$

Donde:

Superficie tanques: Sumatorio de la superficie de los diferentes tanques de producción.

Tamaño tanque: Dimensiones de cada tanque.

Nº tanques etapa: Cantidad de tanques que hay por estación.

3.6-. Fertilización.

El análisis de nutrientes se realiza con un espectrofotómetro siguiendo las pautas descritas en el Manual de hidrografía repetida GO-SHIP.



Figura 6. Espectrofotómetro

Se realizan análisis 3 veces por semana para comprobar los niveles de nitratos y fosfatos del sistema.

Se fija la cantidad de 10mg/l de nitratos y 2 mg/l de fosfatos para un correcto funcionamiento del cultivo. Para complementar el cultivo se añaden al agua un compuesto de oligoelementos cada 15 días de 0,1g/l. (Mata *et al.*, 2015)

La cantidad de fertilizante necesaria anual para nuestra granja se calculó teniendo en cuenta la biomasa diaria y los análisis semanales.

3.7-. Tipos de tanques y su preparación.

La fase de producción final consta de 8 tanques por lote, construidos de cemento con forma de trapecio invertido, 6 de ellos estarán funcionando y 2 de ellos en vacío sanitario. Un compresor proporciona aireación y agitación a través de unas líneas perforadas instaladas longitudinalmente en la línea central inferior de cada tanque con un caudal de aire de 2,8 m³/min. El nivel del agua se marcó 10cm por debajo del borde con un tubo de PVC de 50mm de diámetro en la salida del tanque para así obtener un volumen aproximado de 100m³ por tanque. Para evitar la pérdida de algas por el desagüe se utilizó malla de 450 µm alrededor del tubo de salida.

El agua de los tanques fluye por gravedad hacia el sumidero donde se decanta. Luego, es bombeada a través de dos circuitos diferentes: (1) una unidad de calefacción/enfriamiento y un skimmer de proteínas, y (2) un sistema de filtración que incluye un filtro de arena, dos filtros de bolsa y un filtro UV. Después de esto, pasa por un cono de fibra que disuelve el CO₂ en el agua antes de que vuelva a los tanques (Figura 7).

El rango de la unidad de calefacción/enfriador ronda de 24-28°C. En el sumidero se introdujo un solenoide para medir el pH que activa el cono de inyección de CO₂ cuando este sobrepasa los 8.

Las válvulas de entrada de agua se ajustan manualmente para garantizar un buen flujo de agua que aporte nutrientes y carbono con una tasa de renovación de 5 volúmenes tanques/día aproximadamente.

FILTRACION

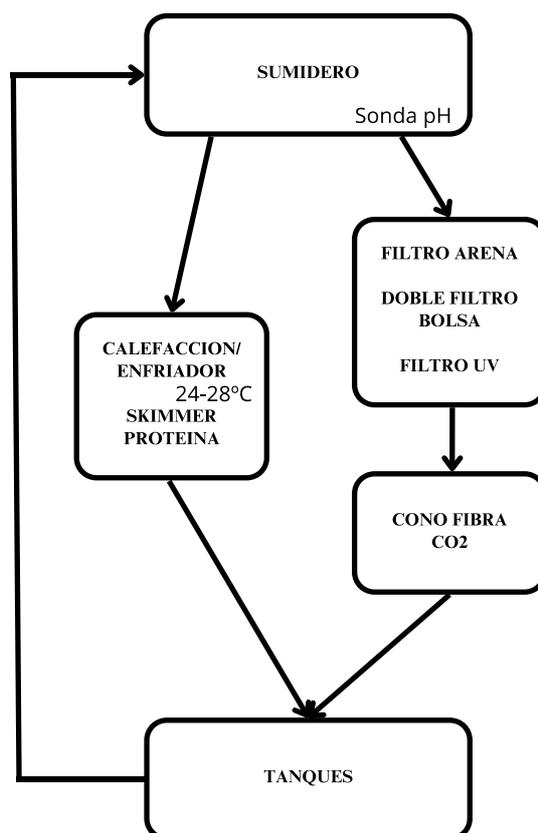


Figura 7. Filtración de agua del cultivo.

Para conocer el número de tanques de cada tipo es necesario hacer un escalado hasta llegar a la cantidad mínima para la parte de producción.

En el apartado de **cálculos generales** se ha calculado el número de tanques necesarios para el total de la producción los 300 días que estipulamos como seguros para generar la cantidad necesaria, pero para llegar a esos mínimos primero se debe escalar las cantidades.

Para conocer la cantidad de alga que produce cada estación basta con conocer el volumen del tanque para así sembrar con la densidad óptima, el peso final total del lote y la relación PFF.

Conociendo el inóculo inicial de la siguiente estación se calcula el volumen mínimo que necesita el tanque de la estación previa para producir dicha cantidad, estos volúmenes son aproximados ya que la decisión del volumen real del tanque se debe a la disponibilidad de cada uno de los tanques en el mercado (ej.: si el volumen del tanque es de 86m^3 se utilizara el más cercano estándar del mercado, en este caso se utilizaría uno de 100m^3). Se realiza un cálculo de la primera aproximación:

$$\text{Vol tanque lote} = (\text{PFTL})/\text{PFF}$$

Donde

Vol tanque lote: Volumen de cada tanque de la estación.

PFTL: Peso fresco total por lote.

PFF: Peso fresco final derivado de la relación producción/tiempo y fijada en 7kg de PF/m³/mes.

Se aproxima y se decide el volumen deseado y se realiza el cálculo del peso final total por lote real.

$$\text{PFTLR} = (\text{Vol tanque lote real})/\text{PFF}$$

Donde

PFTLR: Peso fresco total por lote real calculado a partir de la búsqueda de un tanque aproximado en el mercado.

Vol tanque lote real: Volumen del tanque real disponible en el mercado.

PFF: Peso fresco final derivado de la relación producción/tiempo.

Para calcular los volúmenes de escalado se utiliza el inóculo inicial de la siguiente estación como peso final del tanque de la estación a calcular. El inóculo que se usa por estación está relacionado con el volumen del tanque, la densidad óptima inicial del inóculo se obtiene del artículo (*Neori, 2004*) y se recomienda para un rápido crecimiento 1,026kg/m³.

$$\text{Vol escalado} = (\text{Densidad}) * \text{Vol tanque estación superior}/\text{PFF}$$

Donde

Vol escalado: Volumen mínimo del tanque de la estación de escalado.

Densidad: Cantidad de siembra óptima inicial por el volumen del tanque.

Vol tanque estación superior: Volumen del tanque de la siguiente estación.

PFF: Peso fresco final derivado de la relación producción/tiempo.

Con el resultado del vol escalado se busca la disponibilidad de los volúmenes de tanques más próximos en el mercado y se hacen las correcciones de producción real de cada uno de ellos según el tamaño que se elija.

$$\text{Producción real escalado corregida} = \text{Vol tanque mercado} * \text{PFF}$$

Donde

Producción real escalado-correcta: Producción de escalado obtenida dependiendo del tanque escogido en el mercado.

Vol tanque mercado: Volumen cercano a los datos obtenidos en Vol escalado.

PFf: Peso fresco final derivado de la relación producción/tiempo.

3.8-. Esquema de manejo.

Para poder realizar una producción de cualquier especie se debe tener en cuenta todos los parámetros técnicos que van a definir nuestras instalaciones: número de tanques, biomazas, tiempos de estancia por tanque, cultivo en laboratorio, etc. Se realizó una búsqueda bibliográfica con todo lo relacionado para la especie seleccionada (Revilla-Lovano *et al.*, 2021; Mata, 2010; Neori, 2004). Después de buscar y analizar la información se realizó un esquema inicial de manejo (Figura 8).

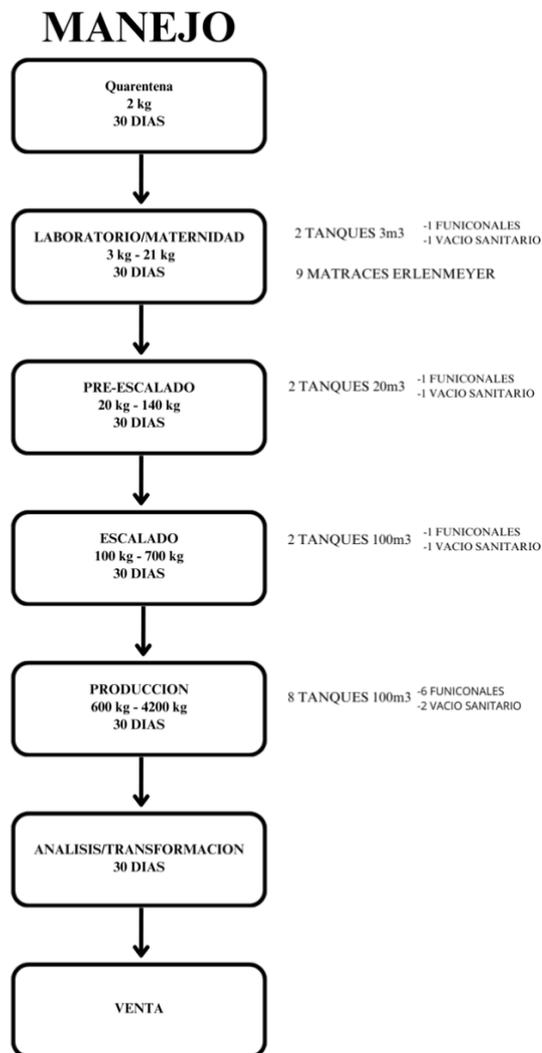


Figura 8. Esquema de manejo con tiempos de estancia y números de tanques.

Los parámetros de calidad del agua que se deben de mantener durante todo el proceso son los siguientes (Figura 9):

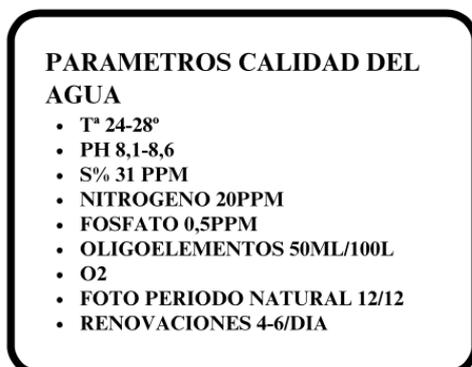


Figura 9. Parámetros de calidad del agua de toda la instalación.

3.8.1-. Cuarentena:

Se comienza preparando los 2 tanques de 2m³ de cuarentena con agua a salinidad inferior al del medio de recolección (28 ppm) esto generará un choque osmótico que ayudará en la eliminación de posibles patógenos que puedan afectar a nuestra instalación, se colocan los aireadores de fondo para facilitar el movimiento en la columna de agua. Una vez preparados se recoge una cantidad mínima de 2kg en la costa para llevar a los tanques de cuarentena, introducida aquí se realiza un análisis a día 0 para identificar genéticamente mediante código de barras de ADN con los marcadores ITS y tufAas (Lawton *et al.* 2013). Al final de los 30 días de transcurso se realiza un último análisis de patógenos para cerciorarnos de que todo está correctamente. Se envían inóculos de 3kg para los tanques de maternidad y una pequeña cantidad para los matraces Erlenmeyer, punto de partida para obtener nuestros inóculos iniciales y siempre por triplicado. Finalizado el transcurso del tiempo aquí, se realizan actividades de limpieza y desinfección de todos los materiales usados.

3.8.2-. Laboratorio/Maternidad:

En Maternidad hay 2 tanques (1 funcionamiento y 1 vacío sanitario) de 3m³. Se añade 3kg (peso húmedo) de inóculo al tanque. Después de 30 días de crecimiento se obtiene la cantidad de 21kg en total para enviar a pre-escalado. Al finalizar la estancia se realizan actividades de limpieza y desinfección de todos los materiales usados. Aquí se realizan actividades diarias conservación de los inóculos base para seguir produciendo ulva sin necesidad de acudir al medio marino a recolectar. (Figura 10)



Figura 10. Cultivo de ulva en laboratorio (Fotografía de Paula Baldassin)

Se analizan las aguas 3 veces por semana para determinar las óptimas concentraciones de nutrientes que afectan positivamente al crecimiento. Para la determinación de nitratos se utilizará Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method descrito en Standard Methods (APHA, 1992) y para la determinación de fosfatos se emplea una metodología mediante colorimetría con espectrofotómetro modelo 9500-YSI y reactivos.

3.8.3-. Fase de Pre-escalado:

En pre-escalado hay 2 tanques (1 funcionamiento y 1 vacío sanitario) de 20m³. Se dispone de 21kg para inocular todos los tanques, aunque solo son necesarios 20kg. Se deja producir los 30 días y se obtienen 140kg en total. Se retiran y son enviados a la siguiente etapa de escalado.

Al finalizar la estancia se realizan actividades de limpieza y desinfección de todos los materiales usados, así como preparación de los tanques para su posterior uso.

3.8.4-. Fase de Escalado:

En escalado hay 2 tanques (1 funcionando y 1 vacío sanitario) de 100m³. Se dispone de 140kg (peso húmedo) para inocular todos los tanques, aunque solo son necesarios 100kg. Se mantiene produciendo los 30 días y se obtiene 700kg en total. Se retiran y son enviados a la siguiente etapa de producción.

Al finalizar la estancia se realizan actividades de limpieza y desinfección de todos los materiales usados, así como preparación de los tanques para su posterior uso.

3.8.5-. Fase de Producción:

En producción hay 8 taques (6 funcionando y 2 vacío sanitario) de 100m³. Se dispone de 700kg (peso húmedo) para inocular los 6 tanques, aunque solo son necesarios 100kg por cada uno de ellos. Se deja producir 30 días y se obtienen como resultado final 700kg de cada uno de ellos, un total de 4200kg. Al finalizar la estancia se realizan actividades de limpieza y desinfección de todos los materiales usados.

Una vez finalizada la producción y previa a su transformación se realiza un análisis para comprobar que todo está de manera correcta.

3.8.6-. Transformación:

Como la producción se realiza en húmedo se debe pasar el 100% de ella por una estufa de secado durante 5-6h aproximadamente a 60°C para retirar toda el agua sobrante, una vez realizado este procedimiento obtendremos un rendimiento del 10% en peso seco puesto que la relación PF/PS es un 90/10, por lo tanto, después de secar todo, únicamente obtendremos 420kg para destinar a cada transformación. El 80% de la cantidad obtenida se va a destinar única y exclusivamente a la producción de materia seca y su venta; y el 20% restante se destinará a la producción del polisacárido ulvan (Figura 11).

Para realizar esta extracción se requiere un proceso de ultrafiltración y liofilización.



Figura 11. Proceso de obtención y aislamiento del polisacárido ulvan.

3.8.7-. Venta:

Para ajustarse a los valores iniciales de producción para obtener los 200.000€ anuales una parte de la producción tendría que desecharse, sobre unos 400kg de peso seco al año. La venta se realizará de manera mensual en la cantidad de 336kg que irán destinados a peso seco que sería el 80% de la producción mensual y 12,6kg restantes que sería el 15% del peso equivalente del 20% de peso seco destinado a la extracción del polisacárido ulvan. Para una mayor seguridad alternaremos los tanques de producción con los de vacío sanitario, el agua utilizada en toda la granja se decanta, se filtra a diario y se realizara de manera periódica una adición de agua cada 2 semanas debido a la evaporación de agua.

3.9-. Costes de instalación

Se calcula el coste que supondría generar el montaje completo de la instalación, tanto la parte de producción como la parte de filtración como el espacio necesario para poder realizar todos los trabajos; precios de tanques con sus respectivos montajes, tuberías, almacenes, filtros y maquinaria.

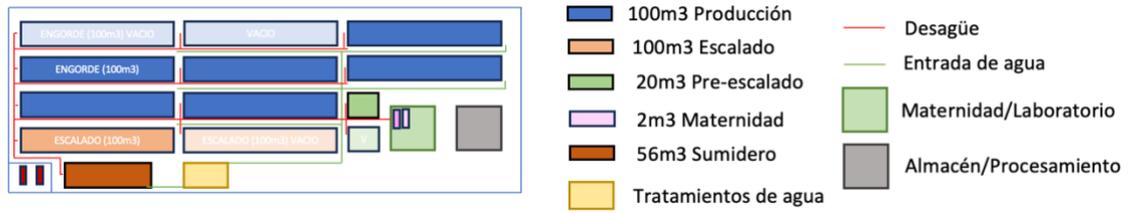


Figura 12. Distribución de espacios de la instalación y leyenda.

Para realizar las siguientes tablas (*Tabla 2* y *Tabla 3*) se ha buscado en diferentes bibliografías y páginas webs precios aproximados para cada tipo de material.

Tabla 2. Coste por unidad de las instalaciones.

APARTADO	MATERIAL	CARACTERISTICAS	PRECIO UNITARIO (€/unidad)
INFRAESTRUCTURA	SOLAR/CAPTACION	Terreno llano y con captacion de agua	5,00 €
	CIERRE EXTRACTURAL	Verja metalica 2,5m altura con pliegues para	11,00 €
	URBANIZACION	Acondicionamiento del terreno	6,00 €
	MATERNIDAD	Estructura de cemento con techado de panel	400,00 €
	ALMACEN/PROCESADO/OFI CINA	Estructura de cemento con techado de panel sandwich aislante	400,00 €
PRODUCCIÓN	PRODUCCION	Rectangular de cemento con forma de trapecio invertido y aireación en fondo longitudinal. MEDIDAS 25m x 4m x 1m	9.680,00 €
	ESCALADO	Rectangular de cemento con forma de trapecio invertido y aireación en fondo longitudinal. MEDIDAS 25m x 4m x 1m	9.680,00 €
	PRE-ESCALADO	Rectangulares de poliester con forma de semiluna y aireacion en fondo longitudinal. MEDIDAS 5m x 4m x 1m	3.175,00 €
	MATERNIDAD	Rectangulares de poliester con forma de semiluna y aireacion en fondo longitudinal. MEDIDAS 3m x 1m x 1m	741,00 €
	CUARENTENA	Rectangulares de poliester con forma de semiluna y aireacion en fondo longitudinal. MEDIDAS 2m x 1m x 1m	741,00 €
FILTRACION CUARENTENA	Filtro Arena	FILTRO ZODIAC MS DIAM 475 V20 S30 CAUDAL	659,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 1700	1.050,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €
	Calefacción/Enfriador		865,00 €
	Skimmer Proteina	SKIMMER ACUITEC	435,00 €
FILTRACION MATERNIDAD	Filtro Arena	FILTRO ZODIAC MS DIAM 475 V20 S30 CAUDAL	659,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 2000	1.306,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €
	Calefacción/Enfriador		
	Skimmer Proteina	SKIMMER ACUITEC	435,00 €
FILTRACION PRE-ESCALADO	Filtro Arena	FILTRO ZODIAC MS DIAM 475 V20 S30 CAUDAL	659,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 10000	2.053,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €
	Calefacción/Enfriador		
	Skimmer Proteina	SKIMMER ACUITEC	600,00 €
FILTRACION ESCALADO	Filtro Arena	FILTRO PRAGA ASTRAPOOL DIAM 1050 V30 S75	3.412,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 10000	2.053,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €
	Calefacción/Enfriador		
	Skimmer Proteina	SKIMMER ACUITEC	1.416,00 €
FILTRACION PRODUCCIÓN	Filtro Arena	FILTRO PRAGA ASTRAPOOL DIAM 2500 V20 S160	16.724,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 10000	2.053,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €
	Calefacción/Enfriador		
	Skimmer Proteina	SKIMMER ACUITEC	8.500,00 €
CICLO HIDRICO	TUBERIAS ENTRADA	PVC	11,00 €
	TUBERIAS SALIDA	PVC	11,00 €
	SUMIDERO	De obra y opaco	2.453,00 €
MATERIAL LABORATORIO	Microscopio	Microscopios verticales Eclipse SI	1.412,00 €
	Estereomicroscopio	Estereomicroscopio SMZ445	432,00 €
	Balanza analitica	Balanza analítica compacta calibración interna HR-250AZ - Capacidad 252 g	1.696,00 €
	Autoclave	Autoclave horizontal 65 l Tuttnauer 3850 EL-D	1.499,00 €
	Espectrofotómetro	Espectrofotometro Visible Serie 4200 Generic	1.996,95 €
	Cristaleria	Matr�az esf�erico de boca ancha fondo redondo	160,30 €
		Matr�az esf�erico de boca ancha fondo redondo	770,00 €
	Reactivos Varios	Probeta graduada 500 ml Super Duty	170,90 €
	Reactivos analisis agua	600,00 €	
ANALISIS	VARIOS	Sensores y electricidad varia.	350,00 €

Tabla 3. Coste unitario de la maquinaria.

APARTADO	MATERIAL	CARACTERISTICAS	CONSUMO ELECTRICO (KW/H)	PRECIO UNITARIO (€/unidad)
BOMBA DE AGUA	Bomba de cuarentena	ROVER NOVAX 40-M	20	254,00 €
	Bomba laboratorio	ROVER NOVAX 40-M	20	254,00 €
	Bomba pre-escalado	TIP HWW 4500 INOX	22	319,95 €
	Bomba escalado	PRINCE RGM-15	25	212,00 €
	Bomba producción	PRINCE RGT-20	30	820,00 €
TRANSFORMACIÓN	Horno de secado	ZHENGAN RXH-54-B	75	1.254,00 €
	Nevera frigorífica	Cámara de refrigeración de acero Inox	60	1.800,00 €
	Maquina empaquetado	XIAMEN LINK MACHERY	50	1.200,00 €

Una vez conocida esta información se realizan los cálculos con la siguiente ecuación:

$$\text{Coste} = \text{Precio unitario} * \text{unidades necesarias}$$

Donde:

Coste: Precio de la cantidad de elementos necesarios.

Precio unitario: Coste por unidad.

Unidades necesarias: Cantidad necesaria para cubrir nuestras necesidades.

Los precios son aproximados y en ellos se incluye el montaje y el inicio del funcionamiento.

3.10-. Amortización

Se procedió a realizar el cálculo de amortización del coste total de la instalación distribuyendo la inversión inicial en 20 años y una revisión de la maquinaria a los 10 años.

Para calcular la amortización de la inversión inicial, se empleó la siguiente ecuación:

Amortizacion

$$= \frac{(\text{Costes instalacion}) + (\text{coste maquinaria}) + (\text{gastos generales} + \text{tasas} + \text{obra})}{20}$$

Los gastos generales suponen un 8% del gasto del coste de instalación.

3.11-. Personal

Con este volumen de negocio la granja estaría constituida por 3 trabajadores. El primero el director general quien organiza y planifica y 2 Técnicos Acuicultores que ejecutan las funciones de producción.

Para calcular el salario del personal se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Salario personal} = (\text{Salario bruto DG} + 2 * \text{Salario bruto TA}) * 1,6$$

Donde:

Salario bruto DG: Salario del director general

Salario bruto TA: Salario bruto anual del Técnico Acuicultor.

1,6: Coeficiente de mayoración, comprende aportaciones a la seguridad social por parte de la empresa, EPI, gastos de formación, provisión para bajas y despidos, etc.

3.12-. Estudio estático

Los principales aspectos que se tuvieron en cuenta a la hora de realizar el cálculo del estudio estático fueron: La amortización, los gastos de personal, la energía, el gasto en agua, los gastos de oficina, etc....

Se realizó una búsqueda para conocer los precios actualizados de una manera unitaria para así poder calcular el coste aproximado de cada uno de ellos.

Tabla 4. Costes actualizados de energía, agua y fertilizante.

Tipo	precio unitario (€)
Electricidad (kW/h)	0,2421
agua (m3)	0,4
Fertilizante (L)	0,84

Para gastos de energía, inicialmente se debe conocer la potencia de la bomba y de los calentadores y el tiempo que están en funcionamiento durante el día. Se calcula la cantidad de vatios consumidos por unidad de producción al mes.

La bomba: 70w, 24h/día y los calentadores: 2000W 2h/día

Los gastos de energía se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Coste } \acute{E} = \Sigma(W * \text{Precio KW} * U) + 21\%IVA$$

Donde:

Coste É: Gasto total de la Energía mensual.

W: Kilovatios consumidos por unidad de producción y mes.

Precio KW: Precio fijado por la compañía eléctrica por Kilovatio hora en la tabla 4.

U: Número de unidades de producción.

21%IVA: Impuesto sobre el valor añadido.

Los gastos de fertilizante se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Coste Fertilizante} = \text{Fertilizante anual} * \text{Precio unitario}$$

Donde:

Coste Fertilizante: Precio final del fertilizante que se usa en un año.

Fertilizante anual: Litros de fertilizante que se usan al año.

Precio unitario: Precio por litro del fertilizante

El gasto de agua se ve reflejado como un gasto fijo inicial para llenar todo el volumen de agua de la instalación más un añadido cada dos semanas por evaporación de agua, la ecuación que se utiliza para su cálculo es:

$$\text{Coste Agua} = (Vi + Ve) * \text{Precio m}^3$$

Donde:

Coste Agua: Precio del agua anual.

Vi: Volumen inicial que se necesita para llenar toda la instalación.

Ve: Volumen de evaporación que se usa cada dos semanas para rellenar perdidas de agua causadas por la evaporación de los tanques.

Al final tenemos unos costes generales que se deben a la suma de los gastos anteriores del apartado.

$$\text{Costes Generales} = \text{Coste É} + \text{Coste Fertilizante} + \text{Coste Agua}$$

Donde:

Costes Generales: Suma de los costes de Energía, Fertilizante y Agua

Coste É: Gasto total de la Energía mensual.

Coste Fertilizante: Precio final del fertilizante que se usa en un año.

Coste Agua: Precio del agua anual.

3.13-. Estudio dinámico

Para llevar a cabo el estudio dinámico de la instalación, se consideran varios factores clave a lo largo de un período de 20 años. Estos factores se dividen en categorías que incluyen la parte ordinaria, que abarca la inversión inicial, los costos de personal, los gastos generales y los costos diversos, así como la parte extraordinaria, que contempla las inversiones en reparaciones o sustituciones de equipo. Además, se tienen en cuenta los cobros ordinarios derivados de la venta del producto y los cobros extraordinarios, como las subvenciones.

Se establece un plan de revisión del material a los 10 años, durante el cual se llevan a cabo reparaciones o sustituciones según sea necesario para mantener el funcionamiento óptimo de la instalación.

Para calcular el flujo de efectivo anual de la empresa, se realiza un análisis detallado de los gastos e ingresos en un año natural. Esto permite evaluar la salud financiera de la empresa y planificar estratégicamente para futuros períodos.

Destaca especialmente el año 4, en el cual la empresa recibe una subvención del FEMPA equivalente al 40% del valor de la inversión. Esta subvención se otorga debido al carácter innovador del proyecto, lo que proporciona un impulso significativo al flujo de efectivo y a la viabilidad del negocio.

Se cálculo el flujo actual con la siguiente ecuación.

$$Flujo\ actual = \frac{F}{(1 + Tasa\ int)^{año\ natural}}$$

Donde:

Flujo actual: Valor del flujo actualizado según la tasa de interés adoptada en el momento 0

F: La suma de gastos e ingresos de la instalación.

1: Valor fijo

Tasa int: tasa correspondiente a los recursos financieros que se utilizaron para la inversión. Variación del valor del dinero en un futuro y el valor del dinero en el presente.

Año natural: Tiempo en años desde el momento 0 hasta los 20 años de la amortización.

Se realizan los cálculos de flujo acumulado para cada año natural, esto es la suma del año actual y los años anteriores.

$$Flujo\ acumulado = F\ actual + F\ año\ previo$$

Donde:

Flujo acumulado: Visión cuantitativa y cualitativa de los problemas pasados y existentes.

F actual: Flujo actual de ese año natural.

F año previo: Flujo acumulado del año anterior.

Por último, se realizan los cálculos del VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

$$VAN = \frac{n \sum V_t}{(1+k)^t} - Inv_0$$

Donde:

VAN: Evalúa las oportunidades de inversión.

n: Número de períodos considerados.

Vt: Flujos de caja de cada periodo

k: Tasa de descuento.

Inv0: Inversión inicial

$$TIR = n \sum \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

Donde:

TIR: Permite conocer la rentabilidad de un proyecto.

n: Número de períodos considerados.

Fn: Flujo de caja en un periodo considerado

Inv0: Inversión inicial.

4.- Resultados y discusión

4.1.- Cálculos generales

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos sobre los cálculos generales de la instalación del apartado *cálculos generales*.

Se destina mayor porcentaje de la producción a peso seco 80% y una menor cantidad a transformación en ulvan 20%. Es necesario producir la cantidad de 3733 kg como mínimo para satisfacer la venta anual de peso seco y ulvan, por lo tanto, se decidió producir un valor “redondo” de 3.800kgPS. La relación peso fresco/peso seco es un 90/10 por lo tanto se calculó la cantidad de peso fresco que se va a obtener 38.000kgPF.

El tiempo de producción anual es de 300 días, así se asegura un buen rendimiento y una seguridad de producción. La cosecha de cada lote se realiza mensualmente, y como producimos durante 300 días nos da un resultado de 10 lotes al año, pudiendo llegar a producir dos más en caso de emergencias para cumplir objetivos.

Para producir esta cantidad de biomasa se calcula el volumen final necesario total para definir el tamaño del tanque que se va a utilizar en la granja. El resultado es de 542m³ finales para producir los 3.800kgPS anuales en 10 lotes, como el volumen no es un dato “redondo” se decide dar un valor de 600m³ de tanques para la fase de producción de los cuales serán divididos en 6 tanques de 100m³ cada uno para tener una facilidad de manejo.

Tabla 5. Cálculos generales.

CALCULOS GENERALES	PESO SECO	ULVAN
TOTAL	200000	
PORCETNAJE DESTINADO (%)	80	20
VENTAS ANUALES (€)	160000	40.000
VENTAS MENSUALES (€)	16000	4000
PRODUCCION (Dias)	300	
INTERVALO EXTRACCION LOTES (Dias)	30	
PRECIO DE VENTA MINORISTA (€)	50	500
1. y 2. PRODUCCION NECESARIA (kg)	3200	80
3. EQUIVALENTE ULVAN (%)		15
CALCULO EQUIVALENTE (kg)	3200	533
4. PESO SECO TOTAL (kg)	3733	
PESO SECO TOTAL APROXIMADO (kg)	3800	
5. PESO FRESCO TOTAL (kg)	38000	
6. Nº LOTES ANUAL	10	
7. PESO FRESCO TOTAL POR LOTE (kg)	3800	
DENSIDAD DE INOCULACION (kg/m3)	1	
VOLUMEN TANQUE PRODUCCION (m3)	100	
8. VOLUMEN FINAL NECESARIO (m3)	542	
VOLUMEN FINAL NECESARIO APROXIMADO (m3)	600	
9. NUMERO DE TANQUES	5,43	
NUMERO DE TANQUES APROXIMADO	6	

4.2-. Aireación

La aireación se realiza a través de líneas perforadas colocadas en el fondo de los tanques de manera longitudinal que favorecen el movimiento circular de las algas y permiten un mejor aprovechamiento de la luz por parte de las algas lo que da como resultado un mayor crecimiento de la biomasa. (Moreno, 2015)

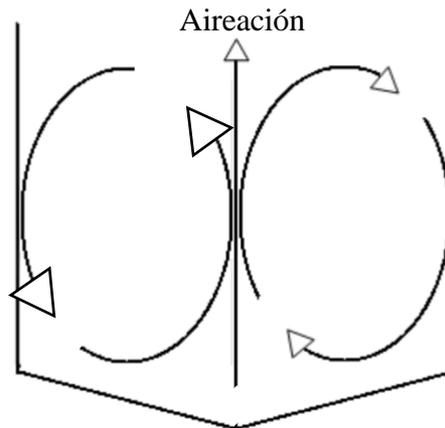


Figura 13. Movimiento generado por la aireación sobre la biomasa algal.

4.3-. Caudales de producción.

El cálculo del volumen de las estaciones basado en la biomasa mínima requerida mensualmente asegura que la instalación tenga la capacidad adecuada para alcanzar los objetivos de producción. Esta metodología se enfoca en dimensionar las estaciones de manera que puedan manejar la cantidad de biomasa necesaria para cumplir con las demandas del mercado y garantizar una producción sostenible a largo plazo.

Por otro lado, la disponibilidad de tanques en el mercado proporciona una perspectiva práctica sobre las limitaciones y opciones reales al diseñar la instalación. Esto implica evaluar los recursos disponibles, como el espacio físico y la capacidad financiera, y adaptar el diseño en consecuencia para optimizar la eficiencia y la viabilidad del proyecto. Al utilizar ambos enfoques, se puede desarrollar un plan integral que combine los requisitos de producción con las condiciones y recursos del mercado, asegurando así una planificación adecuada y una implementación exitosa de la instalación.

Tabla 6. Calculo del volumen de agua de todos los tanques.

TIPO DE TANQUE	SUPERFICIE (m3)	MEDIDAS (m) (LxAxH)	Nº TANQUES	TOTAL (m3)	CAUDAL (LPM)
Cuarentena	2	2x1x1	2	4	13,9
Maternidad	3	3x1x1	1	3	10,4
pre-escalado	20	5x4x1	1	20	69,4
Escalado	100	25x4x1	1	100	347,2
Produccion	100	25x4x1	6	600	2083,3
			TOTAL	727	2524,3

4.4-. Espacio de producción.

La Tabla 18 proporciona la superficie en metros cuadrados de cada tanque, y el resultado total representa la superficie total requerida para producir mensualmente un mínimo de 3800 kg de peso fresco. Es importante tener en cuenta que esta tabla no proporciona el tamaño total de la instalación, ya que otros factores deben ser considerados.

Entre estos factores se incluyen otras instalaciones como la estación de filtrado, el almacén/área de transformación y el espacio entre los tanques para su manejo. Estos valores serán detallados en el apartado *costes de la instalación*

Tabla 7. Cálculo de la superficie que ocupan todos los tanques

TIPO DE TANQUE	SUPERFICIE (m2)	MEDIDAS (m) (LxAxH)	Nº TANQUES	TOTAL (m2)
Cuarentena	2	2x1x1	2	4
Maternidad	3	3x1x1	2	6
pre-escalado	20	5x4x1	2	40
Escalado	100	25x4x1	2	200
Produccion	100	25x4x1	8	800
			TOTAL	1050

4.5-. Fertilización

Como parte de la gestión operativa de la instalación, se implementan prácticas de monitoreo regular del agua para garantizar condiciones ambientales óptimas para el cultivo de algas. Se llevan a cabo análisis de agua de forma semanal para evaluar los niveles de fosfatos y nitratos, los cuales se deben mantener los valores en 10 mg/l y 2 mg/l, respectivamente. Estos análisis son esenciales para prevenir problemas de calidad del agua y mantener un entorno propicio para el crecimiento saludable de las algas.

Además, se administra un cóctel de oligoelementos cada dos semanas a una concentración de 0,1 g/l. Esta práctica garantiza que las algas tengan acceso a los micronutrientes esenciales necesarios para su desarrollo óptimo y saludable. En conjunto, estas medidas de monitoreo y suplementación contribuyen a maximizar la producción y la calidad del producto final en la instalación de cultivo de algas.

Tabla 8. Calendario de fertilización mensual.

Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
ANALISIS		ANALISIS		ANALISIS		
Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
ANALISIS		ANALISIS	OLIGO	ANALISIS		
Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
ANALISIS		ANALISIS		ANALISIS		
Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
ANALISIS		ANALISIS	OLIGO	ANALISIS		

4.6-. Número de tanques totales

Para realizar el escalado se debe conocer el inóculo inicial de la siguiente estación que se aproximaría a la producción final de la estación anterior. Con los datos que obtenemos de **cálculos generales** se realiza la *Tabla 9* que nos indica en datos aproximados la cantidad que se debe producir para llegar a la facturación de 200.000€.

Tabla 9. Inoculo inicial y producción final.

ESTACION	INOCULO INICIAL (kg)	PRODUCCION FINAL+SOBRANTE (kg)
PRODUCCION	600	3800+400
ESCALADO	100	600+100
PRE-ESCALADO	20	100+40
MATERNIDAD	3	20+1
CUARENTENA	2	14

Una vez se conoce la biomasa por estación de escalado y los volúmenes exactos de los tanques necesarios para la fase de producción, se realiza una búsqueda exhaustiva por internet para encontrar los tanques de medidas más cercanas para el resto de las fases. La *Tabla 10* refleja los volúmenes existentes en el mercado y más cercanos a las medidas necesarias para la producción que son requeridos para la instalación y por cada fase, también indica la cantidad de tanques que se mantienen en vacío sanitario.

Tabla 10. Necesidades de tanques para las instalaciones

TIPO DE TANQUES	VOLUMEN (m3)	CANTIDAD NECESARIA	VACIO SANITARIO	TOTAL
CUARENTENA	2	2	0	2
MATERNIDAD	3	1	1	2
PRE-ESCALADO	20	1	1	2
ESCALADO	100	1	1	2
PRODUCCION	100	6	2	8

Se necesitaría un total de 8 tanques de producción de 100m³ de los cuales dos de ellos se mantendrían como vacío sanitario, 2 tanques de escalado también de 100m³ destinando a uno de ellos a vacío sanitario, 2 tanques de pre-escalado de 20m³ uno de ellos dedicado a vacío sanitario, 2 tanques de cuarentena de 2m³, en maternidad se necesitan 2 tanques de 3m³ con uno para vacío sanitario y 9 matraces Erlenmeyer para poder triplicar los inóculos.

4.7-. Esquema de manejo

En la Tabla 11 se muestra un esquema de manejo de las algas dentro de la instalación partiendo de un año natural donde se inicia la recolecta en el litoral de algas en el mes de enero.

Se estima que la producción se repartirá en 12 lotes anuales, de los cuales es necesario completar al 100% 10 de los 12 lotes para alcanzar el objetivo productivo. En febrero, las algas, una vez están controladas y analizadas después de haber estado un mes en cuarentena pasarían al apartado de maternidad. A priori, no se necesitará de nuevo la fase de cuarentena, y todo nuevo lote partirá de la fase de maternidad.

- En marzo entrarían en la primera etapa de pre-escalado.
- En abril pasarían a estar en la segunda etapa de escalado en un tanque mayor.
- En mayo se iniciaría la etapa final de producción donde se obtiene la cantidad necesaria mensual para llegar a los valores de facturación estipulados.
- Una vez alcanzada la biomasa mensual, en junio, se recolectaría la cantidad de ulva necesaria y se transformaría según la finalidad pactada, este proceso puede durar aproximadamente un mes.
- Y por último tendríamos la venta 6 meses después de salir de la maternidad.

Como se puede observar en Tabla 11 y para poder obtener los resultados deseados de facturación anual se han separado las producciones con un mes de diferencia, de esta

manera se pueden superponer los tanques de los diferentes lotes sin causar ningún tipo de interrupción en la producción y maximizando así el espacio/tiempo.

Tabla 11. Excel toma decisiones en el escalado del cultivo.

MES/LOTE	Lote1	Lote2	Lote3	Lote4	Lote5	Lote6	Lote7	Lote8	Lote9	Lote10	Lote11	Lote12
enero	CUARENTENA											
febrero	MATERNIDAD											
marzo	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD										
abril	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD									
mayo	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD								
junio	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD							
julio	VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD						
agosto		VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD					
septiembre			VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD				
octubre				VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD			
noviembre					VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD		
diciembre						VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD	
enero							VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO	MATERNIDAD
febrero								VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO	PRE_ESCALADO
marzo									VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION	ESCALADO
abril										VENTA	TRANSFORMACION	PRODUCCION
mayo											VENTA	TRANSFORMACION
junio												VENTA

4.7.1- Cuarentena

El proceso de cuarentena es el inicio de obtención de las algas, donde se recolectarían en el litoral y se llevarían a los tanques para controlar, este no sería un proceso habitual, sino que sería una parte puntual, es decir, se haría una vez al inicio de la obtención de algas (o para un posible renovado del stock) o bien se podría hacer si se quisiesen incluir otros tipos de algas.

Se recogieron 2kg de biomasa en el litoral y a los 30 días se obtienen 14 kg. Durante este tiempo las características ambientales se tratan de mantener estables como se recoge en el apartado *esquema de manejo*, también se realizan análisis de patógenos (al inicio y al final) y un análisis genético (al inicio) para cerciorarse de que se va a producir la especie deseada.

Tabla 12. Biomasa en estación de cuarentena con tipos de análisis

CUARENTENA	DIA 0	DIA 30
PESO FRESCO (kg)	2	14
ANALISIS PATOGENOS	si	si
ANALISIS GENETICO	si	no

4.7.2-. Maternidad

En Maternidad se desarrollan dos tipos de actividades que son: el mantenimiento del inoculo en los matraces y la primera parte del escalado hasta obtener una cantidad de biomasa de 20kg para la siguiente estación.

Tabla 13. Biomasa en estación de maternidad.

MATERNIDAD	DIA 30	DIA 60
PESO FRESCO (kg)	3	21

4.7.3-. Pre-escalado

Para obtener un buen crecimiento y evitar una posible aparición de epifitos se debe realizar un escalado para ir aumentando la cantidad de biomasa de una manera gradual y poder sembrar los diferentes tanques a la densidad adecuada de $1,026\text{kg}/\text{m}^3$ (Neori, 2004) y así obtener el mayor rendimiento en nuestra granja.

Se sembraron 20kg de biomasa y durante el mes de estancia su crecimiento alcanzó los 140Kg, manteniendo así el crecimiento idóneo.

Tabla 14. Biomasa en estación de pre-escalado

PRE-ESCALADO	DIA 60	DIA 90
PESO FRESCO (kg)	20	140

4.7.4-. Escalado

Este apartado es igual que el pre-escalado, pero cambiando el tamaño de los tanques ya que la biomasa que llega de inoculo es mayor.

Se siembran en un inicio 100kg descartando una pequeña parte de sobrante y al paso de otros 30 días se obtiene la cantidad de 700kg de biomasa.

Tabla 15. Biomasa en estación de escalado.

ESCALADO	DIA 90	DIA 120
PESO FRESCO (kg)	100	700

4.7.5-. Producción

Esta es la última estación del crecimiento de biomasa, se reparte la cantidad de 600kg para cada uno de los 6 tanques (100kg/tanque) de esta estación teniendo un sobrante de 100kg y obteniendo al final del mes la cantidad de 4200kg de biomasa.

Tabla 16. Biomasa en estación de producción.

PRODUCCION	DIA 120	DIA 150
PESO FRESCO (kg)	600	4200

4.7.6-. Transformación

Previo a la venta tenemos que procesar la biomasa mensual que obtenemos. Como únicamente necesitamos 3800kg y del apartado de producción se cosechan 4200kg se descartan 400kg.

Una vez separamos los 3800kg, estos pasarían a un horno de secado hasta la deshidratación completa. Se separa la parte destinada a peso seco que serían unos 304kg y los 76kg restantes se tendrían que procesar para obtener ulvan a través del proceso descrito en el apartado de **material y métodos transformación** (ultrafiltración y liofilización).

Tabla 17. Cantidades de producto transformadas y su finalidad.

TRANSFORMACION	PESO SECO	ULVAN
PESO FRESCO (kg)	3800	
PESO SECO (kg)	380	
PORCENTAJE (%)	80,00%	20,00%
PESO SECO (kg)	304	76
EQUIVALENTE ULVAN		15,00%
PESO SECO FINAL (kg)	304	11,4

4.7.7-. Venta

El último proceso de la granja es la venta al mayorista una vez se haya finalizado la transformación de la biomasa.

Los valores de venta de peso seco son 50€/kg destinado a alimentación y de ulvan 500€/kg destinados a farmacia y cosmética. Estos precios, son previsiblemente mayores, pero por el principio de prudencia se han utilizado esos.

El resultado de multiplicar el peso por su valor nos da una venta de 20.900€ mensuales.

Tabla 18. Precio de venta por lote.

VENTA	PESO SECO	ULVAN
PESO SECO FINAL (kg)	304	11,4
PRECIO VENTA MINORISTA (€)	50	500
VENTA (€)	15200	5700
TOTAL (€)	20900	

4.8.- Costes de la instalación

En la *Tabla 19* se detallan todos los materiales necesarios para la instalación, junto con sus características específicas, precios unitarios y cantidades requeridas. Esto permite realizar un resumen del costo total necesario para llevar a cabo la construcción de la planta de producción.

Por otro lado, la *Tabla 20* presenta el costo de la maquinaria requerida para el funcionamiento adecuado de la instalación. Es importante tener en cuenta que se

realizará una revisión de la maquinaria después de 10 años de operación, reparando cualquier componente que sea necesario para garantizar su funcionamiento óptimo.

Tabla 19. Coste de la instalación

APARTADO	MATERIAL	CARACTERISTICAS	PRECIO UNITARIO (€/unidad)	CANTIDAD NECESARIA	TOTAL
INFRAESTRUCTURA	SOLAR/CAPTACION	Terreno llano y con captación de agua	5	2490	12.450,00 €
	CIERRE EXTRUCTURAL	Verja metálica 2,5m altura con pliegues para	11	238	2.618,00 €
	URBANIZACION	Acondicionamiento del terreno	6	412	2.472,00 €
	MATERNIDAD	Extrutura de cemento con techado de panel	400	50	20.000,00 €
	ALMACEN/PROCESADO/OFICINA	Extrutura de cemento con techado de panel sandwich aislante	400	50	20.000,00 €
PRODUCCIÓN	PRODUCCION	Rectangular de cemento con forma de trapecio invertido y aireación en fondo longitudinal. MEDIDAS 25m x 4m x 1m	9680	8	77.440,00 €
	ESCALADO	Rectangular de cemento con forma de trapecio invertido y aireación en fondo longitudinal. MEDIDAS 25m x 4m x 1m	9680	2	19.360,00 €
	PRE-ESCALADO	Rectangulares de poliéster con forma de semiluna y aireación en fondo longitudinal. MEDIDAS 5m x 4m x 1m	3175	2	6.350,00 €
	MATERNIDAD	Rectangulares de poliéster con forma de semiluna y aireación en fondo longitudinal. MEDIDAS 3m x 1m x 1m	741	2	1.482,00 €
	CUARENTENA	Rectangulares de poliéster con forma de semiluna y aireación en fondo longitudinal. MEDIDAS 2m x 1m x 1m	741	2	1.482,00 €
FILTRACION CUARENTENA	Filtro Arena	FILTRO ZODIAC MS DIAM 475 V20 S30 CAUDAL	659,00 €	1	659,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €	1	86,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 1700	1.050,00 €	1	1.050,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €	1	150,00 €
	Calefacción/Enfriador		865,00 €	1	865,00 €
	Skimmer Proteína	SKIMMER ACUI TEC	435,00 €	1	435,00 €
FILTRACION MATERNIDAD	Filtro Arena	FILTRO ZODIAC MS DIAM 475 V20 S30 CAUDAL	659,00 €	1	659,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €	1	86,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 2000	1.306,00 €	1	1.306,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €	1	150,00 €
	Calefacción/Enfriador			1	0,00 €
	Skimmer Proteína	SKIMMER ACUI TEC	435,00 €	1	435,00 €
FILTRACION PRE-ESCALADO	Filtro Arena	FILTRO ZODIAC MS DIAM 475 V20 S30 CAUDAL	659,00 €	1	659,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €	2	172,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 10000	2.053,00 €	1	2.053,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €	1	150,00 €
	Calefacción/Enfriador			1	0,00 €
	Skimmer Proteína	SKIMMER ACUI TEC	600,00 €	1	600,00 €
FILTRACION ESCALADO	Filtro Arena	FILTRO PRAGA ASTRAPOL DIAM 1050 V30 S75	3.412,00 €	1	3.412,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €	3	258,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 10000	2.053,00 €	3	6.159,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €	1	150,00 €
	Calefacción/Enfriador			1	0,00 €
	Skimmer Proteína	SKIMMER ACUI TEC	1.416,00 €	1	1.416,00 €
FILTRACION PRODUCCIÓN	Filtro Arena	FILTRO PRAGA ASTRAPOL DIAM 2500 V20 S160	16.724,00 €	1	16.724,00 €
	Filtro Bolsa	FILTRO DE BOLSA SINTETICO	86,00 €	6	516,00 €
	Filtro UV	CINTROPUR 10000	2.053,00 €	6	12.318,00 €
	Cono fibra	DIFUSOR EXTERNO	150,00 €	6	900,00 €
	Calefacción/Enfriador			1	0,00 €
	Skimmer Proteína	SKIMMER ACUI TEC	8.500,00 €	1	8.500,00 €
CICLO HIDRICO	TUBERIAS ENTRADA	PVC	11	210	2.310,00 €
	TUBERIAS SALIDA	PVC	11	220	2.420,00 €
	SUMIDERO	De obra y opaco	2453	1	2.453,00 €
MATERIAL LABORATORIO	Microscopio	Microscopios verticales Eclipse SI	1.412,00 €	1	1.412,00 €
	Estereomicroscopio	Estereomicroscopio SMZ445	432,00 €	1	432,00 €
	Balanza analítica	Balanza analítica compacta calibración interna HR-250AZ - Capacidad 252 g	1.696,00 €	1	1.696,00 €
	Autoclave	Autoclave horizontal 65 l Tuttnauer 3850 EL-D	1.499,00 €	1	1.499,00 €
	Espectrofotómetro	Espectrofotometro Visible Serie 4200 Generic	1.996,95 €	1	1.996,95 €
	Cristalería	Matraz esférico de boca ancha fondo redondo	160,30 €	12	1.923,60 €
		Matraz esférico de boca ancha fondo redondo	770,00 €	2	1.540,00 €
	Reactivos Varios	Probeta graduada 500 ml Super Duty	170,90 €	2	341,80 €
Reactivos Varios	Reactivos análisis agua	600,00 €	1	600,00 €	
ANALISIS	VARIOS	Sensores y electricidad varia.	350	1	350,00 €
				TOTAL	242.496,35 €

Tabla 20. Coste maquinaria.

APARTADO	MATERIAL	CARACTERISTICAS	CONSUMO ELECTRICO (KW/H)	PRECIO UNITARIO (€/unidad)	CANTIDAD NECESARIA	TOTAL
BOMBA DE AGUA	Bomba de cuarentena	ROVER NOVAX 40-M	1	254,00 €	2	508,00 €
	Bomba laboratorio	ROVER NOVAX 40-M	1	254,00 €	2	508,00 €
	Bomba pre-escalado	TIP HWW 4500 INOX	1	319,95 €	2	639,90 €
	Bomba escalado	PRINCE RGM-15	1,5	212,00 €	2	424,00 €
	Bomba producción	PRINCE RGT-20	2	820,00 €	4	3.280,00 €
TRANSFORMACIÓN	Horno de secado	ZHENGAN RXH-54-B	2,5	1.254,00 €	1	1.254,00 €
	Nevera frigorífica	Cámara de refrigeración de acero Inox	1,8	1.800,00 €	1	1.800,00 €
	Maquina empaquetado	XIAMEN LINK MACHERY	1	1.200,00 €	1	1.200,00 €
					TOTAL	9.613,90 €

4.9-. Amortización.

La amortización se calcula utilizando la fórmula detallada en el apartado **amortización**, que involucra tanto los costos de instalación como los costos de maquinaria enumerados en el apartado *costes de instalación*.

Con un gasto anual de 13.575,50€, no se espera que este desembolso afecte significativamente al buen funcionamiento de la instalación. (Tabla 21)

Si se busca reducir la carga de amortización, se podría considerar extender el período de amortización de 20 años a 25 años. Esto podría disminuir el gasto anual y proporcionar un alivio financiero adicional, aunque es importante considerar los impactos a largo plazo y evaluar si esta decisión es adecuada para los objetivos financieros y operativos de la instalación.

Tabla 21. Amortización a 20 años.

AMORTIZACION (AÑOS)	COSTE INSTALACION	COSTE MAQUINARIA	GASTOS GENERALES+TASAS+OBRA (8% COSTE INSTALACION)	TOTAL
20	242.496,35 €	9.613,90 €	19.399,71 €	13.575,50 €

4.10-. Personal.

Si bien el gasto en personal representa uno de los mayores costos anuales, estos desempeñan un papel fundamental realizando todas las actividades de la instalación y la eficiencia de las operaciones será crucial para el éxito del proyecto. Por eso es importante contar con un equipo altamente capacitado que pueda llevar a cabo las operaciones de manera eficiente ya que esto genera un impacto directo en la productividad y rentabilidad de la instalación.

Tabla 22. Gastos anuales de personal.

PERSONAL	FUNCIONES	SALARIO BRUTO MES	Nº EMPLEADOS	COEF MAYORACION	Nº PAGAS	SALARIO BRUTO ANUAL
Director General	Organización y planificación de actividades	2500	1	1,6	14	56000
Tecnico Acuicultor	Ejecución de actividades de producción	1142	2	1,6	14	51161,6
					TOTAL	107161,6

4.11-. Estudio estático.

En el estudio estático, se analizan los gastos fijos de energía, las cargas de agua en la instalación y los costos de fertilizantes, como se detalla en las *Tablas 23, 24 y 25* respectivamente. Si bien estos datos pueden verse afectados por las fluctuaciones del mercado, los cálculos se realizaron considerando números más altos para prever situaciones adversas y garantizar la producción continua.

El principal gasto identificado se relaciona con el uso de bombas de agua, que deben funcionar las 24 horas del día, durante todo el año, para recircular el agua a través de las instalaciones.

Para contrarrestar los altos gastos energéticos, se considerará una estrategia como la instalación de paneles solares. Aprovechar la abundante luz solar en la isla de Gran Canaria puede ofrecer una solución sostenible y rentable para reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales y mitigar los costos asociados.

Tabla 23. Gasto energético de la instalación al año.

APARTADO	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	CONSUMO ELÉCTRICO (KW/H)	PRECIO KW/H (ESPAÑA)	PRECIO KW/H	PRECIO KW/DIA	Nº DIAS TRABAJO	TOTAL KW ANUAL	
GASTO ENERGETICO	BOMBAS DE AGUA	Bomba de cuarentena	1	0,24 €	0,24 €	5,74 €	365	2.093,64 €	
		Bomba laboratorio	1	0,24 €	0,24 €	5,74 €	365	2.093,64 €	
		Bomba pre-escalado	1	0,24 €	0,29 €	6,88 €	365	2.512,37 €	
		Bomba escalado	1,5	0,24 €	0,36 €	8,60 €	365	3.140,46 €	
		Bomba producción	2	0,24 €	0,48 €	11,47 €	365	4.187,28 €	
	TRANSFORMACIÓN	Horno de secado	3,5	0,24 €	0,84 €	20,08 €	36	722,74 €	
		Nevera frigorífica	1,8	0,24 €	0,43 €	10,32 €	365	3.768,55 €	
		Maquina empaquetado	1	0,24 €	0,24 €	5,74 €	24	137,66 €	
		LUZ GENERAL	Luces	0,01	0,24 €	0,00 €	0,06 €	365	20,94 €
							TOTAL		18.677,28 €

Tabla 24. Gastos acuático de la instalación al año.

APARTADO	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	VALOR (€/M3)	VOLUMEN AGUA (M3)	UNIDADES DE CARGA	TOTAL ANUAL AGUA
GASTO ACUATICO	INICIO	Llenado principal de agua	0,4	727	1	290,80 €
	EVAPORACIÓN	Suplemento por evaporación	0,4	20	24	192,00 €
					TOTAL	482,80 €

Tabla 25. Gasto fertilizante de la instalación anual.

APARTADO	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	VALOR (€/M3)	VOLUMEN AGUA (L)	FERTILIZACION SEMANAL	FERTILIZACION QUINCENAL	VOLUMEN SEMANAL FERTILIZACIÓN (M3)	VOLUMEN MENSUAL FERTILIZACIÓN (M3)	VOLUMEN ANUAL FERTILIZACIÓN (M3)	TOTAL VALOR FERTILIZACIÓN (€)
GASTO FERTILIZACIÓN	FÓSFOROS	PO4	0,84	727	3		2181	8724	104688	8793,8
	NITRATOS	NO3								
	OLIGOELEMENTOS	Zn, Co, Si, Mn, I, Ni	0,95	727		1	727	1454	17448	1657,6
									TOTAL	10451,4

Tabla 26. Resumen de los gastos del estudio estático.

COSTES GENERALES	APARTADO	VALOR (€)
		GASTO ENERGETICO
	GASTO ACUATICO	482,80 €
	GASTO FERTILIZACIÓN	10451,4
	TOTAL	29.611,43 €

4.12-. Estudio dinámico.

Los resultados del estudio dinámico proporcionan una comprensión detallada de la evolución a lo largo de los 20 años del proyecto.

Para evaluar la viabilidad financiera de la instalación, se realizaron análisis de los flujos económicos y se calcularon los valores del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). En este caso, al finalizar el periodo de 20 años, se obtiene un retorno de más de 340.000€ y una TIR del 22%.

Es importante destacar que la inversión requerida no se limita al desembolso inicial del primer año, sino que también incluye la cobertura de los gastos durante el primer año, como los costes de personal, los costes generales y varios, hasta que se comience a generar ingresos por la venta del producto.

Como se puede apreciar en la *Figura 14*, el periodo de recuperación se sitúa entre el tercer y cuarto año. Es importante destacar que la subvención del FEMPA ha contribuido a reducir este periodo en un año.

Tabla 27. Estudio dinámico con cálculos a 20 años con los datos VAN y TIR.

GASTO/COBRO	GASTO ORDINARIO				GASTO EXTRAORDINARIO	COBROS ORDINARIOS	COBROS EXTRAORDINARIOS		Tasa de actualización	0,08
APARTADO/AÑO	INVERSION INICIAL	GASTO PERSONAL	COSTES GENERALES	VIARIOS	REPARACIONES	VENTA DE PRODUCTO	SUBVENCIONES	FLUJO ACUMULADO	FLUJO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
0	242.496,35 €							-242.496,35 €	-242.496,35 €	-242.496,35 €
1		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	100.000,00 €	0,00 €	-38.140,76 €	-35315,5188	-277.811,87 €
2		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	53034,32759	-224.777,54 €
3		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	49105,85888	-175.671,68 €
4		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	96.998,54 €	158.857,78 €	116765,2104	-58.906,47 €
5		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	42100,35912	-16.806,11 €
6		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	38981,814	22.175,70 €
7		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	36094,27222	58.269,97 €
8		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	33420,62243	91.690,60 €
9		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	2.884,17 €	200.000,00 €	0,00 €	58.975,07 €	29502,2177	121.192,81 €
10		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	28652,79701	149.845,61 €
11		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	26530,3676	176.375,98 €
12		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	24565,15518	200.941,13 €
13		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	22745,51406	223.686,65 €
14		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	21060,66117	244.747,31 €
15		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	19500,61219	264.247,92 €
16		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	18056,1224	282.304,04 €
17		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	16718,63185	299.022,68 €
18		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	15480,21468	314.502,89 €
19		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	0,00 €	200.000,00 €	0,00 €	61.859,24 €	14333,53211	328.836,42 €
20		107.161,60 €	29.611,43 €	1.367,73 €	2.884,17 €	200.000,00 €	0,00 €	58.975,07 €	12652,99549	341.489,42 €
							TIR	22%	VAN	341.489,42 €

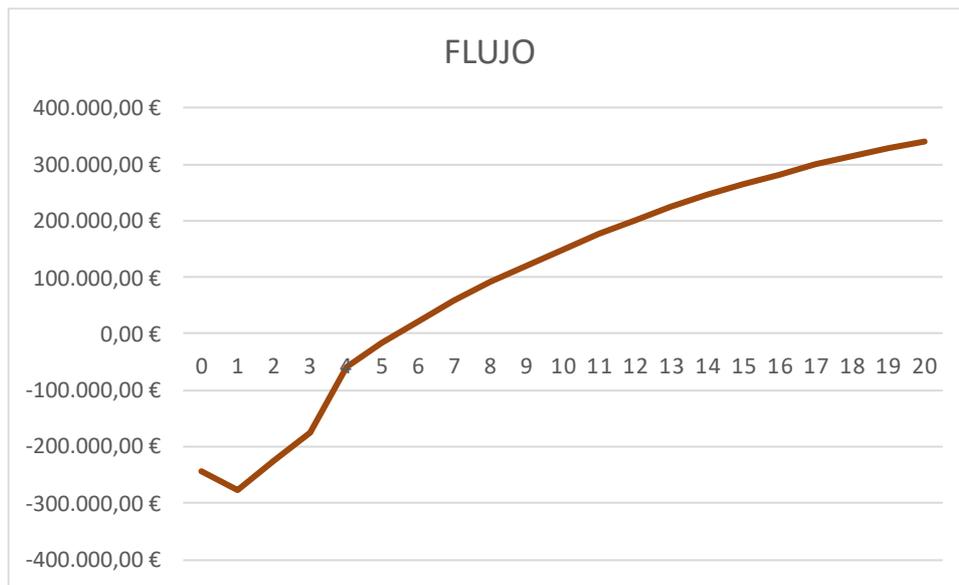


Figura 14. Variación de flujo económico a 20 años.

5-. Conclusión

Después de analizar todos los datos y las posibles variables se llega a las siguientes conclusiones:

- Un dimensionamiento para producir de 42000kg anuales de *Ulva ohnoi* (húmeda) es suficiente para mantener una empresa de 3 trabajadores.

- El estudio realizado sobre la viabilidad de una planta de cultivo de macroalga *Ulva ohnoi* en la costa de Pozo Izquierdo, Gran Canaria, demuestra que el proyecto es financieramente sólido y prometedor. El análisis dinámico de la instalación revela un Valor Actual Neto (VAN) positivo y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 18%, lo que indica la viabilidad del proyecto a lo largo del tiempo.
- La implementación de una estrategia de diversificación de productos (Ulva seca y ulvan) contribuye a la estabilidad y rentabilidad del negocio.
- La obtención de una subvención del FEMPA ha acortado el periodo de recuperación de la inversión, lo que mejora aún más la viabilidad económica del proyecto.

6.-Bibliografía

Acosta, E. (2018). *Evaluación de secado solar para macroalgas marinas* [Trabajo de diploma., Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas]. <https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/ffbd8856-49a2-468c-a5d5-9f16a3d8cc1c/content>

Alexandera K.A. T.P.Pottsa S.Freemanb D.Israelb J.Johansenc D.Kletoud M.Melande D.Pecorinof C.Rebourse M.Shorteng D.L.Angelb (2015) The implications of aquaculture policy and regulation for the development of integrated multi-trophic aquaculture in Europe.

Bolton J. J., Robertson-Andersson V. D., Shuuluka D. and Kandjengo L. 2009. Growing *Ulva* (Chlorophyta) in integrated systems as a commercial crop for abalone feed in South Africa: a SWOT analysis. *Journal of Applied Phycology* 21: 575-583.

Carl C, de Nys R, Paul NA (2014) The Seeding and Cultivation of a Tropical Species of Filamentous *Ulva* for Algal Biomass Production. PLoS ONE 9(6): e98700. doi: 10.1371/journal.pone.0098700

Carrasco F. 2008. Biocauchos que nacen en el mar. Informe de proyecto.

Casais E. 2016. Desarrollo de cultivos de *Ulva* como biofiltro en sistemas AMTI. Centro de investigaciones científicas avanzadas. 5-6.

Cole, Andrew J., Rocky de Nys, and Nicholas A. Paul. "Removing constraints on the biomass production of freshwater macroalgae by manipulating water exchange to manage nutrient flux." (2014).

Duran de Grau, N. Pascual, R. 1986 "Algas y Liqueenes" Mini Atlas Jover Ediciones Jover, S.A., España. 41pp

Fernández-Díaz, C., Coste, O., & Malta, E. (2017). Polymer chitosan nanoparticles functionalized with *Ulva ohnoi* extracts boost in vitro ulvan immunostimulant effect in *Solea senegalensis* macrophages. *Algal Research*, 26, 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.008>

Hafting J, Critchley A, Cornish ML, Hubley S, Archibald A (2012) En- cultivo en tierra de productos de algas marinas funcionales para uso humano. *J Appl Phycol* 24: 385–392

Lawton RJ, Mata L, de Nys R, Paul NA (2013) Biorremediación de algas de aguas residuales de la acuicultura en tierra utilizando *Ulva*:selección de especies y cepas objetivo. *PLoS Uno* 8(10):e77344

Mata, L., Magnusson, M., Paul, N. A., & De Nys, R. (2015). The intensive land-based production of the green seaweeds *Derbesia tenuissima* and *Ulva ohnoi*: biomass and bioproducts. *Journal of Applied Phycology*, 28(1), 365-375. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0561-1>

Mata L, Schuenhoff A, Santos R (2010) Una comparación directa de la rendimiento de los biofiltros de algas, *Asparagopsis armatay Ulva rígida*. *J Appl Phycol* 22: 639–644

Montingelli M. E., Tedesco S. and Olabi A. G. 2015. Biogas production from algal biomass: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43: 961-972.

Moreno, S. M. (2015). *Producción de Ulva a partir de un sistema de recirculación acuícola. Condiciones hidrodinámicas y eliminación de nutrientes*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/78244>

Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A. H., Kraemer, G. P., Halling, C., ... & Yarish, C. (2004). Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231(1), 361-391.

Revilla-Lovano, S., Sandoval-Gil, J. M., Zertuche-González, J. A., Belando-Torrentes, M. D., Bernardeau-Esteller, J., Rangel-Mendoza, L. K., Ferreira-Arrieta, A., Guzmán-Calderón, J. M., Camacho-Ibar, V. F., Muñíz-Salazar, R., & Del Carmen Ávila-López,

M. (2021). Physiological responses and productivity of the seaweed *Ulva ohnoi* (Chlorophyta) under changing cultivation conditions in pilot large land-based ponds. *Algal Research*, 56, 102316. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102316>

Plaza M., Cifuentes A. and Ibáñez E. 2008. In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science & Technology* 19: 31-39.

Valente L. M. P., Gouveia A., Rema P., Matos J., Gomes E. F. and Pinto I. S. 2006. Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 252: 85-91.