

TESIS



148602

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y De
Recursos Naturales

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales

Centro de Información Bibliotecaria

INVENTARIO: D-76586

VALOR: 4,00

CLASIFICACIÓN:

FECHA DE INGRESO: 7/11/2017

PROVENIENCIA:

ADQUIRIDO POR:



“ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE SUPERVIVENCIA DEL ALGA *Kappaphycus alvarezii* A BAJAS PROFUNDIDADES DE CULTIVO”.

Proyecto Integrador

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA EN ACUICULTURA

Presentado por:

Lissette Mariela Yépez Cedeño

Guayaquil – Ecuador

2016

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme la fortaleza para no rendirme en esta etapa de mi vida y darme la seguridad de culminar este proyecto.

Agradezco con todo mi corazón a mis padres por el apoyo y confianza que me transmitieron en este proceso, también a una hermosa princesa que me motivo a seguir adelante en mis estudios porque sin ella no hubiera podido lograr terminar esta meta, mi adorada Anette.

Al biólogo Raúl Rincones y Teodoro Cruz por ayudarme a realizar este estudio en la “Cooperativa de Producción Pesquera Artesanal- Santa Rosa de Salinas.”

Al MSc. Jorge Blacio Game por su paciencia y guía constante para culminar este proyecto.

Al Dr. Roberto Retamales por los consejos para poder realizar un buen trabajo.

DEDICATORIA

A Dios porque sin el nada de esto se hubiera podido realizar.

A mis padres por su comprensión y apoyo en este largo camino que tuve que pasar, principalmente a mi madre Narcisa Cedeño que sin ella no hubiera podido realizar este proyecto.

A mi familia por su apoyo constante en cada reencuentro familiar, principalmente a mi dulce Abuelita Consuelo por su amor y confianza en mí.

A mis suegros y toda la familia De Santis, principalmente a mi compañero Juan Vittorio De Santis por su ayuda y llamadas de atención cada vez que estaba a punto de rendirme.

Y a mí hermosa hija Anette De Santis Yépez que sin su dulzura y carisma no hubiera podido motivarme para culminar mi etapa universitaria.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



EVALUADOR

MSc. Jorge Blacio Game

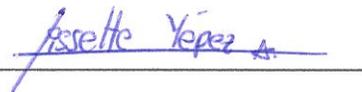


EVALUADOR

Dr. Roberto Retamales

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto Integrador me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

A handwritten signature in blue ink, reading "Lissette Yépez", is written over a horizontal line.

Lissette Mariela Yépez Cedeño

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el estudio del cultivo de algas *Kappaphycus alvarezii* a bajas profundidades, con el propósito de demostrar la factibilidad de aplicar este método de cultivo en nuestras costas ecuatorianas. Esta alga es utilizada para la obtención de la carragenina (agente con capacidad de otorgar cualidades gelinizantes a un compuesto) en la industria farmacéutica, cosmética y como consumo de alimento para el ser humano (ensaladas).

En la primera parte se preparan las anclas que son fabricadas con sacos y piedras grandes, las diez líneas de 1m. con sus cinco sublíneas de algas separadas por 20cm cada una. Luego con ayuda del GPS se marcan los puntos en el mar, haciendo un total de 10 puntos.

Se observa las algas si tuvieron alguna diferencia físicamente cada vez que se las inspeccionaba, por ejemplo algún cambio en su color, aumento o disminución en su tamaño y si llegan a estar quebradas o con alguna anomalía, además se anota el peso de las algas con un periodo de cada 10 días.

Al finalizar del proyecto, se realiza un gráfico donde se muestre las variaciones de los pesos que tuvieron los puntos seleccionados, además las profundidades a las que estuvieron sometidas las algas, aclarando que con el inconveniente del Fenómeno del Niño que se ha registrado en las últimas semanas, hubo un incremento en el nivel del mar y una mayor turbidez por el transporte de arena.

Palabras claves: *Kappaphycus alvarezii*, carragenina, cultivo de algas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ÌNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS.....	XI
SIMBOLOGÍA.....	XII
ÌNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÌNDICE DE TABLAS.....	XV
ÌNDICE DE ANEXOS.....	XVII
INTRODUCCIÒN.....	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO I.....	3
1.1 DEFINICIÒN DEL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÒN.....	4
1.3 MARCO TEÒRICO.....	5

CAPÍTULO II	7
2. REVISIÓN DE TRABAJOS PREVIOS.....	7
2.1 The commercial red seaweed <i>Kappaphycus alvarezii</i> —an overview on farming and environment. (BINDU, 2011).....	7
2.2 Effects of salinity on the growth rate, carrageenan yield, and cellular structure of <i>Kappaphycus alvarezii</i> (Rhodophyta, Gigartinales) cultured in vitro. (Felix, 2010).....	8
2.3 Growth performance of a Seaweed, <i>Kappaphycus alvarezii</i> under lined earthen pond condition in Tharuvaikulam of Thoothukudi coast, South East of India. (Athithan, 2013).....	9
CAPÍTULO III	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1. SELECCIÓN DE SITIO.....	10
3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
3.2.1.DESCRIPCIÓN DE PROCESO.....	11
3.3. SIEMBRA DE ALGA <i>Kappaphycus alvarezii</i>	15
3.4.DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16

3.5.CRECIMIENTO.....	21
3.6.PARÁMETROS ABIÓTICOS.....	22
3.7.ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	23
CAPÍTULO IV.....	24
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	24
4.1. DATOS DE CRECIMIENTO, 22 DE DICIEMBRE DEL 2015.....	24
4.2. DATOS DE CRECIMIENTO, 2 DE ENERO DEL 2016.....	28
4.3. DATOS DE CRECIMIENTO, 12 DE ENERO DEL 2016.....	31
4.4. DATOS DE CRECIMIENTO, 22 DE ENERO DEL 2016.....	34
4.5. DESARROLLO DE LA ECUACIÓN DE CRECIMIENTO.....	38
4.6 GRÁFICOS DE RESULTADOS.....	41
4.7 RESULTADO DE LA ECUACIÓN.....	45
CAPÍTULO V.....	47
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
5.1. CONCLUSIONES.....	47
5.2. RECOMENDACIONES.....	49
ANEXOS.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	54

ABREVIATURAS

° C	Grados Celsius
PS	Punto de Supervivencia
PAS	Punto afuera de Supervivencia
m	Metros
cm	Centímetros
kg	Kilogramos
g	Gramos
Wo	Peso inicial
Wf	Peso final
t	Número de días
UPS	Unidad Práctica de Salinidad
DGR%	Daily growth rate

SIMBOLOGIA

φ

Diámetro

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Presentación del alga <i>Kappaphycus alvarezii</i>	6
FIGURA 2.	Preparación de las anclas.....	12
FIGURA 3.	Colocación de las anclas.....	12
FIGURA 4.	Puntos establecidos para el cultivo.....	13
FIGURA 5.	Esquema para atar los talos de las algas.....	15
FIGURA 6.	Método de siembra en línea.....	16
FIGURA 7.	Líneas para la colocación de las algas.....	17
FIGURA 8.	Línea de algas.....	17
FIGURA 9.	Pesaje de algas por línea.....	18
FIGURA 10.	Muestra de algas verdes y rojas.....	18
FIGURA 11.	Tabla de marea del día de muestreo.....	26
FIGURA 12.	Presentación del alga con tonalidad oscura.....	26
FIGURA 13.	Pérdidas de algas en las sublíneas.....	27
FIGURA 14.	Muestra de la línea sin algas.....	27
FIGURA 15.	Muestra del alga oscura y delgada.....	29
FIGURA 16.	Presentación del alga con la tonalidad blanquecina.....	30
FIGURA 17.	Presentación del alga oscura.....	32
FIGURA 18.	Disminución de volumen en las frondas del alga.....	33

FIGURA 19. Pérdida de frondas en la alga.....	33
FIGURA 20. Alga verde perdiendo pigmentación.....	35
FIGURA 21. Tamaño del alga.....	36
FIGURA 22. Pesaje del alga.....	36
FIGURA 23. Muestra de la línea sin algas.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I	Coordenadas de ubicación.....	14
TABLA II	Pesos y Profundidades de los puntos de cultivo inicial.....	20
TABLA III	Pesos y Profundidades de las algas <i>Kappaphycus alvarezii</i> (Primera muestra).....	24
TABLA IV	Pesos y Profundidades de las algas <i>Kappaphycus alvarezii</i> (Segunda muestra).....	28
TABLA V	Pesos y Profundidades de las algas <i>Kappaphycus alvarezii</i> (Tercera muestra).....	31
TABLA VI	Pesos y Profundidades de las algas <i>Kappaphycus alvarezii</i> (Cuarta muestra).....	34

ÍNDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1 Presentación del peso de algas con respecto a las diferentes profundidades.....	41
GRAFICO 2 Decrecimiento de tres puntos de algas.....	43

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Cronograma de actividades.....	51
ANEXO 2	Estructura del alga <i>Kappaphycus alvarezii</i>	52
ANEXO 3	Esquema de puntos de ubicación del alga <i>Kappaphycus alvarezii</i> ...	53

INTRODUCCIÓN

Las algas han sido cultivadas en países orientales y en algunos países americanos, donde han sido utilizadas en diferentes ámbitos del diario vivir, tales como alimentos, productos lácteos, farmacéuticos y combustible. Además son ricas en minerales como calcio, fósforo, sodio, hierro, zinc. Son parecidas a las plantas terrestres, pero las algas no presentan raíz, hojas ni tallo, poseen una estructura llamada talo en las que se reconoce tres partes estructurales diferenciables que son: la fronda, el estípite y rizoide.

Las algas rojas *Kappaphycus alvarezii* son originarias del sur de Mindanao, Filipinas, donde se inició su cultivo durante la segunda mitad de la década de 1960 (Muñoz, 2004) ya que son importantes en la industria comercial debido a la producción de carragenina. Desde allí su cultivo se ha extendido a otros países de Asia como Japón, Indonesia, Kiribati, Tanzania, Fiji y Sudáfrica (Gopakumar, 2011). Este tipo de algas rojas no necesita estar en agua frías por lo que pueden permanecer en aguas cálidas y se las puede colocar en la superficie del mar.

Estas algas son susceptibles a depredación por parte de peces, erizos de mar y tortugas, no crece a profundidades de más de 5 metros dependiendo de la falta de luz, ni tampoco en lugares con baja salinidad y temperatura (Sepúlveda, 2014).

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la supervivencia del alga *Kappaphycus alvarezii* a condiciones no favorables para su crecimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Análisis de la temperatura, luminosidad y salinidad.
- Evaluar su tasa de crecimiento.
- Evaluar supervivencia en base a las condiciones presentadas en bajas profundidades.

CAPÍTULO 1

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Este tipo de cultivo de algas en el Ecuador, es relativamente nuevo, ya que se ha realizado en la superficie del mar, pero no a bajas profundidades donde la cantidad de radiación solar no llega con la misma intensidad para el proceso de la fotosíntesis y este ayude a crecer.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

Las macroalgas han sido utilizadas por el ser humano como fuente de consumo, sea como alimento por sus nutrientes, fertilizante y como medicamento, lo que convierte a este tipo de cultivo en beneficioso. La *Kappaphycus alvarezii* se ha introducido en las zonas cálidas tropicales para cultivo comercial (University of Hawaii, 1996) , actualmente son utilizadas para obtener carragenina, la cual se encuentra presente en agentes gelificantes para procesos, estabilizadores, emulsificadores, y en productos alimenticios, principalmente lácteos; helado, chocolates y yogurt. Así mismo en productos no comestibles, por ejemplo en cremas, pinturas, lociones y geles quirúrgicos.

El presente proyecto estará enfocado en el cultivo del alga *Kappaphycus alvarezii* por su calidad, su alto crecimiento y potencial nutricional (Shapawi, 2015). El lugar que ha sido seleccionado para ubicar las algas es en Santa Rosa del Cantón Salinas, con el apoyo de la Cooperativa de Producción Pesquera Artesanal, donde se las ubicará a profundidades de 3 a 6 metros con respecto a la superficie con ayuda de unos soportes de hierro para sostenerlas, con la finalidad de determinar su tasa de crecimiento en condiciones adversas para el proceso de fotosíntesis.

1.3 MARCO TEÓRICO

La *Kappaphycus alvarezii* es una especie Rhodophyta perteneciente a la familia Solieraceae, Orden Gigartinales. Posee tres colores diferentes: verde, roja y parda con talos cilíndricos (Sepúlveda, 2014), con una tasa de crecimiento más rápida. Es una fuente comercial de los carragenanos, formadores de gel.

Esta alga puede alcanzar hasta los dos metros de largo, dependiendo de la intensidad luminosa que reciba en su ambiente, por lo que son cultivadas preferentemente en la superficie del mar, su crecimiento es rápido al punto que su tamaño puede duplicarse entre 15 a 30 días (Seaweed Industry Association , 2014). De apariencia plástica, las ramas son pesadas, flexibles e irregulares, formando enredos que van desde los 8 a 12 cm de longitud. La temperatura adecuada es mayor a 18°C, pero su crecimiento se acelera cuando llega a temperaturas entre 25 a 30°C.

Estas algas pueden estar entre 1 a 17 metros de profundidad dependiendo de la transparencia del agua o en bordes de arrecifes (Seaweed Industry Association , 2014). Las algas son utilizadas como materia prima para la carragenina (agente con capacidad de otorgar cualidades gelatinizantes a un compuesto) en la industria farmacéutica y cosmética y como consumo de alimento para el ser humano (ensaladas).

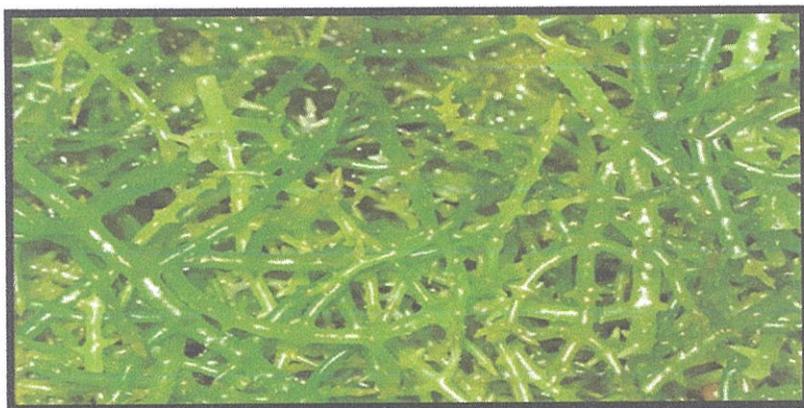
Se piensa que la *Kappaphycus alvarezii* es una alga invasora en Hawaii y en otros lugares donde se la ha introducido para su cultivo, su crecimiento rápido hace que su cultivo sea fácil, pero perjudicial para los arrecifes de coral (Seaweed Industry Association , 2014).

Esta especie presenta ramas vegetativas pesadas y no presenta capacidad de fijación, por lo que no es capaz de colonizar en sustratos rocosos y arenosos, alterando el ecosistema natural. Los fragmentos se dispersan a pequeñas distancias y no alcanzan a estar en tamaños adultos, por lo que no puede competir con otras especies nativas locales (Sepúlveda, 2014). Además, la FAO no considera que esta alga sea invasora.

El alga es estenohalina, por lo que es capaz de vivir en un cierto rango estrecho de concentración de sales. Esta especie también es sensible a la exposición al aire y limitadas a pequeñas profundidades por lo general 5 metros, dependiendo de la transparencia del agua (Sepúlveda, 2014).

Estas algas se cultivan en aguas tropicales, por lo que su crecimiento va a estar enfocado principalmente en temperaturas altas del agua, su rango óptimo va de 24°C a 33°C, la salinidad óptima tiene un rango de 28 ‰ a 32 ‰, y como esta alga es una planta acuática que realiza fotosíntesis, es necesario que esté expuesta a la luz solar para su desarrollo (Bindu, 2010).

Figura 1: *Presentación del alga Kappaphycus alvarezii*



Fuente: www.Thalgo.com

CAPÍTULO 2

2. REVISIÓN DE TRABAJOS PREVIOS.

2.1 The commercial red seaweed *Kappaphycus alvarezii*—an overview on farming and environment. (BINDU, 2011).

Este trabajo se basa en el estudio e importancia del alga *Kappaphycus alvarezii* en el sector comercial por la extracción de carragenina. Los métodos que se deben utilizar para poder realizar el cultivo del alga, así como también los depredadores que lo acechan y las enfermedades como el hielo-hielo que se refiere cuando el alga presenta una coloración blanquecina producto del estrés y genere su decrecimiento.

Como esta alga es originaria de Filipinas, exporta algas en seco a otros países asiáticos, llegando a ser su mayor producto de exportación.

2.2 Effects of salinity on the growth rate, carrageenan yield, and cellular structure of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) cultured in vitro. (Felix, 2010).

En este artículo se basa en las profundidades a las que se cultiva la alga que van desde los 50 cm hasta el metro, y con diferentes salinidades que van desde los 15 hasta los 55 PSU, con el objetivo de establecer los límites de tolerancia de la alga y poder así seleccionar los lugares más adecuados para el proceso de cultivo.

Dando como resultado que no se puede cultivar algas en el rango de 15 PSU, ya que murieron al tercer día, y presentaron la enfermedad de hielo-hielo en sus ramificaciones, además de la pérdida de pigmentación. Mientras las algas que estaban en 55 PSU no presentaron crecimiento y sus ramificaciones estaban pequeñas, pero la diferencia que tiene con las que se cultivaron a 15PSU es que la enfermedad hielo-hielo no estaba presente.

2.3 Growth performance of a Seaweed, *Kappaphycus alvarezii* under lined earthen pond condition in Tharuvaikulam of Thoothukudi coast, South East of India.
(Athithan, 2014).

En este trabajo se efectuó en Tharuvaikulam, el cultivo de las algas marinas *Kappaphycus alvarezii* se las hizo en una jaula flotante de bambú con una duración de 35 días, con el propósito de evaluar su crecimiento en peso húmedo.

Al cabo de los 35 días, se observó un incremento del 3,5% por día sin añadirle algún nutriente.

CAPITULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 SELECCIÓN DE SITIO.

El lugar donde está predestinado para el cultivo de las algas *Kappaphycus alvarezii* se encuentra en la ensenada de Santa Rosa, cantón Salinas, provincia de Santa Elena, con la ayuda de la Cooperativa de Producción Pesquera Artesanal “Santa Rosa de Salinas” a cargo del Biólogo Marino Raúl Rincones.

La distancia donde se va a colocar las algas es a 500 metros mar adentro desde la playa aproximadamente, y entre 3 a 6 metros bajo la superficie del agua, donde no estarán expuestas directamente a la luz solar, parámetro que influye en el rápido crecimiento del alga.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DE PROCESO.

Los materiales que serán necesarios para el proyecto son:

- Boyas
- Balanza digital
- Píolas de polipropileno
- Anclas (saco con piedras)
- Varillas de hierro
- Disco secchi
- Gps
- Medidor multiparámetro

El sistema que se implementará es “long line”.

Las líneas que se implementarán para la supervivencia son ensambladas con cuerdas de polipropileno que medirá 1 metro aproximadamente, con 5 módulos para amarrar las algas, tendrán una separación de 20cm. Estas líneas estarán sujetas en un extremo con una varilla de hierro y del otro extremo amarradas con los cabos de polipropileno que estarán colocadas en las anclas. Las anclas están hechas de sacos con piedras y atadas con cuerdas de polipropileno (Figura 2), además se le añade boyas para su

localización, y con ayuda del GPS se toma el punto donde es puesta cada ancla (Figura 3).

Figura2: Preparación de las anclas.



Fuente: Autor

Figura3: Colocación de las anclas.



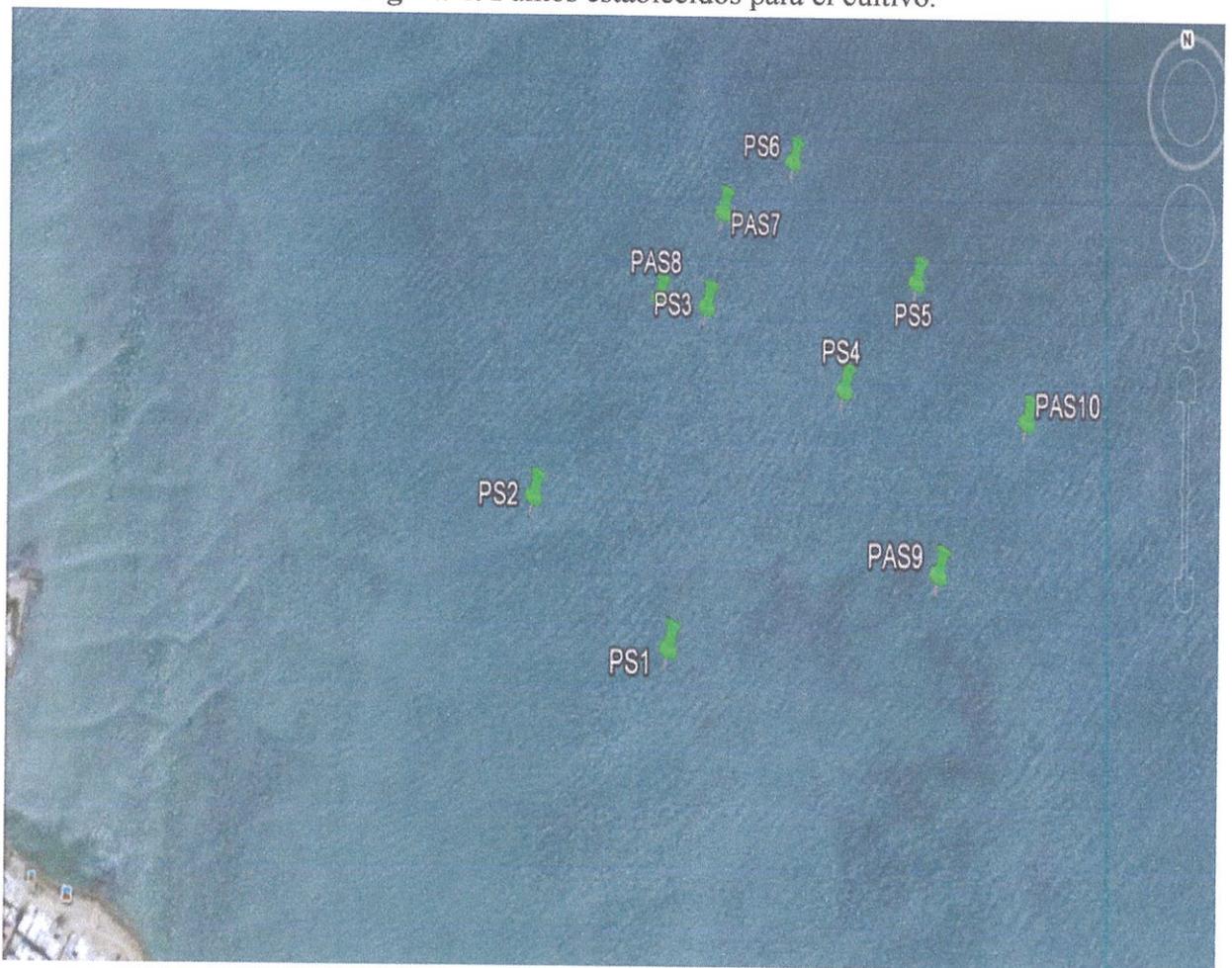
Fuente: Autor

Las algas serán cultivadas a una profundidad entre 3 a 6 metros aproximadamente, dependiendo del lugar donde se las coloquen. Y en un extremo de las líneas de

polipropileno estarán atadas por las anclas para que no puedan suspenderse, a su vez con el apoyo de unas varillas de hierro ($\varphi 12$) serán atadas y enterradas en el fondo arenoso. Las anclas contarán con boyas para su localización.

A continuación se muestra los puntos donde están enterradas las anclas para proceder a colocar las algas.

Figura 4: Puntos establecidos para el cultivo.



Fuente: Google Earth.

El área permitida para el cultivo de algas en esta zona es de 210 metros X 480 metros. Donde los primeros 6 puntos se encuentran dentro del área, y los 4 puntos restantes se encuentran aproximadamente 100 metros fuera del área.

Sus abreviaciones son:

PS: Punto de Supervivencia.

PAS: Punto afuera de Supervivencia.

Tabla I) Coordenadas de ubicación.

ESTACION	COORDENADA UTM	
	Coordenada X	Coordenada Y
PS1	0506816 m E	9755495 m S
PS2	0506659 m E	9755637 m S
PS3	0506892 m E	9755800 m S
PS4	0507061 m E	9755708 m S
PS5	0507173 m E	9755805 m S
PS6	0507026 m E	9755942 m S
PAS7	0506924 m E	9755895 m S
PAS8	0506830 m E	9755812 m S
PAS9	0507151 m E	9755534 m S
PAS10	0507290 m E	9755662 m S

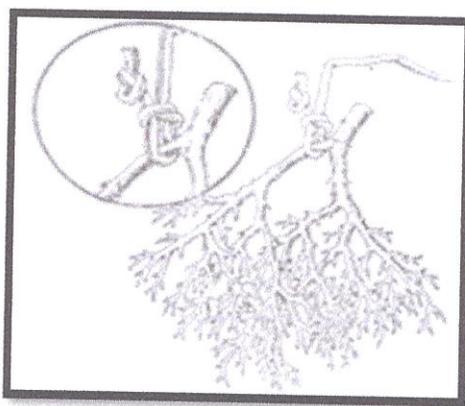
3.3 SIEMBRA DE ALGA *Kappaphycus alvarezii*.

Ya instalada la estructura para el cultivo, se realiza la siembra.

Los talos que son la estructura de las algas tendrán pesos diferentes y van amarrados a una línea de plástico que están en las cuerdas de polipropileno ($\varphi 7\text{mm}$), son 5 ejemplares en cada cuerda de polipropileno, teniendo un total de 50 talos del alga *Kappaphycus alvarezii*.

Para esto se tomará en cuenta que solo se sembrará las partes más sanas y jóvenes, esto se distingue por su color y textura, que son los extremos de las plantas. Cuando se completa todas las cuerdas de la algas, se las guarda en saco y se procede a llevarlas al mar para ubicarlas en los puntos ya establecidos.

Figura 5: Esquema para atar los talos de las algas.



Fuente: MAE-Maricultura.
Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Figura 6: Método de siembra en línea.



Fuente: *Autor*

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Antes de colocar las algas en sus respectivos puntos, se procede a ensamblar las líneas que miden 1 metro, con sus 5 sublíneas que estarán separadas 20 cm cada una como se muestra en la Figura 7.

La forma para obtener el peso de las algas es con toda la línea (Figura 8), con ayuda de la balanza digital se procede a pesarlas y anotarlas (Figura 9), tratando que los pesos de todas las líneas tengan similitud para luego hacer las respectivas comparaciones dependiendo de las profundidades a las que se encuentran.

Ya listas las 10 líneas, se comienza a colocarlas en los puntos establecidos anteriormente, haciendo un total de 10 puntos.

Mientras se las va pesando, se las va colocando en cada punto, a su vez se va tomando las profundidades a las que se encuentran con ayuda del disco Secchi.

Figura 7: Líneas para la colocación de las algas.



Fuente: Autor

Figura 8: Línea de algas.



Fuente: Autor

Figura 9: Pesaje de algas por línea.



Fuente: Autor

Figura10: Muestra de algas verdes y rojas.



Fuente: Autor

Los dos primeros puntos (PS1 y PS2) que se encuentran dentro del área permitida tienen una profundidad de 3 metros aproximadamente, estas líneas tendrán una varilla de hierro donde se las van a enterrar en el fondo, mientras que en el otro extremo de la línea estará atada con el ancla.

Los siguientes puntos (PS3 y PS4) se encuentran a una profundidad de 5 metros bajo el nivel del mar, el procedimiento para la instalación de las algas es la misma que se aplicó para la puesta de los dos primeros puntos.

Los puntos PS5 y PS6 son los puntos más lejos y se encuentran a una profundidad de 6 metros, también se encuentran dentro del área permitida.

Por otro lado, los puntos PAS7, PAS8, PAS9 y PAS10, son puntos que se encuentran fuera del área establecida, a una distancia de 100 metros aproximadamente fuera de ella.

Los puntos PAS7, PS8 y PAS10 tienen una profundidad de 5 metros, y PAS9 tiene 3 metros de profundidad.

Cuando se proceda a medir y comparar los pesos, se tomará en cuenta por la profundidad donde se encontraban las algas, es decir, se analizará el incremento de los pesos por profundidad a la que se ubicaron.

En la Tabla 2, se encuentran los pesos y profundidades donde se encuentran los puntos de cultivo:

Tabla II) Pesos y Profundidades de los puntos de cultivo inicial.

PUNTOS	PESO (Kg)	PROFUNDIDAD (m)
PS1	1.14	3.25
PS2	0.66	3.25
PS3	1.10	4.75
PS4	0.65	5.25
PS5	0.82	6.00
PS6	0.95	6.00
PAS7	0.65	5.30
PAS8	1.00	5.0
PAS9	0.58	3.75
PAS10	0.92	5.75

3.5 CRECIMIENTO.

Para hacer el seguimiento del crecimiento, se procederá a revisarlas cada 10 días y su anotación será en peso húmedo.

Al final del proyecto se calculará su tasa de crecimiento por todo el transcurso del proyecto, y se indicará si en ausencia de luz y a la profundidad en la que se encuentra puede crecer.

Tasa de Crecimiento. La fórmula para obtener la tasa de crecimiento algal es

$$\text{DGR}\% = \ln (W_f / W_o) / t \times 100$$

W0 es el peso húmedo inicial (kg)

Wt es el peso húmedo final (kg)

t es el número de días de cultivo .

El día que se instaló las algas en los puntos fue el 12 de diciembre del 2015, desde ahí se volverá a obtener los datos cada 10 días, este proyecto se pretende culminar a finales de enero, por lo tanto se obtendrá 5 datos en total de los pesos de las algas, y se observará si hubo o no crecimiento.

3.6 PARÁMETROS ABIÓTICOS.

Se medirán los siguientes parámetros abióticos:

- ✓ Temperatura del agua.
- ✓ Turbidez.
- ✓ Salinidad.

Con ayuda del medidor multiparámetro se obtiene la temperatura del agua y la salinidad, se procederá a tomar los datos en la mañana y en algunas ocasiones por las tardes. Por lo que se pretende tener valores diferentes principalmente en la temperatura que tiende a variar por las tardes.

Con respecto a la turbidez del agua se realizará el mismo procedimiento que las demás, donde se reconoce que en ese lugar se tiene diferencias de turbidez obteniendo un rango de turbidez entre 30 cm a de 3 metros, estas diferencias se dan por las magnitudes de las mareas, lo que hace que las partículas suspendidas estén dispersas y dificulte la visibilidad del disco Secchi, y la radiación solar no llegue hasta donde se encuentran las algas.

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se utilizara una hoja de Microsoft® Excel para los registros de los pesos (kg) con las profundidades a las que se encuentran, el periodo es de cada 10 días y las estadísticas descriptivas de los mismos (pesos de líneas). Además se realizara análisis de correlación para ver la asociación entre las variables, y regresión lineal para ver la ecuación de las curvas.

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. DATOS DE CRECIMIENTO, 22 DE DICIEMBRE DEL 2015

Tabla III) Pesos y Profundidades de las algas *Kappaphycus alvarezii* (Primera muestra).

PUNTOS	PESO (kg)	PROFUNDIDAD (m)
PS1	-	4.25
PS2	-	4.25
PS3	0.30	6.25
PS4	0.34	5.50
PS5	0.60	6
PS6	0.30	6.00
PAS7	0.22	5.25
PAS8	-	5.25
PAS9	0.36	3.75
PAS10	0.30	6

En la Tabla 3, se muestra los datos obtenidos de los pesos y profundidades a las que se encuentran las algas, estos datos fueron tomados 10 días después de su siembra.

Los valores correspondientes al peso de las algas ubicadas en los puntos PS1, PS2, PAS8 no fueron registrados, dado que desaparecieron de la ubicación inicial realizada. Esto último es posible explicar en el marco de la siguiente causa probable, las fuertes corrientes que se han registrado en las costas ecuatoriana en el periodo que se desarrolló el experimento.

Con respecto a los demás puntos se puede apreciar un bajo crecimiento de peso, esto debido a que no se encuentran en la superficie del agua y no obtienen la suficiente radiación solar para la fotosíntesis, por otro lado, en algunas algas se apreció pequeños mordiscos y partes que se tornaron en un color oscuro (aparente motivo de su bajo crecimiento), además se registró en otras líneas que solo contaban con 3 o 4 algas, también producto de las corrientes anteriormente mencionadas, en la Figura 11 se muestra la altura de marea que observó ese día de muestreo.

En la Figura 12 se muestran las algas con una tonalidad oscura, pérdida de peso y escasez de brillo total, evidencias de que el alga no está creciendo.

En otros puntos se mostraba la línea con una sola alga, y las sublíneas solas (Figura 13), y en otras líneas la pérdida total de las algas (Figura 14).

La temperatura se mantuvo en 27°C con una salinidad de 32‰.

Figura 11: Tabla de marea del día de muestreo.

LA LIBERTAD					
21/12/2015 Lunes		22/12/2015 Martes		23/12/2015 Miércoles	
Hora hh:mm	Altura Metros	Hora hh:mm	Altura Metros	Hora hh:mm	Altura Metros
05:56	0.50 B	00:27	2.28 P	01:26	2.34 P
12:14	2.08 P	06:59	0.39 B	07:55	0.27 B
18:14	0.67 B	13:19	2.19 P	14:18	2.31 P
--	--	19:19	0.62 B	20:20	0.55 B

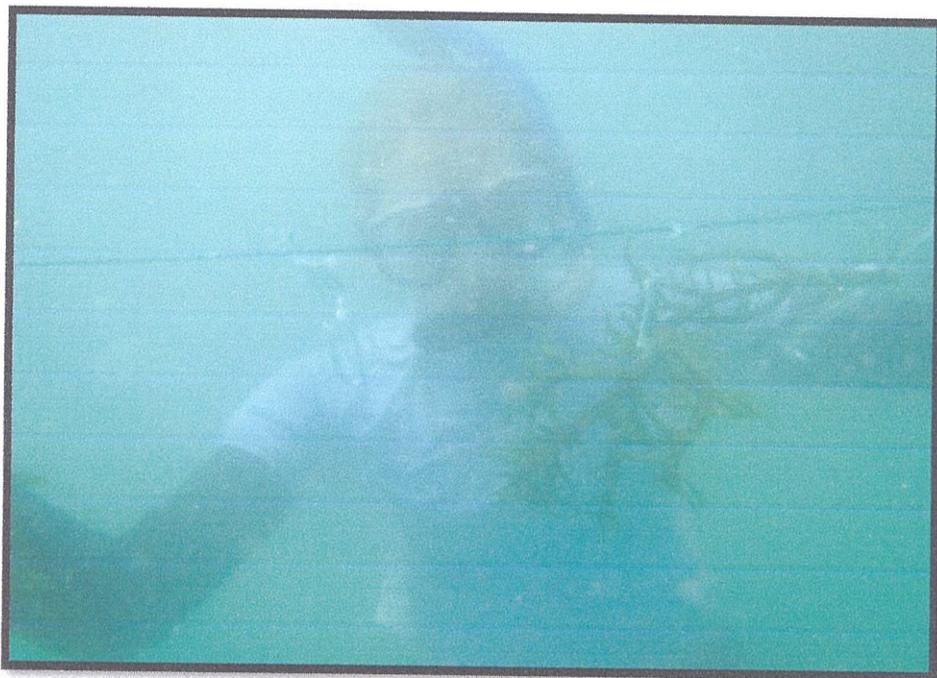
Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

Figura 12: Presentación del alga con tonalidad oscura.



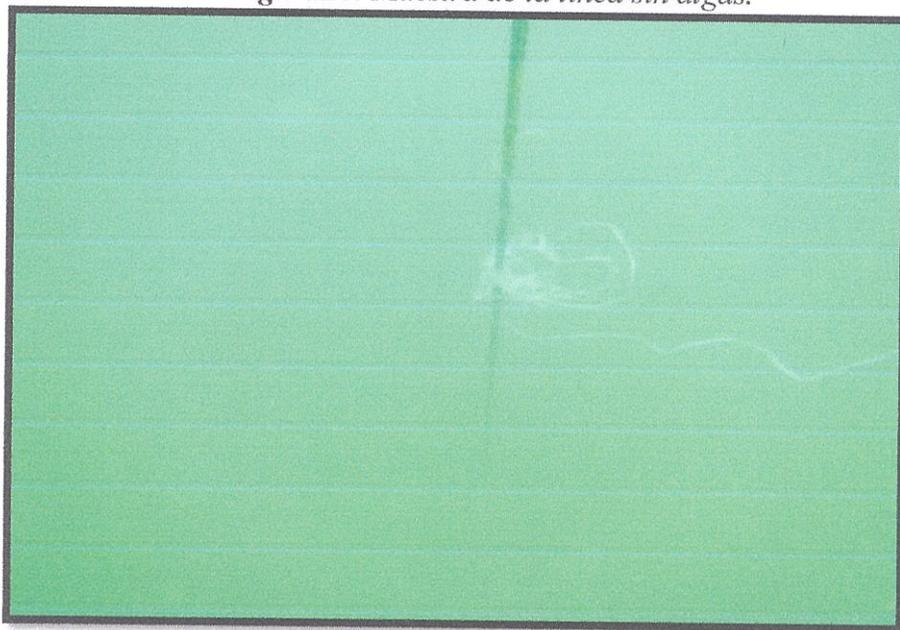
Fuente: Autor

Figura 13: Pérdidas de algas en las sublíneas.



Fuente: Autor

Figura14: Muestra de la línea sin algas.



Fuente: Autor

4.2. DATOS DE CRECIMIENTO, 2 DE ENERO DEL 2016.

Pasando los 10 días del último muestreo, se obtiene la siguiente tabla de resultados.

Tabla IV) Pesos y Profundidades de las algas Kappaphycus alvarezii (Segunda muestra).

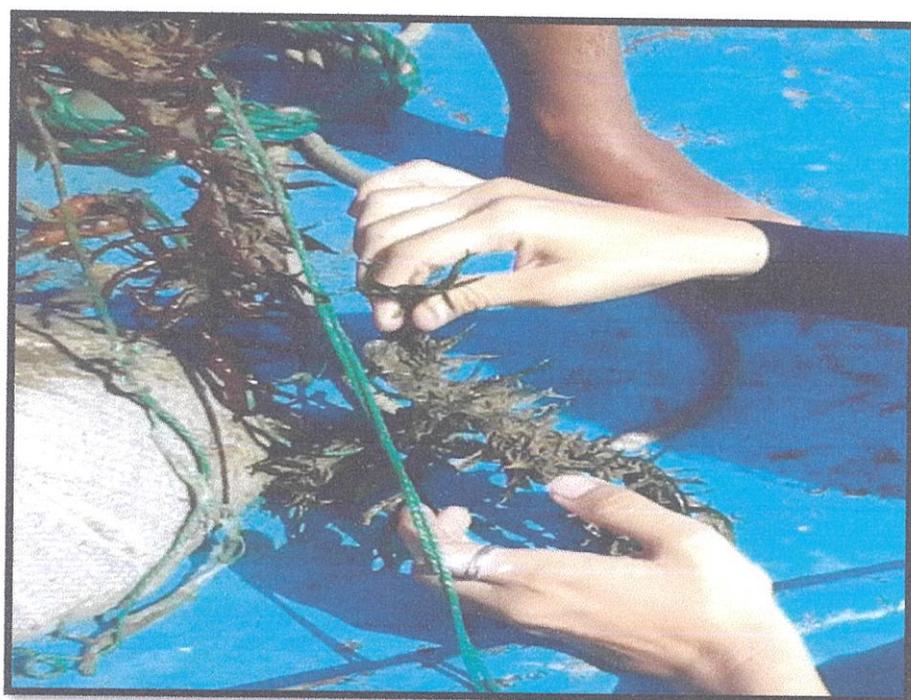
PUNTOS	PESO (Kg)	PROFUNDIDAD (m)
PS1	-	3.75
PS2	-	3.75
PS3	0.13	5.50
PS4	0.10	4.75
PS5	0.31	5.25
PS6	-	5.50
PAS7	0.20	5
PAS8	-	5
PAS9	-	3.75
PAS10	0.30	5.50

En esta segunda toma de datos se percató que el punto 6 y 9 al momento de hacer la inspección, las líneas no tenían algas. Se estima que las corrientes en el transcurso de las semanas hicieron que se desprendieran de las líneas.

Mientras que en los demás puntos se observa un decrecimiento del peso de las algas, el punto PAS10 se mantiene constante. Además las algas se muestran oscuras y delgadas como se muestra en la Figura 15.

También en una inspección de las líneas se encontró en una alga un cambio en su color (Figura 16), sus talos presentaba un aspecto blanco, esto probablemente se deba, según los descubrimientos de Naguit, que el alga estaba estresada por cambios bruscos de temperatura, irradiación, salinidad y bacterias provocando esta coloración blanquecina, por lo que esta parte infectada provoca una despigmentación.

Figura 15: Muestra del alga oscura y delgada.



Fuente: Autor

Figura 16: Presentación del alga con la tonalidad blanquecina.



Fuente: Autor

4.3. DATOS DE CRECIMIENTO, 12 DE ENERO DEL 2016.

En esta tercera muestra hubo algunas complicaciones por las fuertes olas que se presentó ese día, en la Tabla V se registran los nuevos datos.

Tabla V) Pesos y Profundidades de las algas *Kappaphycus alvarezii* (Tercera muestra).

PUNTOS	PESO (kg)	PROFUNDIDADES
PS1	-	4.00
PS2	-	4.00
PS3	0.10	5.50
PS4	0.03	5.50
PS5	-	6.50
PS6	-	6.75
PAS7	0.08	5.50
PAS8	-	5.50
PAS9	-	5.00
PAS10	0.20	5.50

En esta tercera toma de datos se muestra que en los cuatro puntos las algas siguen perdiendo peso, en las líneas se encontraban 1 o 2 algas colgando en las sublíneas, y estas se presentaban pequeñas y sin color (Figura 17).

En la línea PAS10, se hallaron en las sublíneas dos algas, estas algas presentaban una tonalidad verde poco reluciente además con una disminución de volumen en las frondas (Figura 18).

Las demás algas se mostraban pequeñas y carencia de las frondas (Figura 19), también se apreció déficit de brillo.

En la tabla V se muestra el punto PS5 sin valor, en el momento de la inspección la línea no poseía algas, se estima que en el transcurso de los días las fuertes corrientes hayan logrado desprender las algas de la línea, haciendo una nueva pérdida de un punto en este proyecto.

La temperatura que se registró fue de 28°C con una salinidad de 34‰.

Figura 17: Presentación del alga oscura.



Fuente: Autor

Figura 18: Disminución de volumen en las frondas del alga.



Fuente: Autor

Figura 19: Pérdida de frondas en la alga.



Fuente: Autor

4.4. DATOS DE CRECIMIENTO, 22 DE ENERO DEL 2016.

Siendo el último muestro se procede a colocar los últimos datos en la tabla VI.

Tabla VI Pesos y Profundidades de las algas *Kappaphycus alvarezii* (Cuarta muestra).

PUNTOS	PESO (Kg)	PROFUNDIDAD
PS1	-	4.25
PS2	-	4.50
PS3	0.09	5.00
PS4	-	5.00
PS5	-	6.00
PS6	-	6.50
PAS7	-	5.50
PAS8	-	5.00
PAS9	-	4.00
PAS10	-	4.50

En este último muestreo tan solo se pudo observar la existencia de un punto de algas, pero solo en una sublínea (PS3), manteniendo aproximadamente el peso de la tercera muestra. Esta alga poseía un color verde opaco y sus frondas perdiendo más volumen (Figura 20).

Además se observó que su tamaño desde el último muestreo (tercera muestra) no tiene mucha diferencia, es decir, no hubo mucha alteración en su tamaño, sin embargo en su coloración si la tuvo (Figura 21).

Se registró una temperatura de 27.5°C y una salinidad de 34‰.

Mientras en las demás líneas no hubo algas y solo se apreciaba las líneas vacías (Figura 23), se estima que las corrientes produjeron que las pocas algas que se mantenían en las líneas se hayan liberado haciendo una pérdida total de tres nuevos puntos en este último muestreo.

Figura 20: Alga verde perdiendo pigmentación.



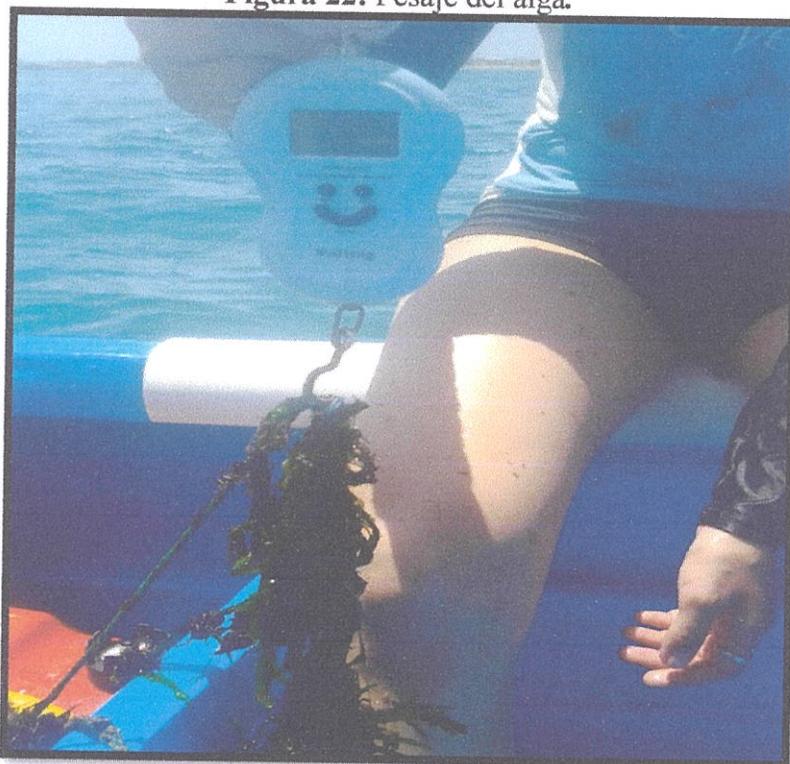
Fuente: Autor.

Figura 21: Tamaño del alga.



Fuente: Autor

Figura 22: Pesaje del alga.



Fuente: Autor

Figura 23: Muestra de la línea sin algas.



Fuente: Autor

4.5. DESARROLLO DE LA ECUACION DE CRECIMIENTO

En esta etapa se va a calcular la tasa de crecimiento que tuvo la alga en todo este periodo de prueba. La forma en la que se va a llevar a cabo el crecimiento es por cada punto, haciendo un total de 10 datos.

La ecuación para calcular la tasa de crecimiento será:

$$\text{DGR}\% = \ln (W_f / W_o) / t \times 100$$

Para el primero punto PS1, se obtuvo los siguientes valores:

$$W_o = 1.14 \text{ kg}$$

$$W_f = 0$$

$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{\text{DGR}\% = 0}$$

Para el segundo punto PS2, los siguientes valores son:

$$W_o = 0.66 \text{ kg}$$

$$W_f = 0$$

$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{\text{DGR}\% = 0}$$

Para el tercer punto PS3, los valores son:

$$W_o = 1.10 \text{ kg}$$

$$W_f = 0.08$$

$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{\text{DGR}\% = -6}$$

Para el cuarto punto PS4, los siguientes valores son:

$$W_o = 0.65 \text{ kg}$$

$$W_f = 0$$

$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{DGR\% = 0}$$

Para el quinto punto PS5, los siguientes valores son:

$$W_o = 0.82 \text{ kg}$$

$$W_f = 0$$

$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{DGR\% = 0}$$

Para el sexto punto PS6, los siguientes valores son:

$$W_o = 0.95 \text{ kg}$$

$$W_f = 0$$

$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{DGR\% = 0}$$

Para el séptimo punto PAS7, punto afuera del área los valores son:

$$W_o = 0.65 \text{ kg}$$

$$W_f = 0$$

$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{DGR\% = 0}$$

Para el octavo punto PAS8, los valores son:

$$W_o = 1.00 \text{ kg}$$

$$W_f = 0$$

$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{\underline{DGR\% = 0}}$$

Para el noveno punto PAS9, los valores son:

$$W_o = 0.58 \text{ kg}$$

$$W_f = 0$$

$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{\underline{DGR\% = 0}}$$

Para el décimo punto PAS10, los valores son:

$$W_o = 0.92 \text{ kg}$$

$$W_f = 0$$

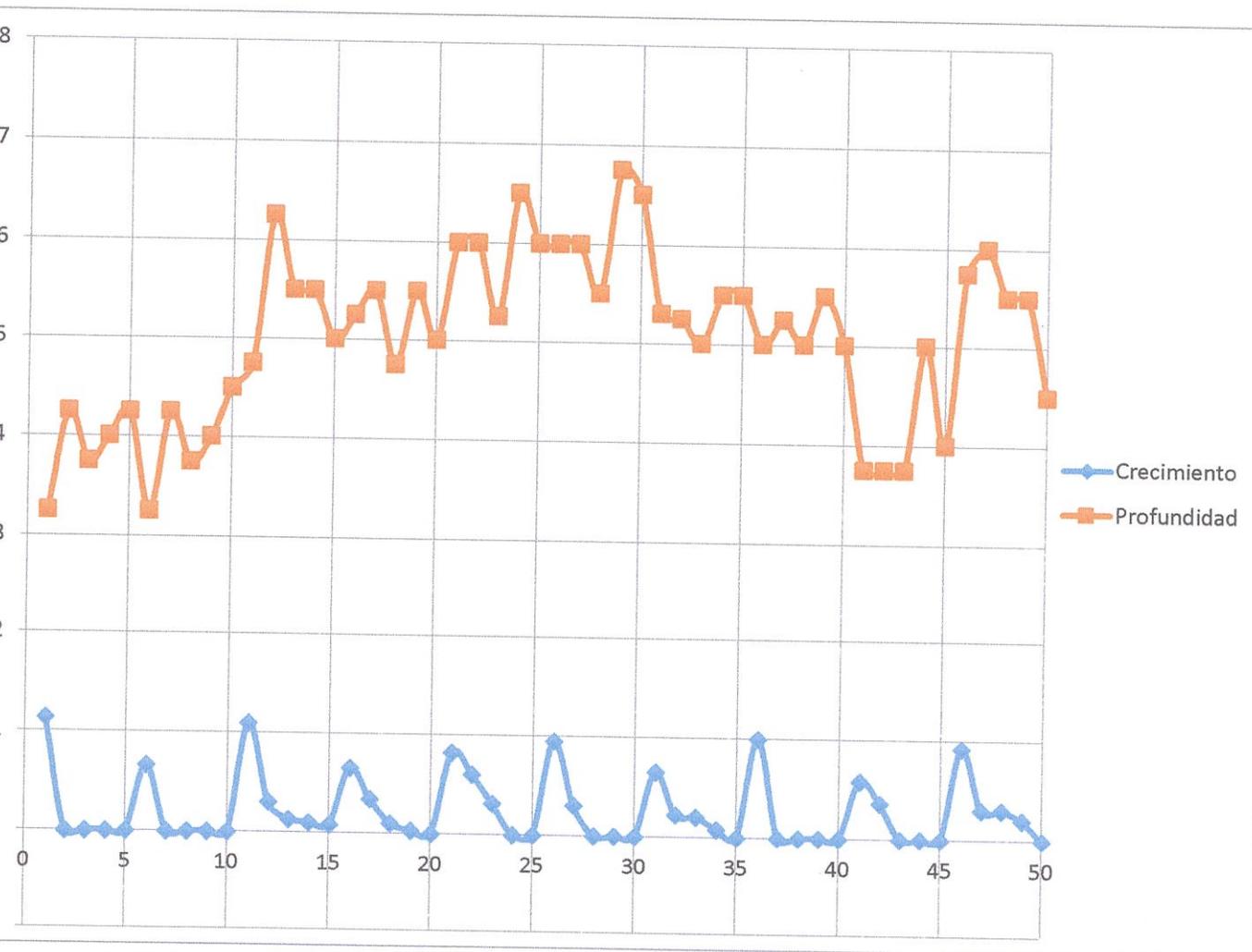
$$T = 43 \text{ días}$$

$$\underline{\underline{DGR\% = 0}}$$

4.6 GRAFICOS DE RESULTADOS.

En los siguientes gráficos se describe el decrecimiento de las algas durante todo el proceso del proyecto.

Gráfico 1. Presentación del peso de algas con respecto a las diferentes profundidades.



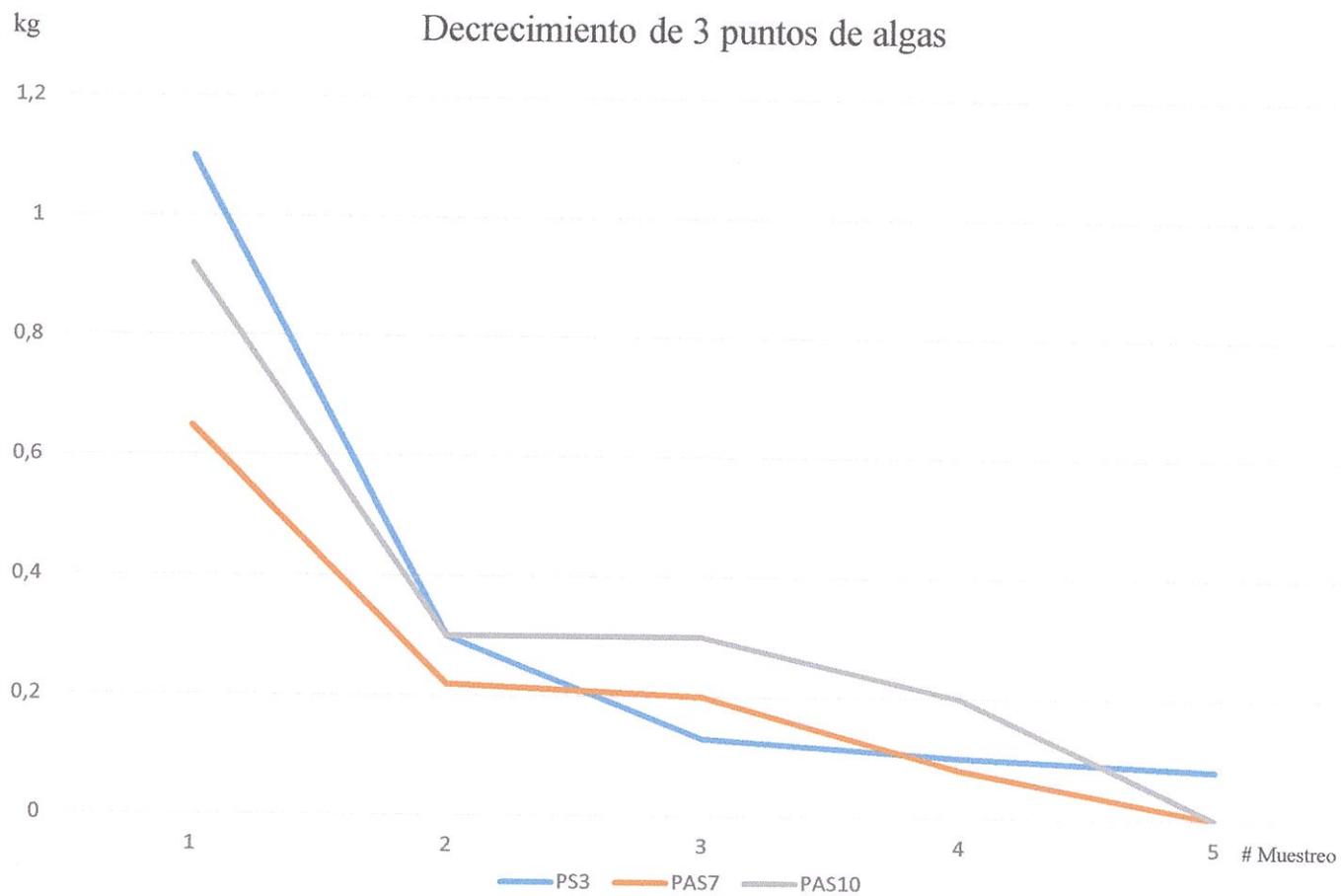
Fuente: Autor
Microsoft Excel

En el primer gráfico adjunto se muestra los valores de las profundidades de cada uno de los puntos (10), que se registraba por cada observación que se realizaba, siendo un total de 5 días de muestreo, es decir, 50 anotaciones totales.

Mientras en el crecimiento se registran los pesos (kg), de los 10 puntos el cual se anotaba por cada inspección que se realizó en todo el transcurso del proyecto.

Se puede observar que en los picos de crecimiento, son los primeros pesos que se registró al momento de la instalación en los puntos establecidos, y por cada inspección que se le realizaba (cada 10 días), se puede notar su decrecimiento en peso (kg), llegando en algunos puntos a 0. En tan solo un punto (PS3) se examina una respuesta diferente, hubo la sobrevivencia de una alga en toda la línea dando un resultado final de 0,08 kg.

Grafico 2. Decrecimiento de tres puntos de algas.



Fuente: Autor
Microsoft Excel

	Kg / # Muestreo				
PS3	1,1	0,3	0,13	0,1	0,08
PAS7	0,65	0,22	0,2	0,08	0
PAS10	0,92	0,3	0,3	0,2	0

Dado que durante todo el cultivo se pudo registrar tres puntos donde hubo más presencia de algas, en el gráfico 2 se muestra el decrecimiento de peso de los puntos PS3, PAS7 y PAS10, teniendo en cuenta que a pesar que esos 3 puntos estuvieron a diferentes profundidades el resultado sería el mismo, tanto los cambios que hubo en una línea, también le afectaría a las demás, es decir hay una correlación directa entre ellas.

Los cambios de temperatura y las fuertes corrientes que se han registrado produjeron un incremento en el nivel del mar seguido de mucha turbulencia, esto se ha presentado en las últimas semanas, provocaron el desprendimiento de las algas en las líneas, y una disminución de su peso.

Se eligió esos tres puntos, porque fueron los que más obtuvieron algas hasta el final del proyecto, mientras que los demás puntos, hubo pérdidas de algas ya desde el segundo o tercer muestreo.

4.7 RESULTADO DE LA ECUACION.

A continuación se dispone la ecuación que son obtenidos de la regresión lineal, para determinar la curva de crecimiento de las algas.

Como ya se mencionó en los gráficos anteriores, se utilizara los tres puntos donde se obtuvo más datos para una mejor manipulación de la ecuación.

Para el punto 3 se registra la siguiente ecuación:

$$\text{Peso Kg} = 1.0140 - 0.0224 * \text{Días de cultivo}$$

Intersección: 1.0140

Pendiente: -0.0224

Para el punto 7, se utilizara la siguiente ecuación:

$$\text{Peso Kg} = 0.6620 - 0.0144 * \text{Días de cultivo}$$

Intersección: 0.6620

Pendiente: -0.0144

Y, para el punto 10 se dispone la siguiente ecuación:

$$\text{Peso Kg} = 0.9260 - 0.0194 * \text{Días de cultivo}$$

Intersección: 0.9260

Pendiente: -0.0194

Las siguientes ecuaciones representan las variaciones entre las variables peso en kg del alga por los días de cultivo, teniendo en cuenta que los números de la pendiente de la recta tienden a ser negativos por su decrecimiento, es decir, que a 0 días el peso del alga sin haber transcurrido los días, el peso en kg no cambia, el otro valor representa la tasa de crecimiento en kg/día, es decir, por cada día las algas han crecido estadísticamente un cierto peso por día, la pendiente es la tasa de crecimiento. La relación se las obtuvo por el método de regresión lineal utilizando los datos que se obtuvieron en el campo.

La variable dependiente es el peso en kg, y la independiente es el número de días.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

Las algas *Kappaphycus alvarezii* al ser cultivadas en diferentes profundidades y con variaciones en turbidez, se presentó en las tablas de resultados que no consiguen tener un crecimiento constante. Esto se puede manifestar por las corrientes que se han presentado en las costas ecuatorianas en estos últimos meses, lo que produjo que las algas se desataran poco a poco, además de las corrientes ya mencionadas, hubieron días en que el agua no estaba tan turbia y la penetración de radiación solar era favorable en esos momentos, ya que tienen la capacidad de realizar la fotosíntesis.

Mientras se daba la inspección se observó en una alga una coloración blanquecina llamada hielo-hielo, esto es producto de bacterias, donde al momento que el alga empieza a estresarse por factores abióticos, por ejemplo cambios en temperatura,

salinidad, esta produce una sustancia orgánica húmeda y atrae a ciertas bacterias produciendo el blanqueamiento de las algas (Naguit, 2009).

Se observó la presencia de una alga en un solo punto, aunque no fue favorable por lo que no se encontraban las 5 algas sostenidas en la línea, la existencia de una alga en la sublínea fue con poco fulgor y las frondas cortas, en este punto se calculó la tasa de crecimiento dando un porcentaje de -6%, este resultado se adquiere porque al principio en la puesta de las algas, se las coloca con peso considerable y poco a poco mientras se daba las observaciones cada 10 días, se apreciaba la disminución del peso, sea por delgadez del alga y la ausencia de algas por factores como corrientes o depredadores como las tortugas que se acercan por el lugar del cultivo.

Con respecto a los gráficos presentados en los resultados, se muestra en los tres puntos que hubo una disminución de su peso, teniendo en cuenta que los tres estuvieron a diferentes profundidades y a pesar de eso no hubo un incremento en ninguno de los tres. Por lo que se determina que cultivarlas a diferentes profundidades no habrá un incremento en los pesos, además del mayor transporte de arena que se presentaba por las corrientes, produjeron mayor turbidez y este no permitía el paso de la radiación solar hacia las algas.

5.2. RECOMENDACIONES.

Después del estudio con la alga *Kappaphycus alvarezii*, se sugiere realizar el cultivo en zonas donde no estén amenazadas por las corrientes que se pueden crear en el transcurso del año para evitar la pérdida de algas.

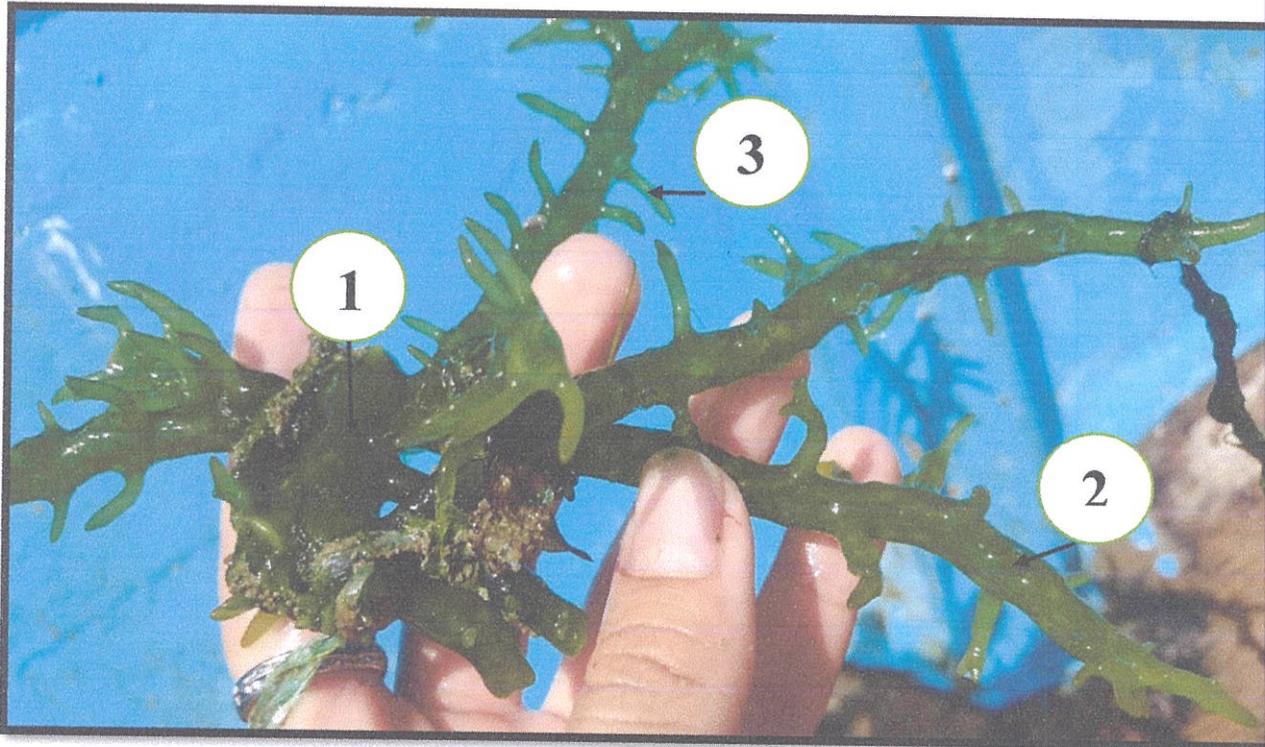
También se podría realizar un tipo de amarre diferente con algún material más resistente a las corrientes donde se asegure al alga para que no se pierda o se desate por algún evento que se presente.

ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de Actividades.

PROYECTO	DICIEMBRE 2015	ENERO 2016
Actividad 1) Preparación de las anclas y líneas	3	
Actividad 1.1) Implantación de las anclas.	3	
Actividad 1.2) Selección de los puntos con GPS.	3	
Actividad 2) Colocación de las algas en los puntos establecidos.	10	
Actividad 3) Recopilación de datos (Primera muestra.)	22	
Actividad 4) Recopilación de datos (Segunda muestra.)		2
Actividad 5) Recopilación de datos (Tercera muestra.)		12
Actividad 6) Recopilación de datos (Cuarta muestra.)		22

Anexo 2. Estructura del alga Kappaphycus alvarezii.

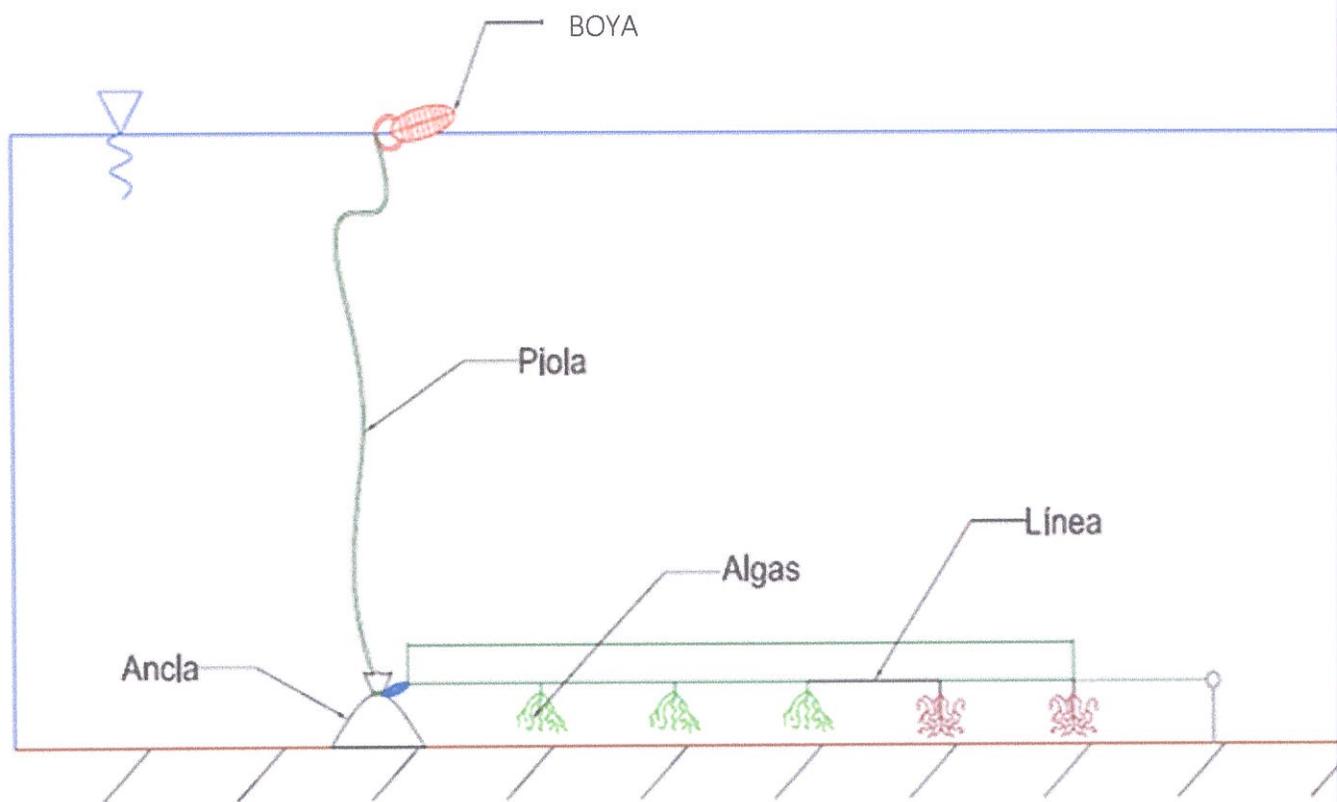


1) Rizoide.

2) Estípite.

3) Fronda.

Anexo 3. Esquema de puntos de ubicación del alga *Kappaphycus alvarezii*.



BIBLIOGRAFIA

- Athithan, S. (2014). *Growth performance of a Seaweed, Kappaphycus alvarezii under lined earthen pon condition in Tharuvaikulam of Thoothukudi coast, South East of India.* Tharuvaikulam.
- Gopakumar, B. J. (2011). *Farming of the seaweed Kappaphycus alvarezii in Tamil Nadu coast- status and constraints.* Tamil Nadu.
- Hawaii, U. o. (1996). Obtenido de http://www.hawaii.edu/reefalgae/invasive_algae/rhodo/kappaphycus_alvarezii.htm
- Leila Haayashi, G. S. (2010). *Effects of salinity on the growth rate, carrageenan yield, and cellular structure of Kappaphycus alvarezii (Rhodophyta, Gigartinales) cultured in vitro.*
- Levine, M. B. (2010). *The commercial red seaeed Kappaphycus alvarezii an overview on farming and environment.*
- Naguit, W. L. (2009). *ICE-ICE DISEASE OCCURRENCE IN SEAWEED FARMS IN BAIS BAY, NEGROS ORIENTAL AND ZAMBOANGA DEL NORTE . NEGROS ORIENTAL AND ZAMBOANGA DEL NORTE .*
- Sepúlveda, M. (2014). *Cultivo experimental de Macro algas Marinas como alternativa productiva y sostenible para los pescadores Artesanales del Ecuador.* Santa Rosa: Seaweed Consulting.
- Shapawi, W. H. (2015). *Performance of Red Seaweed (Kappaphycus sp.) Cultivated Using Tank Culture System.* Kota Kinabalu: Academic Journals Inc.