

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO**

**AMBIENTE**



**TESIS**

**PRODUCCIÓN DE *Cladophora crispata* "LLASKA" EN HÁBITATS DE ZONAS  
LITORALES DE CCOTOS Y ESCALLANI – CAPACHICA – PUNO.**

**PRESENTADA POR:**

**ROGER OSWALDO POCCHUANCA AGUILAR**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO**  
**AMBIENTE**



**TESIS**

**PRODUCCIÓN DE *Cladophora crispata* "LLASKA" EN HÁBITATS DE ZONAS  
LITORALES DE CCOTOS Y ESCALLANI – CAPACHICA – PUNO.**

**PRESENTADA POR:**

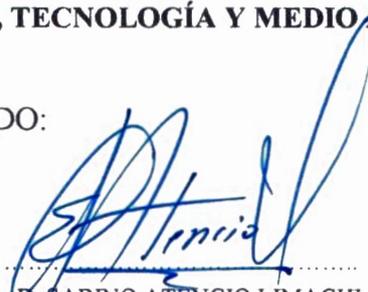
**ROGER OSWALDO POCCHUANCA AGUILAR**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

  
.....  
Ph. D. SABINO ATENCIO LIMACHI

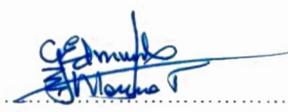
PRIMER MIEMBRO

  
.....  
Dr. GERMAN BELIZARIO QUISPE

SEGUNDO MIEMBRO

  
.....  
Dr. JUAN JOSE PAURO ROQUE

ASESOR DE TESIS

  
.....  
Dr. EDMUNDO GERARDO MORENO TERRAZAS

Puno, 4 de octubre de 2018

**ÁREA:** Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

**LÍNEA:** Evaluación Tecnológica y del Medio Ambiente.

**TEMA:** Ficología.

## DEDICATORIA

A Dios por ser fuente de sabiduría y haberme permitido lograr este sueño.  
Por darme salud, fuerza y entendimiento.

A mis hermanas: Elisabel, Charo, Rocio, Virginia por sus apoyos incondicionales.

A mis padres: Oswaldo y Lucrecia, por qué son la fuerza de impulso que me motiva a luchar a cada instante; por sus consejos y amor.

Con inmenso amor a mi esposa Gladys Verónica y mi hijo José Benjamín.

## AGRADECIMIENTOS

- A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano, por la calidad educativa brindada durante mi estadía como doctorando.
- A los docentes del Programa de Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano, de los cuales aprendí sus conocimientos y experiencias.
- Con especial reconocimiento y gratitud a mi asesor Dr. Edmundo Gerardo Moreno Terrazas, por su asesoramiento e incondicional apoyo en la realización del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	viii
ACRÓNIMOS .....	ix
RESUMEN .....	x
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

#### REVISIÓN DE LITERATURA

1.1	Marco teórico.....	2
1.1.1	<i>Cladophora crispata</i> “llaska”.....	2
1.1.2	Hábitat.....	5
1.1.2.1	Conceptos de hábitat .....	5
1.1.2.2	La calidad de hábitat .....	6
1.1.2.3	Evaluación de la calidad de hábitat .....	6
1.1.2.4	Requerimientos vitales en un hábitat .....	10
1.1.3	Hábitat del género <i>Cladophora</i> .....	18
1.1.4	Algunos factores ambientales del hábitat de la “llaska” .....	20
1.1.5	Biomasa de la “llaska” .....	21
1.2	Antecedentes.....	21

### CAPÍTULO II

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema .....	25
2.2	Enunciado del problema .....	26
2.3	Justificación .....	26
2.4	Objetivos.....	27
2.4.1	Objetivo general .....	27
2.4.2	Objetivos específicos .....	27
2.5	Hipótesis .....	27
2.5.1	Hipótesis general.....	27

2.5.2	Hipótesis específicas .....	27
-------	-----------------------------	----

### CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1	Lugar de estudio .....	29
3.2	Población y muestra.....	30
3.3	Métodos de investigación .....	31
3.4	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos.....	31
3.4.1	Relación de la producción de biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de <i>Cladophora crispata</i> con parámetros físicos de hábitat.....	31
3.4.2	Evaluación y comparación de índices de idoneidad de hábitats (HSI) para <i>Cladophora crispata</i> entre los hábitats. ....	33
3.4.3	Comparación de la producción (biomasa verde/ $\text{m}^2$ ) de <i>Cladophora crispata</i> , in-situ entre parcelas con modificación de sus parámetros físicos: tamaño de sustrato (m), profundidad (m) y hábitats naturales. ....	36

### CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Relación de la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de <i>Cladophora crispata</i> con parámetros físicos de hábitat: tamaño de sustrato (m), profundidad (m), nivel de oleaje (altura de cresta en m) y pendiente de fondo acuático (%). ....	37
4.2	Evaluación y comparación de índices de idoneidad de hábitats (HSI) para <i>Cladophora crispata</i> entre los hábitats: escarpadas rocosas con rápido declive (ERRD), playas con arena y grava (PAG), orillas con piedras medianas con suave declive (OPMSD), orillas con piedras de gran tamaño (OPGT) y orillas con fondo acuático limoso y totorales (OFALT).....	53
4.3	Comparación de la producción (biomasa verde/ $\text{m}^2$ ) de <i>Cladophora crispata</i> , in-situ entre parcelas con modificación de sus parámetros físicos: tamaño de sustrato (m), profundidad (m) y hábitats naturales.....	63
CONCLUSIONES .....		65
RECOMENDACIONES .....		67
BIBLIOGRAFÍA .....		68

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Biomasa (kg/m <sup>2</sup> ) de <i>Cladophora crispata</i> en hábitats de áreas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani de la península de Capachica.....	37
2. Correlación R de Pearson entre parámetros físicos de hábitat y la biomasa de <i>Cladophora crispata</i> en áreas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani de la península de Capachica. ....	38
3. Resumen de estadísticos de prueba para modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPGT Ccotos. ....	40
4. Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPGT Ccotos.....	41
5. Resumen de estadísticos de prueba el para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPGT – Escallani.....	42
6. Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPGT Escallani. ....	43
7. Resumen de estadísticos de prueba para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPMSD.....	44
8. Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPMSD.....	45
9. Resumen de estadísticos de prueba para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat PAG.....	46
10. Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat PAG – Escallani. ....	47
11. Resumen de estadísticos de prueba para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OFALT. ....	49
12. Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OFALT ....	50
13. Resumen de estadísticos de prueba para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat ERRD.....	51
14. Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat ERRD.....	51
15. Índices de idoneidad de hábitat para <i>Cladophora crispata</i> en áreas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani de la península de Capachica.....	58

16. Prueba de Kruskal Wallis para HSI entre los hábitats para el periodo enero – marzo, 2017.....	60
17. Prueba de Kruskal Wallis para HSI en los hábitats para el periodo junio – agosto, 2016.....	60
18. Test Tukey para HSI de hábitats, periodo enero - marzo .....	61
19. Test Tukey para HSI de hábitats, periodo junio - agosto.....	62
20. Prueba de Kruskal – Wallis de producción (biomasa verde/m <sup>2</sup> ) de “llaska” entre hábitat piloto y parcela natural en hábitat OPGT del periodo enero – marzo, en Ccotos.....	63
21. Prueba de Kruskal – Wallis de producción (biomasa verde/m <sup>2</sup> ) de “llaska” entre hábitat piloto y parcela natural en hábitat OPGT del periodo enero – marzo, comunidad Escallani. ....	63
22. Resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis que contrastan la producción (biomasa verde/m <sup>2</sup> ) entre parcelas piloto y de hábitat natural. ....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Modelo conceptual generalizado de evaluación de hábitat para una especie. ....	8
2. Rangos para idoneidad de hábitat. ....	9
3. Ubicación de la zona de estudio de la “llaska”, comunidades de Ccotos y Escallani del distrito de Capachica – Puno. ....	29
4. a) Relación de nivel de oleaje y biomasa de la “llaska” y b) Función de transformación polinómica creciente para la relación oleaje y biomasa.....	54
5. a) Relación de tamaño de sustrato y biomasa de la “llaska” y b) Función de transformación polinómica para la relación tamaño de sustrato y biomasa. ....	55
6. a) Relación de profundidad del agua y biomasa de la “llaska” y b) Función de transformación polinómica creciente para la relación profundidad y biomasa. ....	55
7. a) Relación de pendiente de fondo acuático y biomasa de la “llaska” y b) Función de transformación lineal decreciente. ....	57
8. Box plot de la biomasa para los hábitats – periodo: enero – marzo. ....	61
9. Box plot de la biomasa para los hábitats – periodo junio – agosto.....	62
10. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat OPGT-Ccotos.....	81
11. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat OPGT-Escallani. ....	83
12. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat OPMSD.....	85
13. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat PAG - Escallani.....	87
14. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat OFALT.....	89
15. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat ERRD.....	91
16. La “llaska” en el espacio intermareal – Escallani.....	93
17. La “llaska” en zona litoral - Ccotos.....	93
18. Orillas de piedras de gran tamaño (OPGT) .....	93
19. Orillas con piedras medianas con suave declive (OPMSD) – Escallani.....	94
20. Izquierda: Orillas con piedras medianas con suave declive (OPMSD) – Ccotos.....	94
21. Derecha: Orillas con fondo acuático limoso y totorales (OFALT) – Ccotos. ....	94
22. Hábitat: Escarpadas rocosas con rápido declive (ERRD) – Escallani.....	95
23. Hábitat: Playas con arena y grava (PAG) – Ccotos.....	95
24. Evaluación de biomasa en hábitat piloto – Ccotos .....	95
25. Izquierda: Instalación de parcelas experimentales.....	96
26. Derecha: Rastros del crecimiento de la “llaska” en parcelas experimentales.....	96
27. Evaluación de biomasa en parcelas experimentales .....	96

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Mapa de ubicación de hábitats en las comunidades de Ccotos y Escallani. ....	77
2. Biomasa de “llaska” (kg/m <sup>2</sup> materia fresca) y cálculo de varianza - comunidad de Ccotos, península de Capachica, 2004. ....	78
3. Variación del nivel del lago Titicaca y temperatura 2015 y 2016. ....	79
4. Análisis estadístico para hábitat OPGT Ccotos .....	81
5. Análisis estadístico para hábitat OPGT Escallani.....	83
6. Análisis estadístico para hábitat OPMSD .....	85
7. Análisis estadístico para hábitat PAG - Escallani.....	87
8. Análisis estadístico para hábitat OFALT .....	89
9. Análisis estadístico para hábitat ERRD .....	91
10. Panel fotográfico.....	93

## ACRÓNIMOS

Listado alfabético de los acrónimos utilizados en esta tesis.

ERRD	: Escarpadas rocosas con rápido declive (hábitat)
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
HSI	: Hábitat suitability index
OFALT	Orillas con fondo acuático limoso y totorales (hábitat).
OPGT	Orillas con piedras de gran tamaño (hábitat)
OPMSD	: Orillas con piedras medianas con suave declive (hábitat)
PAG	: Playas con arena y grava (hábitat)
USFWS	U.S. Fish & Wildlife Service
VIA	: Vulnerables a la seguridad alimentaria

## RESUMEN

Los objetivos de la investigación fueron: determinar la relación entre la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, “llaska” y los parámetros físicos de hábitat; comparar índices de idoneidad de hábitat (HSI) de *Cladophora crispata* “llaska” entre hábitats; y, comparar la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata in-situ* entre parcelas modificadas y hábitats naturales. Para medir la biomasa, se cortó la “llaska” de parcelas de 1 m<sup>2</sup> distribuidas sistemáticamente en los hábitats; También se midió: el tamaño de sustrato (m), la profundidad (m), el nivel de oleaje (altura de cresta de la ola en m) y la pendiente de fondo acuático (%); estas variables sirvieron para elaborar modelos de regresión lineal con la biomasa y permitieron determinar los índices de idoneidad de hábitat (HSI) en los hábitats estudiados y para comparar la producción de biomasa entre parcelas modificadas y hábitats naturales, se modificaron parámetros físicos: el tamaño de sustrato y la pendiente de fondo acuático en 8 parcelas de 25 cm de ancho, perpendicular a la orilla en los hábitats OPGT y OPMSD. Los resultados indican que los parámetros físicos: nivel de oleaje, profundidad y pendiente de fondo acuático influyeron indistintamente en la producción de *Cladophora crispata*; en el hábitat OPGT en Ccotos la profundidad tuvo correlación moderada con la biomasa ( $r=0,578$ ), en el hábitat OPGT en Escallani el oleaje tuvo correlación baja con la biomasa ( $r=0,415$ ), ambas relaciones fueron significativas ( $p<0,005$ ). Los hábitats más idóneos para el alga fueron: OPMSD y OPGT, con HSI de 0,39 y 0,36 respectivamente. Hubo diferencia en HSI entre hábitats (OPGT, OPMSD, PAG, OFALT y ERRD) ( $H_{cal} (0,05)=95,84$ ;  $gl=4$ ,  $p=0,0001$ ) en el periodo enero a marzo; durante el periodo junio a agosto, esta diferencia persistió ( $H_{cal} (0,05)=78,15$ ;  $gl=4$ ,  $p=0,0001$ ). Finalmente, no fue posible incrementar la biomasa del alga a través de parcelas piloto acondicionando factores físicos (OPGT<sub>jun-ago</sub>:  $H_{cal} (0,05)=0,04$ ;  $gl=1$ ,  $p=0,845$ ; OPGT<sub>ene-mar</sub>:  $H_{cal} (0,05)=0,56$ ;  $gl=1$ ,  $p=0,480$ ).

**Palabras clave:** Biomasa, Ccotos, *Cladophora crispata*, Escallani, hábitat, “llaska”, producción y zonas litorales.

**ABSTRACT**

The objectives of the research were: to determine the relationship between the production (green biomass/m<sup>2</sup>) of *Cladophora crispata*, "llaska" and the physical parameters of habitat, to compare habitat suitability indexes (HSI) of *Cladophora crispata* "llaska" between habitats; and, to compare the production (green biomass/m<sup>2</sup>) of *Cladophora crispata in-situ* between modified plots and natural habitats. To measure the biomass, we cut the "llaska" found on plots of 1 m<sup>2</sup> systematically distributed in the habitats; Also measured: the substrate size (m), the depth (m), the wave level (wave crest height in m) and the water bottom slope (%); these variables were used to develop linear regression models with the biomass, allowed to determine the habitat suitability indices (HSI) in the studied habitats and to compare the biomass production between modified plots and natural habitats. We modified physical parameters such as the size of the substrate and the slope of the aquatic bottom in 8 plots of 25 cm wide at right angle to the shore in the OPGT and OPMSD habitats. The results indicate that the physical parameters: wave level, depth and slope of aquatic bottom influenced indistinctly in the production of *Cladophora crispata*; in the habitat OPGT in Ccotos the depth had moderate correlation with the biomass ( $r = 0,578$ ), in the habitat OPGT in Escallani the waves had low correlation with the biomass ( $r = 0.415$ ), both relationships were significant ( $p < 0,005$ ). The most suitable habitats for the algae were: OPMSD and OPGT, with HSI of 0,39 and 0,36 respectively There was a difference in the HSI between habitats (OPGT, OPMSD, PAG, OFALT and ERRD) ( $H = 95,84$ ;  $df = 4$ ;  $p = 0,0001$ ) during the period January to March; during the June to August period, this difference persisted ( $H = 78,15$ ;  $df = 4$ ;  $p = 0,0001$ ). Finally, it was not possible to increase the biomass of the algae through pilot plots conditioning physical factors (OPGT<sub>jan-Aug</sub>:  $H = 0,04$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,845$ ; OPGT<sub>jan-mar</sub>:  $H = 0,56$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,480$ ).

**Keywords:** biomass, Ccotos, *Cladophora crispata*, coastal areas, Escallani, habitat, "llaska" and production.

## INTRODUCCIÓN

La alimentación es uno de los problemas que enfrentan las poblaciones de menores recursos económicos en el mundo. Esta problemática reflejado en la desnutrición infantil, se convierte en un obstáculo para que a futuro las personas se incorporen a la sociedad contemporánea. En la medida que es un daño que afecta a un alto porcentaje de la población, repercute en el desarrollo económico y social de los países y su inserción en la economía globalizada (Monckeberg, 2011).

El alga *Cladophora crispata* “llaska” constituye una fuente de alimento poco aprovechada para las poblaciones asentadas en la península de Capachica, este alga crece en zonas litorales del lago Titicaca hasta un máximo de 1,2 m de profundidad; a partir de estos hábitats los pobladores los extraen para alimentarse.

CIED (2002), señalan que esta alga habita en zonas rocosas y aguas limpias, la población humana los recoge para consumirlas y constituye de esta forma una fuente proteínica en la alimentación local, pero; para planear su utilización sostenible se requiere de información, cada vez más precisa, acerca de parámetros hábitat que condicionan su abundancia (biomasa).

El propósito de esta investigación fue determinar la relación que existe entre los parámetros físicos de hábitat [tipo de sustrato, tamaño de sustrato (m), profundidad (m), nivel de oleaje (altura de cresta en m) y pendiente de fondo acuático (%)] y la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, “llaska”, comparar índices de idoneidad de hábitat (HSI) de *Cladophora crispata* “llaska” para identificar los hábitats potenciales para el alga y comparar la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata in-situ* entre parcelas modificadas y hábitats naturales, para poder conocer la posibilidad de mejorar los hábitat e incrementar la disponibilidad de biomasa para la extracción de este recurso para la población local.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Marco teórico

##### 1.1.1 *Cladophora crispata* “llaska”

La *Cladophora crispata* denominada “llaska” es una Chlorophyta que habita en áreas litorales sin contaminación, adherida en rocas que le sirven de substrato. En el lago Titicaca esta alga es bioindicador de buena calidad de agua (Canales, 2006).

Acleto (2006), clasificó la “llaska”, a partir de una muestra obtenida en la comunidad de Hilata; de la siguiente forma:

División: Chlorophyta

Clase: Chlorophyceae

Orden : Cladophorales

Familia: Cladophoraceae

Género: Cladophora

Especie: *Cladophora crispata* (Roth) C. Agardh

La división *Chlorophyta*, está representada por 560 géneros y 8600 especies, conocidas generalmente por algas verdes, por su pigmentación verde brillante muy similar a las plantas superiores. La pared celular esta generalmente compuesta por celulosa (Acleto & Zúñiga, 1998).

Los *Cladophorales* se caracterizan por tener talos filamentosos uniseriados, con o sin ramificaciones, y por sus células con varios núcleos. Los cloroplastos tienen usualmente varios pirenoides (Boraso, 2004). Los integrantes de este orden habitan en ambientes de agua dulce y marina, algunos géneros como *Cladophora* y *Rhizoclonium*, están representados simultáneamente en ambos ambientes; otros en cambio, son estrictos a un solo ambiente como *Phitophora* y *Spongomorpha* que habitan en agua dulce y agua marina respectivamente. Casi todos los géneros mantienen su condición sésil al sustrato, soltándose posteriormente flotando entonces libremente, tal como *Cladophora* (Acleto & Zúñiga, 1998).

Las *cladophoráceas* forman filamentos indivisos o ramificados, con células multinucleadas. Se propagan por esporas con 4 flagelos, o por gametas biflagelados, isógamos o anisógamos (Margalef, 1983).

A continuación se detallan algunas características particulares de las clorophyceas con relación a su hábitat:

La flora algal de los ambientes lóticos se caracteriza principalmente por ser litófitas, generalmente filamentosas como *Cladophora*, *Draparnaldia*, *Stigeoclonium*, *Batrachospermum* y *Lemanea*, estas algas están fijadas al sustrato rocoso por medio de una célula basal. Las algas litorales que son también diversas viven fijadas en el sustrato rocoso por medio del rizoides unicelular como *Cladophora*, *Stigeoclonium*, o forman costras de aspecto característico sobre el sedimento lodoso o rocoso (Acleto & Zúñiga, 1998).

La mayoría de los géneros se reproducen asexualmente por medio de zoosporas cuadriflageladas. Las zoosporas se forman en casi todas las células del filamento, excepto en la basal; a veces solo en las células apicales, como en *Cladophora* (Acleto & Zúñiga, 1998).

Los géneros del orden de las *Cladophoras*, presentan una organización pluricelular filamentosas uniseriadas, ramificadas o no ramificadas, los filamentos son generalmente sésiles al sustrato por medio de un rizoides. (Acleto & Zúñiga, 1998).

El género *Cladophora* comprende a las algas verdes filamentosas con talos que son densamente o escasamente bifurcados, los mismos que crecen cerca del centro del ápice. En algunas especies la cantidad relativa de crecimiento apical es

directamente proporcional al movimiento de agua, las divisiones celulares son más frecuentes en aguas turbulentas. Las plantas normalmente se encuentran pegadas sobre substratos mediante rizoides bifurcados o por sustancias hialinas discoiformes; se conoce además que ciertas especies flotan libremente. Las células son multinucleadas, pero el número de núcleos no es específico para cada especie (Neville, 1987). Las células de *Cladophora* son multinucleadas y están rodeadas de paredes de celulosa (Neville 1987).

Las células tienen entre 5 y 35 núcleos por célula. La alternancia de generaciones es casi universal dentro del género, aunque algunas especies se multiplican sólo por fragmentación del talo, y algunas especies se reproducen enteramente por zoosporas asexuales (Neville, 1987).

La *Cladophora* es un género con especies muy numerosas y variables, difíciles de determinar, con series poliploides intraespecíficas. En aguas corrientes y en las orillas de los lagos eutróficos se halla en todas partes *C. glomerata*, con células y rizoides basales persistentes de un año a otro, muy ramificada y de células moderadamente largas; una forma ramificada en la base y luego con filamentos estirados e indivisos por crecimiento intercalar, terminados generalmente en esporangios, se considera como una variedad de la anterior (var. *Crassior*) o como especie independiente (*C. crispata*) y es la forma más propia de aguas detenidas (Margalef, 1983). Los *Cladophora* son algas de aguas salobres y aguas dulces. Las formas de aguas dulces viven usualmente adheridas a ramas o rocas que utilizan como substrato en aguas lentas o en movimiento. Otra de las características peculiares de este género es que carecen de una capa mucosa, la que facilita a numerosas diatomeas fijarse a estas, convirtiéndose en parásitas de algunas especies de esta familia, dentro de las especies parásitas más comunes tenemos a los géneros *Cocconeis* y *Gomphonema* (Prescott, 1968).

El género *Cladophora* fue descrito por Kützing (1845, 1853), quien describió 85 especies y variedades marinas a lo largo de las costas oceánicas alemanas y austríacas. Hasta la actualidad, aproximadamente 100 especies son reconocidos a nivel del mundo. a pesar de los esfuerzos realizados para clasificarlos, existe aún mucha confusión al momento de identificar las especies y aun mayor al momento de establecer la relaciones filogenéticas (Theodoor, 1995).

La *Cladophora crispata*, es una alga chlorophyta; filamentosa; ramificada desde la base y luego con filamentos estirados e indivisos por crecimiento intercalar, terminados generalmente en esporangios (Margalef, 1983). Tiene como hábitat aquellas áreas acuáticas sin contaminación y donde existe como substrato la roca arenisca que le permite adherirse y cumplir con su proceso reproductivo. Son pocos los lugares donde existe esta especie, como Islas Taquile, Amantani y comunidades como Siale, Capano y Llachón; donde la población consume y lo comercializa con fines alimenticios (Canales, 2003).

### 1.1.2 Hábitat

#### 1.1.2.1 Conceptos de hábitat

Uno de los conceptos más importantes en ecología es el hábitat. También es uno de los más ambiguos, ya que se le atribuyen distintos significados en función del autor:

- ...”la suma total de los factores del medio, que una especie animal determinada requiere para poder sobrevivir y reproducirse – alimento, cobertura y agua – en un área dada (Trefethen, 1964).
- ...es el conjunto de todos los factores ambientales que hacen posible la supervivencia y perpetuidad de una especie (Ricklefs, 2001).
- ... es el lugar donde vive una especie. El hábitat posee los recursos de espacio, alimento, agua y refugio, necesarios para la supervivencia de la misma (Morrison, *et al.*, 1998).
- ...es el Lugar o tipo de ambiente donde vive una población o especie. La presencia de esta población indica que el hábitat satisface sus requerimientos básicos (Ojasti & Dallmeier, 2000).

El hábitat se puede concebir como el espacio que reúne las condiciones y características físicas y biológicas necesarias para la supervivencia y reproducción de una especie, es decir, para que una especie pueda perpetuar su presencia (Trefethen 1964; Hall, Krausman & Morrison, 1997).

El hábitat es la suma de todos los factores bióticos y abióticos que una especie requiere para que pueda perpetuar su presencia, quedando descrito por los rasgos que lo definen ecológicamente y deja ver de manera explícita la dimensión espacial; sobre esta definición la calidad de hábitat es “la capacidad del ambiente para proveer las condiciones apropiadas para la persistencia de un individuo y de la población” (Hall, Krausman & Morrison, 1997).

#### **1.1.2.2 La calidad de hábitat**

La calidad de hábitat se refiere a la capacidad de un ambiente en proveer las condiciones apropiadas para la persistencia de individuos y poblaciones (Hall, Krausman & Morrison, 1997).

La calidad de un hábitat depende de las cualidades intrínsecas del mismo, las cuales determinan los costos y beneficios que representa para un individuo permanecer en el (Morales, 2007).

Morrison, Marcot & Mannan (1998) definieron como hábitat de alta calidad las áreas que ofrecen las condiciones requeridas para sobrevivir y reproducirse exitosamente por un periodo relativamente largo.

#### **1.1.2.3 Evaluación de la calidad de hábitat**

La evaluación de la calidad del hábitat, se basa en la presunción de preferencias y, por tanto, la selección; están vinculados a la aptitud de las especies (supervivencia y reproducción) y de preferencia que puede deducirse de las pautas observadas de uso. Como primer paso, es necesario que el evaluador conozca los requerimientos mínimos de hábitat que la especie necesita, se debe tener especial cuidado en esta fase, debido a que es ahí donde el investigador o manejador decide de forma directa y selecciona las variables o atributos del hábitat que tenderán a ser evaluados (Delfín, Gallina & López, 2014).

La evaluación de hábitat es un proceso en el que se califica el hábitat de una especie determinada, a partir del conocimiento detallado de sus necesidades y requerimientos. Para evaluar el hábitat es necesario determinar los

recursos a calificar, que al ser medidos, se convierten en variables. Cada recurso medido (variable) del hábitat se valora, es decir, se le pone una calificación según su importancia para la supervivencia y reproducción de la especie. La combinación de las calificaciones de todos los recursos medidos da como resultado una calificación única al área examinada. Este procedimiento genera una predicción de la calidad potencial del hábitat según sus características y teniendo en cuenta los requerimientos de la especie. La calidad de hábitat se mide utilizando el índice de idoneidad de hábitat o HSI (Habitat Suitability Index) (Guzmán, 2006).

Morrison, Marcot & Mannan (1998) definieron como hábitat de alta calidad las áreas que ofrecen las condiciones requeridas para sobrevivir y reproducirse exitosamente por un periodo relativamente largo.

#### **A. Índice de idoneidad de hábitat (HSI)**

Dentro de la gran gama de formas, técnicas y métodos para caracterizar y evaluar el hábitat de las especies, están los Índices de Idoneidad o de Hábitat Adecuado (HSI, por las siglas en inglés de *Habitat Suitability Index*); esta forma de evaluación tal vez es la más utilizada en la actualidad, fue desarrollada por el U.S. Fish and Wildlife Service (1991), se ha ido afinando con el tiempo por otros autores y se conocen alrededor de 180 HSI (Delfín, Gallina & López, 2014).

El método de evaluación del *HSI* es muy sencillo y en muchos casos depende de la experiencia y conocimiento del evaluador acerca de la especie. El método consiste en otorgar puntuaciones o calificaciones (normalmente van de 0 a 1 o de 0 a 100) a la importancia relativa de las distintas unidades ecológicas (sus variables y atributos mínimos para una especie) para la vida silvestre. Las calificaciones reflejan el potencial de un hábitat en apoyo de una determinada especie, mediante la comparación de lo disponible para esa especie y se identifica como una situación de idoneidad; el método es sencillo no obstante depende de la experiencia del evaluador y sus colaboradores. Este método en conjunción con datos que representan la distribución espacial de las variables, pueden usarse para generar mapas de calidad de hábitat (Delfín, Gallina & López, 2014).

Para generar un HSI de una especie en particular, primero el evaluador genera un modelo conceptual donde ve reflejada las variables o atributos que conforman el hábitat de la especie X y toma en cuenta fuentes de presión (naturales o artificiales) presentes en las unidades de paisaje. Los modelos conceptuales de evaluación de hábitat deben estar basados en: Experiencia del evaluador, objetivo de la evaluación, conocimiento profundo de la biología y ecología de la especie y escala de evaluación (espacial y temporal).

El modelo conceptual de hábitat puede incluir tantas variables como el evaluador pueda medir, y que considere reflejen los atributos mínimos indispensables para asegurar la permanencia de la especie, siguiendo la metodología usada por. El modelo conceptual supone que *“la existencia mínima de los atributos puede asegurar la sobrevivencia de la especie en una unidad de paisaje, y la presencia y ausencia de alguno de los atributos, definen la probabilidad de su existencia”* (Fig. 1) (Delfín, Gallina & López, 2014).

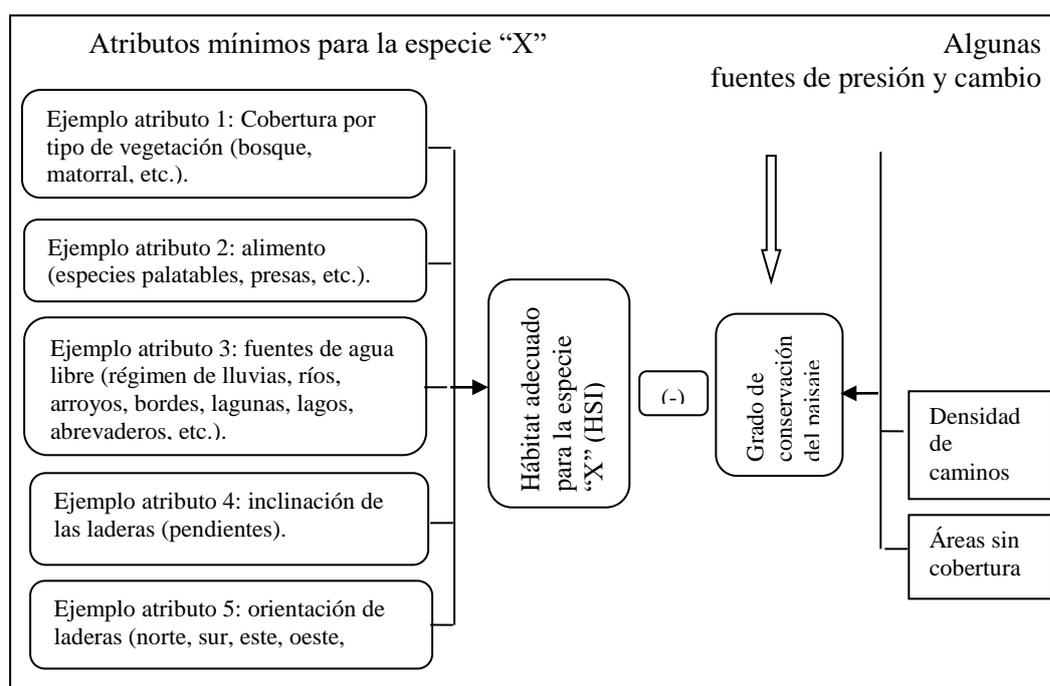


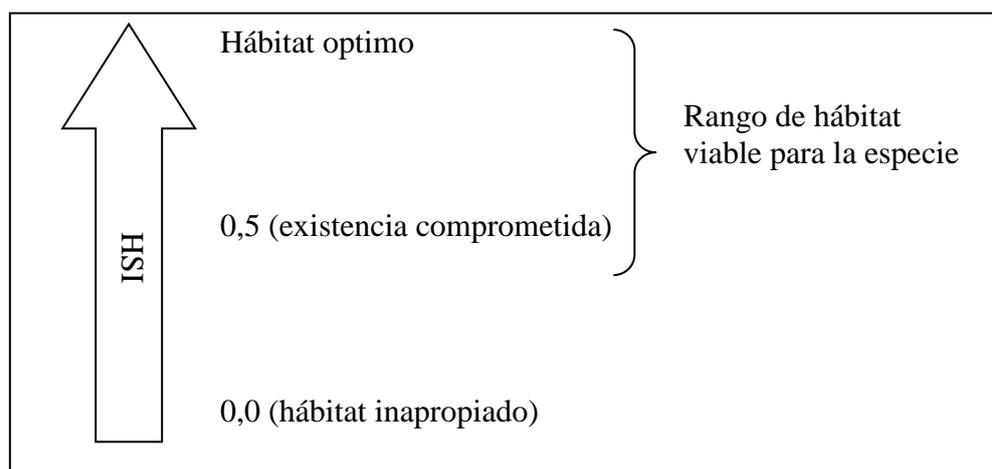
Figura 1. Modelo conceptual generalizado de evaluación de hábitat para una especie.

Fuente: (Delfín, Gallina & López, 2014).

No obstante, existen fuentes de presión (por ejemplo, carreteras, localidades urbanas, densidad poblacional humana, expansión de la frontera agropecuaria, entre otras) que afectan la presencia y la calidad de los atributos y su variación en el espacio y tiempo. Las fuentes de presión que supone el modelo generan, en conjunto con las características bióticas y abióticas del medio, heterogeneidad en el paisaje y por ende afectan la calidad del hábitat, y están estrechamente relacionadas con la fisiología y ecología de la especie (Delfín, Gallina & López, 2014).

El planteamiento del HSI, consiste en determinar la calidad de un tipo de hábitat utilizando curvas de funciones que relacionan la calidad de hábitat con sus características bióticas y abióticas (Canter, 1997).

Este índice de aptitud o idoneidad de hábitat (HSI) asigna un valor a cada unidad de área de terreno, de acuerdo a los requerimientos de la especie bajo estudio. El índice HSI, varía entre 0 y 1, cuando se acerca a 1 se considera que el hábitat es óptimo, inversamente 0 es inapropiado. Los valores menores a 0,5 de HSI indican que la especie tiene comprometida su existencia en esa área, mientras que valores superiores a 0,7 indican que la especie puede desarrollarse plenamente (UNLP, 2012).



*Figura 2.* Rangos para idoneidad de hábitat.

Fuente: (UNLP, 2012).

Al darle pesos selectivamente a las propiedades de los hábitats y describir las variables espaciales, tanto la calidad como la cantidad de hábitat puede ser estimada (Valencia & Armenteras, 2004).

Para realizar el análisis de los atributos de hábitat para una especie en particular, es importante considerar la localización geográfica, ya que las especies están restringidas a una distribución geográfica. Sin embargo, es importante considerar que la mayoría de las especies no se encuentran distribuidas de forma continua dentro de su intervalo geográfico, ya que pueden existir barreras geográficas, competidores o depredadores que les impidan colonizar estos sitios (Cooperrider, Boyd & Stuart, 1986).

#### **1.1.2.4 Requerimientos vitales en un hábitat**

La presencia del organismo en un ambiente dado sugiere que éste satisface sus requerimientos esenciales y forma parte de su hábitat efectivo; sin embargo si el organismo no se encuentra en un lugar aunque este normalmente presente en ambientes similares, tal lugar puede formar parte de su hábitat potencial (Ojasti & Dallmeier 2000).

#### **1.1.2.5 Manejo de hábitat**

El manejo de hábitat pretende generar cambios a través de acciones planificadas y concretas en el campo encaminadas a conservar y mejorar el hábitat, partiendo de la evaluación o análisis (condición: estado del hábitat en un momento dado y tendencia: el cambio de la condición en el tiempo) de las necesidades más directas de la especie que lo ocupa con relación al espacio, cobertura, alimento y agua (Ojasti & Dallmeier, 2000).

La evaluación cualitativa y cuantitativa de los atributos del hábitat, son herramientas más importante con fines de planificación y gestión del manejo de la fauna silvestre y sirve para establecer relaciones y comprender las formas de respuesta a los factores ambientales de las especies (Delfín & Gallina, 2007). La evaluación cualitativa y cuantitativa del hábitat de una especie, que incluya los requerimientos básicos para cubrir sus necesidades, elementos como disponibilidad de alimento, agua y cobertura de protección (Delfín, Gallina & López, 2014), es prioritaria para la toma de decisiones en

materia de manejo de las poblaciones silvestres y su conservación. En el presente trabajo se realiza la evaluación de hábitat para una especie vegetal y no una especie animal como se acostumbra normalmente.

Conocer las características del hábitat que determinan la distribución y abundancia de las especies es un asunto crucial para el manejo y la conservación de la biodiversidad (Álvarez, 2009).

En el manejo de fauna silvestre se ha promovido el análisis y evaluación del hábitat, como una de las estrategias básicas que permitan determinar la capacidad del mismo hábitat para satisfacer los requerimientos básicos de alguna especie de interés. Con este tipo de estudios es posible predecir los efectos de la modificación del ambiente, por causas naturales o antropogénicas, sobre el mantenimiento de la población (Mandujano, 1994).

#### **1.1.2.6 Manejo de hábitat de macroalgas**

Un determinado factor de hábitat puede ser limitante en un momento dado; detectar ese factor y atenuar su efecto es fundamental en el estudio y manejo de hábitat (Ojasti & Dallmeier, 2000). Una gestión y conservación efectivas de las poblaciones de la flora y fauna silvestres dependen en buena medida del conocimiento y capacidad de predicción de las relaciones entre aquellas y su hábitat (Noon, 1986; Van Manen & Pelton, 1993). Los estudios de selección de hábitat han sido usados frecuentemente para elaborar modelos y conseguir un mejor conocimiento de las relaciones entre los diferentes componentes de los ecosistemas (Alldredge, Thomas, & McDonald, 1998; Clark, Dunn & Smith, 1993). Bajo esta perspectiva, un buen modelo debe ser aquel que puede predecir la respuesta de una planta o un animal a la modificación de un componente específico del hábitat.

De acuerdo a la información existente, son varios las variables ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de las macroalgas; las más importantes consideradas en el presente artículo son el sustrato, los niveles de oleaje, la profundidad, los nutrientes. A continuación describiremos cada uno de ellos:

### a) Sustrato

Los sustratos favorecen el desarrollo de un gran número de especies de macroalgas (*Chlorophyceae*) (Garduño, Godínez & Ortega, 2005); así tenemos que; *Cladophora coelothrix* se desarrolla sobre sustrato rocoso (Mateo & Mendoza, 1996). La textura, el grado de dureza y el color de las rocas influyen sobre las comunidades algales (Garduño, Godínez & Ortega, 2005). Señala además que en las rocas expuestas al oleaje es el lugar donde se localiza una gran diversidad de algas marinas.

Las algas pueden albergarse entre los intersticios de las rocas y con ello protegerse del oleaje, algunas se desarrollan por la relación química del sustrato mientras que otras por su oscurecencia que favorece la absorción de calor. En otros casos, las rocas calcáreas de color blanco con numerosos oquedades, permiten reflejar la luz en beneficio de las algas que las habitan (Garduño, Godínez & Ortega, 2005). Tejada (2002), señala que la naturaleza química del sustrato, en general, no importa, ya que es solo un medio de fijación, excepto para las algas que necesitan rocas calcáreas. Su naturaleza física (textura), si es importante e influye el grado de dureza y compactación (arenoso, grava u otros).

Las estructuras de fijación y toda la morfología de las algas, dependen en gran medida del sustrato en que se encuentren (Littler & Littler, 1994); de esta forma, los diferentes grupos, taxonómicos o funcionales, se distribuyen en diferentes ambientes y localidades según sus condiciones, existiendo una relación crítica entre el tipo de sustrato y el alga que en él se fije (Trelles, Suarez & Guardia, 2001).

Littler & Littler (1994), demostraron que sustratos duros brindan mayor estabilidad que sustratos móviles al encontrar mayor abundancia de especies pertenecientes a los últimos estadios de la sucesión en un área con mayor disposición de sustrato rocoso.

Para las algas, el sustrato constituye un factor determinante y así, es posible decir que en términos ficoflorísticos existen dos ambientes generales que cabe distinguir en el área de estudio SLN: los bajos arenosos y las raíces

de mangle; entre estos existe un continuo ecotonal donde se puede presentar especies de cada uno de ellos (Collado, Gonzáles & Ecurra, 1995).

A continuación citamos algunas investigaciones que demuestran que la distribución de las macroalgas se dio en función al sustrato.

Collado, Gonzáles & Ecurra (1995), al evaluar los patrones de distribución ficoflorística en el Sistema Lagunar de Nichupte, Quintana Roo, México; demostraron que el patrón de distribución de la ficoflora es en función del sustrato, sin embargo, refirió que la distribución de algunas especies no puede ser explicada en función del sustrato. En sus investigaciones obtuvieron que el 58% de las especies estaban limitados por el sustrato y un 42% no lo estaban.

Collado, Gonzáles & Ecurra (1995), realizaron estudios sobre algas y su distribución en el Sistema Lagunar de Nichupté (SLN). El SLN es una laguna costera, ubicada en el estado de Quintana Roo, en las costas del Mar Caribe. Tiene aguas prácticamente marinas, sedimentos arenosos cubiertos por manchones de pastos y las orillas presentan crecimientos de manglares. Se encontraron 77 especies distribuidas en las siguientes divisiones: 33 en Chlorophyta, 37 en Rhodophyta, 3 en Phaeophyta y 4 en Cyanophyta. Se observó una diferencia florística significativa entre las muestras de algas recolectadas en los bajos arenosos y las de raíces de manglares. Las diferencias principales en la composición ficoflorística se encuentran asociadas al sustrato, profundidad y salinidad.

Garduño, Godínez & Ortega (2005), al analizar la distribución geográfica de las algas verdes bénticas de las costas Mexicanas del Golfo de México y el mar Caribe, señala que el mayor porcentaje de las especies de la flora (60%) se desarrolla en más de un sustrato, dentro de ellos *Cladophora vagabunda* crecen en rocas, guijarros, arena y limo.

#### **b) Oleaje**

Las olas al romper ejercen una fuerza enorme sobre la costa; el impacto destructivo de una gran masa de agua junto con piedras y otros materiales en suspensión arrastrados por las olas representan el principal

peligro para las algas; el movimiento rápido y continuo de las aguas plantea dificultades para la fijación de esporas impidiendo así la colonización (Tejada, 2002; Buschmann, Vásquez & Osorio, 2004). Sin embargo, los organismos aprovechan hasta el último espacio en rocas, grietas y lugares protegidos, estableciendo toda una zonación distintiva en donde los niveles de competencia entre las especies son muy significativos (Tejada, 2002).

Hobday (2000a), señala que algunas macroalgas bentónicas pueden ser desgarradas de su base para permanecer flotando a la deriva por un periodo de tiempo antes de hundirse o llegar nuevamente a la costa. Estudios realizados en el hemisferio norte para algas del genero *Macrocystis* spp. Indican que estas pueden permanecer flotando a la deriva por alrededor de cien días (Hobday, 2000b).

Aparte de los efectos físicos del arrastre y del deslave, existen también efectos fisiológicos de las corrientes sobre las algas epilíticas. En varios estudios se ha demostrado que las tasas de crecimiento, absorción de nutrimentos, respiración y fotosíntesis son mayores en corrientes moderadas que en corrientes lentas o en aguas quietas. Las corrientes aumentan las tasas metabólicas al generar gradientes de difusión más pronunciados próximos a la célula (Marshall, 1991).

### **c) Profundidad**

Cortez, Jaimes & Pérez, (2004); en un estudio realizado en la zona mesolitoral en la plataforma rocosa de los Cóbano, departamento de Sonsonete, el Salvador; menciona que *Cladophora* sp. alcanza hasta 2,8 cm de alto y se desarrolla hasta los 25 cm aprox.; en tanto que la especie *Cladophora prolifera* (Roth) Kutzing desarrolla hasta 20 cm de alto sobre substratos rocosos, hasta una profundidad de 38 cm, pero ocasionalmente se extienden hasta los 10 m de profundidad cuando las condiciones son favorables.

### **d) Luz solar**

Los efectos ecológicos de la luz y la temperatura sobre la fotosíntesis y el crecimiento de las algas son inseparables, debido a las interrelaciones entre

metabolismo y saturación de luz (Wetzel, 1981). La incidencia de la luz sobre las algas depende de su intensidad y calidad; estas varían según la profundidad y la latitud en que se desarrollan y de acuerdo a la hora del día y la estación del año.

Dawes (1986), divide los efectos de la luz en respuestas funcionales y estructurales, considerando como funcionales: a) La tolerancia a la intensidad de la luz, pudiendo dar lugar a la decoloración al exponerse a una cantidad excesiva a ella, sin embargo, una baja intensidad de luz es capaz de detener el crecimiento, b) La actividad metabólica que se relaciona con la luz, incluyendo la producción de pigmentos fotosintéticos, el movimiento de cloroplastos y respuestas fotosintéticas, c) reproducción y d) distribución. Dentro de las respuestas estructurales, se incluyen los cambios de tamaño y diferencias morfológicas.

En general se considera que la intensidad de luz y el flujo de las corrientes en arroyos y ríos son los factores ambientales dominantes que afectan a las algas (Marshall, 1991).

#### **e) Temperatura**

Este factor es determinante en la distribución geográfica, es un limitante en el crecimiento de las algas marinas (Marshall, 1991); además asegura que influye en las respuestas metabólicas, también afecta la distribución latitudinal y patrones estacionales de crecimiento.

Durante la bajamar, suelen producirse cambios de temperatura amplios y rápidos en las aguas someras de la orilla. La radiación solar provoca que se alcancen temperaturas muy altas en las superficies expuestas; la temperatura del agua que queda retenida cuando retrocede la marea puede subir muy por encima de los límites normales del mar (Tejada, 2002).

#### **f) Salinidad**

Los organismos costeros soportan a veces agua de salinidad muy reducida, debido a la dilución del agua de la orilla por lluvia o por agua dulce que viene de tierra adentro. Por el contrario, la evaporación puede

hacer subir la salinidad por encima de los niveles normales. Los aumentos de salinidad y temperatura están íntimamente relacionados (Tejada, 2002).

Dawes (1986), menciona que la salinidad puede ser un importante factor en muchos casos de distribución local de las algas marinas. Al enfrentarse a los extremos de salinidad las tasas fotosintéticas se ven afectadas.

Marshall (1991), afirma que las algas marinas son capaces de ajustar su potencial osmótico interno al regular las concentraciones de iones inorgánicos y varias moléculas orgánicas (ácidos orgánicos, azúcares simples, aminoácidos y polisacáridos), que podrían presentarse en casos extremos de salinidad a medida que se desecan durante la marea baja o que el agua se evapora de las pozas de marea y cuando la lluvia cae sobre las algas durante la marea baja.

#### **g) pH**

Cuando la iluminación es muy intensa, los procesos de fotosíntesis de las algas que crecen en cantidades masivas en las pozas costeras aumentan apreciablemente el contenido de oxígeno disuelto en el agua y disminuye el  $\text{CO}_2$ , elevando el pH. La rápida descomposición bacteriana de los detritos puede hacer que disminuya el oxígeno disuelto, aumente el  $\text{CO}_2$  y reduzca el pH (Tejada, 2002).

#### **h) Turbidez**

Los bajos valores de riqueza de macroalgas podrían estar asociados al aumento de turbidez del agua debido a que se incrementa el material en suspensión que arrastran los ríos y arroyos durante la época lluviosa (Moreira, Gómez, Suárez, León, & Castellanos, 2003).

#### **i) Pendiente**

Ramírez & Osorio (1998), al describir cualitativa y cuantitativamente los patrones de distribución de los organismos sésiles del intermareal rocoso de la isla Robinson Crusoe; en base a la medición de la cobertura de organismos a lo largo de un transecto vertical de 11,6 m, determinaron que los factores físicos como la pronunciada pendiente de los roqueríos y

biogeográficos, propios de este archipiélago fueron determinantes en la composición de especies y en la estructura de estas comunidades.

#### j) Contaminación

Las macroalgas presentan adaptaciones morfológicas, fisiológicas y ecológicas y estas están relacionadas con niveles de disturbio encontradas en sus ambientes naturales (Littler & Littler, 1980). Moreira, *et al.*, (2003) y Littler & Murray (1978) encontraron que especies efímeras de más rápido crecimiento como *Ulva californica* y *Dictyota flabellata* prevalecen en una zona contaminada, mientras que las especies *Gigartina canaliculata*, *Colpomenia sinuosa* y algas coralinas dominan en la zona no contaminada. Oliveira & Berchez (1978) observaron la ausencia de algas pardas en investigaciones realizadas en el macrofitobentos de una localidad contaminada en la bahía de Santos, Brasil.

Las algas macroscópicas son organismos que dependen para su desarrollo de factores tales como: sustrato, temperatura, luz, factores químicos como el pH y salinidad, aporte de nutrientes, influencia de mareas, exposición al oleaje; factores que además influyen en cuanto a su distribución geográfica en el litoral (Cortez, Jaimes & Pérez, 2004).

Finalmente, nos atrevemos a conjeturar, sobre; lo reportado por Garduño, Godínez & Ortega, 2005, sobre los trabajos de Huerta (1958) y Huerta & Garza-Barrientos (1964); el investigador refiere que sobre una modificación del ambiente por la influencia humana crecen algunas especies de macroalgas entre ellas las especies de Chlorophyceae que crecen sobre escolleras y muelles son *Chaetomorpha antennina*, *Cladophora patentiramea*, *Cladophoropsis membranacea* y *Ulva fasciata*; sobre madera *Ulva flexusa* y *U. compressa*; sobre cuerdas de lancha, *Rhizoclonium riparium* y *Chaetomorpha linum*; sobre unicel, *Derbesia marina*; y sobre cable de polipropileno, *Ulothrix flacca* y *Cladophora laetevirens*. Las especies que crecen sobre sustratos artificiales representaron 12,2% del total, reportado por Garduño. Esto indica que algunas especies de algas han tenido la capacidad de adaptarse a los materiales señalados y por lo que

suponemos que es posible manejar algunos parámetros para incrementar su producción en ambientes naturales.

### 1.1.3 Hábitat del género *Cladophora*

El género *Cladophora* es cosmopolita y, extraordinariamente entre las algas, sus especies son encontradas en agua dulce, salobres y marinas (Neville, 1987).

*Cladophora Kützinger* es una de las algas más comunes de la zona báltica del mundo marino. Se distribuye desde el ártico hasta las regiones tropicales y tiene representantes en agua dulce (Theodoor, 1995).

Las distribuciones globales y locales de macroalgas son gobernadas por la interacción de factores abióticos y bióticos. Lo cual incluye la acción de las olas, intensidad y calidad lumínica, el fotoperiodo, la salinidad y la temperatura. Los factores bióticos incluyen el epifitismo, el apacentamiento y la competencia también afectan distribución (Lobban *et al.*, 1985). La temperatura es ampliamente considerada como el factor determinante más importante de distribución global, pero estos otros factores pueden tener importancia local y así también pueden determinar patrones en pequeña escala de distribución de especies. La salinidad probablemente opera también de esta manera (Neville, 1987).

El hábitat de la “llaska” en el ámbito del presente estudio, está relacionado con parámetros ambientales como: temperatura, humedad, nivel de oleaje, transparencia, profundidad, pH del agua, nitrógeno, fósforo y hierro. Estos parámetros influyen en el desarrollo bioecológico de esta alga (Canales, 2006). Su distribución geográfica en la península de Capachica lo conforman las comunidades de Siale, Llachón, San Juan de Hilata, Capano, Ccotos y Escallani.

Poccohuanca (2007), al caracterizar los hábitats de la “llaska” en siete comunidades de las penínsulas de Capachica y Chucuito; diferenció cinco hábitats, señalando que el tipo de hábitat juega un papel muy importante en la distribución y abundancia de la “llaska”. A continuación se describen los componentes y aspectos físicos más resaltantes de los hábitats de la “llaska”:

**Escarpadas rocosas con rápido declive (ERRD).**- En estos hábitats la roca de la orilla se profundiza en el lago hasta varios metros con una pendiente entre 50° hasta

90°, en este tipo de hábitat es posible observar solamente una franja de unos decenas de centímetros de “llaska” fijadas a la roca. La “llaska” en las rocas, brota y/o coloniza, muere y/o extingue según como el agua va tomando nuevos espacios en la roca o se va retirando. En algunas áreas de este hábitat existen rocas sumergidas que mejoran condiciones de hábitat para una mayor abundancia de la especie; sin embargo esto es temporal hasta que el agua incrementa. La “llaska” desarrolla en estos hábitats hasta una profundidad máxima de 0,25 m (Poccohuanca, 2007).

**Playas con arena y grava (PAG).**- Estos hábitats, parecen ser las más favorables para la “llaska” cuando se encuentran sumergidas entre 0,30 y 1,50 m de profundidad; ya que en menores profundidades las intensas olas remueven el fondo gravoso y junto con ella la vegetación existente. Estos hábitats se localizan más en las comunidades de Churo, Karina y San Juan de Hilata, en los cuales es posible encontrar franjas discontinuadas de vegetación de hasta 20 m. Estos hábitats corresponden a áreas litorales en playas donde el fondo acuático se profundiza muy suavemente y se enturbian con las olas intensas (Poccohuanca, 2007).

**Orillas con piedras medianas con suave declive (OPMSD).**- Corresponden a áreas acuáticas con presencia de rocas entre 5 hasta 20 cm de diámetro en promedio. El fondo acuático en estos hábitats se profundiza muy suavemente y las orillas corresponden a sustratos de tierra, por lo que se enturbian con mayor facilidad con el movimiento de las olas. La “llaska” se desarrolla en estos hábitats hasta una profundidad de 0,25 m y 0,50 m, presentando franjas discontinuadas de vegetación de gran tamaño (Poccohuanca, 2007).

**Orillas con piedras de gran tamaño (OPGT).**- Estas áreas presentan rocas desde varios decenas de centímetros combinados con rocas de gran tamaño; estos hábitats se caracterizan por presentar oleajes intensos; pero a pesar del mayor movimiento de sus aguas, se enturbian muy poco. En estos hábitats es posible encontrar grandes mechones de “llaska”, formando una sola colonia (de hasta 20 cm de diámetro). La “llaska” se desarrolla en estos hábitats hasta una profundidad de 0,50 m y en promedio 2 m de franja de vegetación paralelo a la orilla. Corresponden estos hábitats a áreas de extracción de la “llaska” (Poccohuanca, 2007).

**Orillas con fondo acuático limoso y totorales (OFALT).**- Corresponden a áreas protegidas de oleaje permanente, ya que como una situación natural estas áreas se comportan como trampas de limo y materia orgánica cuando fragmentos de vegetación que emerge de las profundidades y el limo que es arrastrado por las olas tienen que estabilizarse; se desarrolla la “llaska” sobre sustratos rocosos que emergen entre el limo y los totorales; a medida que se reducen los sustratos (rocas) y el poco oleaje llega también al límite de distribución de la “llaska” en estas áreas. La “llaska” se desarrolla en estos hábitats hasta una profundidad de 0,20 m (Poccohuanca, 2007).

#### 1.1.4 Algunos factores ambientales del hábitat de la “llaska”

**Relación N:P.**- La relación global de N:P en los hábitat de la “llaska” es de aproximadamente 1:1 (en peso), muy por debajo de lo que necesita el crecimiento del fitoplancton, que es alrededor de 10:1 (Wayne, Warwick, Connie, Heath, Peter, Xavier y Alfaro, 1991)

El fósforo es a menudo citado como el nutriente más importante en el control del fitoplancton en los lagos de las zonas templadas (Wayne, *et al.*, 1991); en el hábitat de la “llaska”, el nitrógeno es el nutriente limitante en las siete comunidades que se encuentran en las áreas de distribución del alga. Uno de los factores físicos que pueden favorecer la limitación por nitrógeno es la casi nula presencia de materiales orgánicos en aguas claras y el elevado índice de erosión de las rocas sedimentarias ricas en fósforo presentes en las orillas.

**Conductividad (CE).**- La conductividad eléctrica permite evaluar rápida pero muy aproximadamente la mineralización global del agua. La conductividad eléctrica en el hábitat de la “llaska” es de 0,296, hasta 1,406 mmhos/cm.

**Profundidad.**- La “llaska” se desarrolla desde los 0 metros de profundidad hasta un máximo de 1,2 m en promedio. Parte de la población puede sobrevivir fuera del agua abastecida de humedad y nutrientes por la acción del oleaje nocturno u oleaje casi permanente. Cuando las aguas se retiran de las superficies rocosas dejan colonias desprovistas de agua; por otro lado cuando el nivel del agua avanza hacia las orillas; por efecto del humedecimiento, las rocas que tienen “llaska” desecada

del período anterior (año anterior) rebrotan; todas estas sobreviven abastecidas de agua por la acción de las olas.

### 1.1.5 Biomasa de la “llaska”

Los mayores promedios de biomasa de “llaska” para el periodo lluviosos de los años 2006-2007, se encontraron en las comunidades campesinas de Ccotos con 852,8 g/m<sup>2</sup>, seguido de la comunidad de Escallani con 761,6 g/m<sup>2</sup> (Canales & Taquila, 2008).

Una estimación a partir de reportes de biomasa (g/m<sup>2</sup>) publicados por Canales & Taquila (2008) y mapeo de áreas de “llaska” realizados por Poccohuanca (2007) en las cinco comunidades de la península de Capachica (Ccotos, Siale, Llachon, Hilata y Escallani); nos pone de manifiesto que solamente obtendríamos un promedio de biomasa anual de 33 716,88 kg de “llaska” (4 228,42 kg de materia seca) de toda la península de Capachica; esto significa que el recurso no es fructuosamente abundante, y que para conservar y promover su uso es necesario desarrollar estrategias de manejo de hábitat que incrementen su producción.

## 1.2 Antecedentes

Acleto & Zúñiga (1998), reportaron a *Cladophora crispata*; como una especie que habita en ríos y lagos limpios, distribuyéndolo en Puno (península de Capachica) en el lago Titicaca.

CIED (2002), señalaron que un aspecto importante de la península de Capachica, es la presencia de un alga denominada “llaska”, que habita en zonas rocosas y aguas limpias. La población humana de este lugar recoge este recurso para consumirlas en mazamoras de “llaska”; constituyendo de esta forma una fuente proteínica más en la alimentación local; por su importancia probada, es necesario que su uso se haga sostenible, a fin de conservar y manejar este recurso.

Canales (2003), realizó la “evaluación ecológica de la “llaska” en la península de Capachica, determinando que el tipo de distribución espacial de la “llaska” en las comunidades de Siale y San Juan de Hilata (Chifrón) es agregada de acuerdo al nomograma de Clapham e índice de dispersión de 3,4; indicando que está amenazada en cuanto a disponibilidad y calidad de hábitat. El hábitat donde se desarrolla

adecuadamente la “llaska”, es donde existe piedra arenisca que le sirve como substrato para que la planta pueda adherirse.

Acleto (2006), clasificó la “llaska”, por encargo del Centro para el Desarrollo Sostenible (CEDESOS), a partir de una muestra obtenida en la comunidad de Hilata, señalando que se trataba de la especie *Cladophora crispata* (Roth) C. Agardh.

Pizarro (2006), realizó la caracterización bioecológica de la “llaska” en zona litoral de la península de Capachica, concluyendo, que; el mayor número de colonias se presentan en el mes de mayo en las comunidades de Chifrón y Llachón y el menor número de colonias se presenta en los meses de julio y agosto.

Poccohuanca (2007), para las zonas litorales de las penínsulas de Capachica y Chucuito en el lago Titicaca; reportó que la “llaska” presenta una distribución agregada, argumentando que el tipo de distribución es una respuesta a alguno de los parámetros de hábitat que influyen negativamente en su distribución.

Salas (2007), caracterizó los parámetros ambientales de hábitat natural y cultivó la especie mediante transplantes en su hábitat natural; concluyendo que la fluctuación de temperatura en el hábitat de “llaska” es de 13,4°C a 16,4°C y la profundidad varía de 0,69 m a 0,40 m, y concluyo además; que la zona de playa en época lluviosa es adecuada para el cultivo.

Aguilar (2008), formuló, elaboró y evaluó el porcentaje de mezcla adecuado de harina de “llaska” para la fabricación de galletas y néctar de mango a través de su contenido proteico y características organolépticas. La investigadora concluyó, que el porcentaje adecuado de sustitución de la harina de “llaska” es de 30%, con un aporte de proteínas de 7,01%, nivel en el cual las galletas son aceptables por sus características sensoriales. En el caso de néctares de mango es posible la sustitución o dilución hasta un 4% con un aporte de proteínas de 2,9%.

Canales & Taquila (2008) como conclusión a evaluaciones permanentes entre 2006 y 2007 para la época lluviosa (enero a abril y setiembre a diciembre) reportaron una biomasa numéricamente mayor para la comunidad de Ccotos con 852,8 g/m<sup>2</sup>, seguido por la comunidad de Escallani con 761,6 g/m<sup>2</sup>; alegando que la disponibilidad de substrato como son las piedras areniscas, permite mayor biomasa en las dos zonas donde se desarrolla esta alga respecto a las comunidades de San Juan de Ilata, Siale y

Llachón. En el mismo reporte para la época seca (mayo a agosto) obtuvieron biomazas casi homogéneas entre las cinco comunidades; con 492,8 g/m<sup>2</sup> de biomasa para San Juan de Hilata, 478,4 g/m<sup>2</sup> para la comunidad de Siale.

Millner, Sweeney & Frederick (1982), como resultado del estudio “Biomasa y distribución de *Cladophora glomerata* en relación a algunas variables físico-químicas en dos sitios en el lago Erie”, reportaron 211 g de biomasa/ m<sup>2</sup> para el mes de Julio; señalando a su vez, que; la distribución de la *Cladophora glomerata* fue influenciada por la profundidad, la actividad de las olas y la arena.

Banish (2017) señala como factor que influye durante el verano en la abundancia de biomasa de *Cladophora*, a la escorrentía, y señala que los ecosistemas que albergan a esta especie son enriquecidos con nutrientes estacionales; experimentándose una mayor dominancia en los ambientes bentónicos.

Higgins (2005), en tesis denominada “Modelando la dinámica del crecimiento de *Cladophora* en el sur este del lago Erie”, concluyó; que en los lagos y ríos templados del norte (lago Ontario), *Cladophora* generalmente sigue un patrón de crecimiento estacional con un pico más grande a mediados de verano seguido de un período de bajo crecimiento y luego un pico de biomasa otoñal más pequeño. Estacionalmente, la biomasa en la mayoría de los sitios aumentó lentamente hasta fines de junio, luego rápidamente hasta mediados de julio. Estos sitios mostraron un rango de biomasa máxima estacional desde 78 g de MS m<sup>2</sup> en el punto de Rathfon hasta 337 g de MS m<sup>2</sup> en el punto de Grant.

Higgins *et al.*, (2005) reportaron, valores de biomasa estacional entre <1 a 940 g / m<sup>2</sup> de masa seca (MS), con una media de 171 g / m<sup>2</sup> de MS. para *Cladophora glomerata* determinadas para 24 sitios rocosos en la costa norte oriental del Lago Erie, entre 1995-2002.

Ormond & Banaimoon (1994), resultado de la evaluación de la composición de especies y la ecología de las macroalgas que habitan en las costas rocosas de la costa de Hadramout en el sur de Yemen, confirmaron que existe un patrón estacional muy marcado en el crecimiento de las especies de algas y demostraron que existe una zonificación clara desde la intermareal superior a la inferior.

Cortez, Jaimes & Pérez, (2004); en un estudio realizado en la zona mesolitoral en la plataforma rocosa de los Cóbano, departamento de Sonsonete, el Salvador; menciona que *Cladophora sp.* alcanza hasta 2,8cm de alto y se desarrolla hasta los 25 cm aprox.; en tanto que la especie *Cladophora prolifera* (Roth) Kutzing desarrolla hasta 20 cm de alto sobre substratos rocosos, hasta una profundidad de 38 cm, pero ocasionalmente se extienden hasta los 10 m de profundidad cuando las condiciones son favorables.

Aponte & Ballantine (2001), como resultado del estudio sobre distribución de especies de algas con relación a la profundidad del agua en los arrecifes en Bahamas, concluyeron que, la cobertura de algas disminuyó de 57% a 16% a profundidades de 45 y 150 m. señalaron a su vez que el movimiento de la arena en el arrecife tiene una influencia sustancial en la cubierta de algas.

Collado, Gonzáles & Ecurra (1995), en relación a los parámetros de profundidad, y la salinidad, concluyen que estas variables muestran una importancia relativa con el desarrollo de la ficoflora. La primera presentó una relación inversa con el eje 1 ( $r=-0,56$ ,  $F=12,09$ ,  $P=0,002$ ) y la segunda una relación directa ( $r=0,48$ ,  $F=7,87$ ,  $P=0,009$ ).

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema

La alimentación es uno de los problemas que enfrentan las poblaciones de menores recursos económicos en el mundo. Esta problemática reflejado en la desnutrición infantil, se convierte en un obstáculo para que a futuro las personas se incorporen a la sociedad contemporánea. En la medida que es un daño que afecta a un alto porcentaje de la población, repercute en el desarrollo económico y social de los países y su inserción en la economía globalizada (Monckeberg, 2011).

Las perspectivas a nivel global nos señalan, que la seguridad alimentaria en muchas zonas pobres no mejorará sin incrementos sustanciales de la producción local. En el año 2030, centenares de millones de personas pobres seguirán padeciendo desnutrición, a menos que se conceda una prioridad más alta a la producción local de alimentos y se reduzca la desigualdad en el acceso a los alimentos (FAO, 2013).

Un alimento alternativo y de libre acceso para las localidades de Ccotos y Escallani de la península de Capachica, es la “llaska” (Canales, 2003); sus pobladores consumen y comercializan esta alga. Si bien se conocen algunos reportes de la ecología del alga, son aún insuficientes para planear el manejo del recurso.

## 2.2 Enunciado del problema

### Pregunta de investigación general

¿Es posible incrementar la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, modificando los parámetros físicos de hábitat: tamaño de sustrato (m) y profundidad (m) en su ambiente natural?

### Preguntas de investigación específicas

¿Existe relación entre los parámetros físicos: nivel de oleaje, tamaño de sustrato (m), profundidad (m) y pendiente de fondo acuático (%) y la producción (biomasa/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*?

¿Qué hábitat es más idóneo para la *Cladophora crispata*: escarpadas rocosas con rápido declive (ERRD), playas con arena y grava (PAG), orillas con piedras con suave declive (OPMSD), orillas con piedras de gran tamaño (OPGT) u orillas con fondo acuático limoso y totorales (OFALT)?.

¿Será posible incrementar la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, modificando los parámetros físicos de hábitat: tamaño de sustrato (m) y profundidad (m) en su ambiente natural?

## 2.3 Justificación

Los problemas referidos a seguridad alimentaria y de nutrición, se acentuarán cada vez más en el planeta y en nuestras localidades con pocas potencialidades y escasas oportunidades para mitigar el hambre, las sequías e incremento poblacional. Una de las alternativas para mitigar esta problemática, será sin duda, los productos alternativos como la “llaska”.

Los antecedentes nutricionales y relatos de los ancianos de Capachica; que señalan, que los pobladores en los años catastróficos de sequía; recurrieron a las algas “llaska” y “llullucha” para mitigar el hambre; fueron razones suficientes que nos persuadieron, para continuar con las investigaciones acerca de la producción y hábitat de la “llaska en sus mismos ambientes naturales.

Los aportes de investigación servirán para planear estrategias de manejo de la especie y problemas de seguridad alimentaria local.

## 2.4 Objetivos

### 2.4.1 Objetivo general

Determinar la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, “Llaska” en hábitats de áreas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani de la Península de Capachica – Puno.

### 2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la relación entre producción de biomasa (kg/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata* y parámetros físicos de hábitat: tamaño de sustrato (m), profundidad (m), nivel de oleaje (altura de cresta en m) y pendiente de fondo acuático (%).
- Evaluar y comparar índices de idoneidad de hábitats (HSI) para *Cladophora crispata* entre los hábitats en áreas litorales de Ccotos y Escallani– Puno
- Comparar la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, *in-situ* entre parcelas modificadas y hábitats naturales.

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

Ha: La modificación de parámetros físicos de hábitat de “llaska” incrementa significativamente la producción (biomasa/m<sup>2</sup>) en las zonas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani de la península de Capachica.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

Ha: Existe relación entre los parámetros físicos de hábitat [tipo de sustrato, tamaño de sustrato (m), profundidad (m), nivel de oleaje (altura de cresta en m) y pendiente de fondo acuático (%)] y producción de biomasa (kg/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata* en áreas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani de la península de Capachica – Puno.

Hipótesis estadística

$$H_0: \beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=0$$

$H_1$ : Al menos una  $\beta_j \neq 0$

$H_a$ : Existe al menos un hábitat diferente con mayor índice de idoneidad de hábitat para la población de *Cladophora crispata* en áreas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani – Puno.

$H_a$ : Existe diferencia en producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, entre parcelas modificadas y hábitats naturales.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Lugar de estudio

La investigación se realizó en las zonas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani, del distrito de Capachica, provincia y región de Puno. Las orillas en las zonas litorales están orientadas al noreste en Escallani y al este en Ccotos.



Figura 3. Ubicación de la zona de estudio de la “Ilaska”, comunidades de Ccotos y Escallani del distrito de Capachica – Puno.

### 3.2 Población y muestra

Se aplicó el método de muestreo probabilístico. La estimación del tamaño de muestra se realizó sobre la base de la información publicada por Pizarro (2006) quien reportó 40 datos de biomasa para la comunidad de Ccotos, realizados mediante muestreos probabilísticos; la media encontrada fue 1,111 kg y su varianza fue 0,1008 (Ver en anexo 2 cálculo de varianza). Para la estimación de la varianza de la población, dato que generalmente se desconoce, se pudo utilizar la estimación de la varianza de la población de otros estudios similares (Arriaza, 2006).

Para un nivel de confianza del 95%, el tamaño de muestra calculada fue:

$$n = \frac{z^2 s^2}{d^2}$$

Dónde:

$n$  : tamaño de la muestra

$Z$ : valor de  $Z$  crítico, calculado en las tablas del áreas de la curva normal. Llamado también nivel de confianza.

$S^2$ : Varianza de la población en estudio (obtenido de estudio similar).

$d$  : Error máximo tolerable = 5%

$$n = \frac{1,96^2 * 0,1008}{0,05^2} = 154,89$$

El tamaño estimado de muestra se distribuyó en función a la proporción territorial que representa cada hábitat en la comunidad de la siguiente forma:

- Para Ccotos: entre junio – agosto 2015 y enero - marzo 2016; se registraron mensualmente 5 muestras en OFALT, 9 muestras en OPGT, 5 muestras en PAG y 7 muestras en OPMSD.
- Para Escallani: entre junio – agosto 2015 y enero - marzo 2016; se registraron mensualmente 5 muestras en ERRD, 9 muestras en OPGT, 5 muestras en PAG y 7 muestras en OPMSD.

### 3.3 Métodos de investigación

La presente investigación utiliza el método de investigación cuantitativa, relaciona fenómenos naturales con prueba de hipótesis. Considera además tipos de investigación descriptiva y explicativa.

### 3.4 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

#### 3.4.1 Relación de la producción de biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de *Cladophora crispata* con parámetros físicos de hábitat.

Para la consecución de este objetivo se siguieron los pasos siguientes:

##### a) Delimitación de hábitats

En un mapa previamente elaborada, se delimitaron los hábitat de “llaska” para Ccotos: OFALT, OPGT, PAG y OPMSD y para Escallani: ERRD, OPGT, OPMSD y PAG (ver mapa de distribución de hábitat en anexo 1).

##### b) Registros de campo

Durante seis meses (junio-agosto 2015 y enero - marzo 2016), se recabaron *in-situ* datos de biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de “llaska”, a partir de parcelas de  $1\text{m}^2$  de cada punto de muestreo, correspondientes a los hábitats del alga; en cada punto de muestreo, se cortó la “llaska” de forma manual desde la unión del talo con el sustrato; las muestras obtenidas fueron pesadas de inmediato en una balanza de precisión de 0,01 gramos.

De acuerdo al tamaño de hábitat se tomaron mensualmente 5 muestras en OFALT, 5 muestras en ERRD, 18 muestras en OPGT, 10 muestras en PAG y 14 muestras en OPMSD distribuidos en ambas comunidades.

Además de la biomasa, los siguientes parámetros de hábitat fueron medidos en cada punto de muestreo:

**Nivel de oleaje:** se midió el tamaño mayor de cresta generada por las olas en los hábitats durante el registro de biomasa.

**Tamaño de sustrato:** El tamaño de sustrato se midió con una cinta métrica. Las mediciones se hicieron en los diámetros de los sustratos rocosos, arenosos o

gravosos distribuidos de manera uniforme en el cuadrante de 1m<sup>2</sup> donde se registró la biomasa. Se tomó el promedio como medida para el punto de muestreo.

**Profundidad del agua:** La profundidad, fue medido en cada punto donde se registró la biomasa, mediante la utilización de una barrilla metrada o simplemente con una regla métrica de 30 cm.

**Pendiente del fondo acuático:** esto es la inclinación del terreno que se continúa en el fondo acuático desde la orilla; fue medido con el uso de una escuadra y un medidor de ángulos colocados sobre una barrilla de metal (regla) arrimado sobre el fondo acuático y perpendicular a la orilla.

Los puntos de muestreo se distribuyeron sistemáticamente en un recorrido de sur a norte en los hábitats; cada 10 m en los hábitats OFALT y ERRD, cada 50 m en el hábitat PAG, cada 100 m en el hábitat OPMSD y cada 200 m aproximadamente en el hábitat OPGT.

### c) Sistematización de datos y análisis estadístico

En gabinete, se procesaron los datos, utilizando el Software estadístico Infostat; se relacionó, las variables: nivel de oleaje, tamaño de sustrato (m), profundidad (m) y pendiente de fondo acuático (%) con la biomasa (Kg/m<sup>2</sup>) de la “llaska”.

#### Análisis estadístico

En base a los datos: **X<sub>1</sub>**: Nivel de oleaje, **X<sub>2</sub>**: tamaño de sustrato, **X<sub>3</sub>**: profundidad, **X<sub>4</sub>**: pendiente de fondo acuático, obtenidos de las dos comunidades de 5 hábitats diferentes se construyeron los modelos matemáticos.

El modelo de regresión lineal múltiple que se planeó validar tuvo el siguiente modelo general:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_4 \cdot X_4 + u$$

$$\text{Biomasa} = b_0 + b_1 \cdot \text{nivel de oleaje} + b_2 \cdot \text{tamaño de sustrato} + b_3 \cdot \text{profundidad} + b_4 \cdot \text{pendiente de fondo acuático} + u$$

Los coeficientes **b** indica el incremento en la biomasa por el incremento unitario de la correspondiente variable explicativa.

### 3.4.2 Evaluación y comparación de índices de idoneidad de hábitats (HSI) para *Cladophora crispata* entre los hábitats.

Se consideró dos procedimientos: *primero* se determinaron los parámetros óptimos para cada parámetro de hábitat y seguidamente se determinaron los índices de idoneidad de hábitat.

#### **Determinación de los parámetros óptimos para el desarrollo de la *Cladophora crispata***

Al estar medidas las magnitudes de las variables (parámetros de hábitat de “llaska”) en unidades heterogéneas: nivel de oleaje (altura de cresta en m), tamaño de sustrato (m), profundidad del agua (m), pendiente de fondo acuático (%); no se pueden cuantificar resultados globales de HSI Total. Bajo esta premisa, fue necesario homogenizar las diferentes unidades de medida y, en último término, expresarlas todas ellas en unidades abstractas de valor (índice). En esta fase del proceso de evaluación; cuando, una vez determinado el valor de magnitud de los indicadores (nivel de oleaje, tamaño de sustrato, profundidad del agua, pendiente de fondo acuático) para el desarrollo algal; fue necesario su *transformación* en índice de calidad que dichas magnitudes representan para el desarrollo de la “llaska”.

La transformación es una de las fases más complejas y que requieren un desarrollo, en la investigación de efectos, muy importante, y acabaría en la definición de una función distinta para cada indicador de impactos que nos permite obtener el índice de calidad ambiental de un factor (CA) en función de la magnitud del impacto recibido (M) (Conesa, 1997).

$$CA_j = f (M_j)$$

La función de transformación expresa pues, la relación, para cada factor ambiental, entre su magnitud en unidades inconmensurables y la calidad ambiental que convencionalmente hacemos variar entre 0 y 1.

Cuantitativamente, para obtener valores de calidad comparables, al extremo óptimo de calidad ambiental se le asignó el 1 y al valor desfavorable extremo el 0, quedando comprendidos entre ambos extremos los valores intermedios para definir estados de calidad del factor ambiental.

Los parámetros de hábitat positivos o beneficiosos, cuya presencia mejora el desarrollo de la “llaska”, presentaron funciones directas, con pendiente positiva y los parámetros ambientales negativos, perjudiciales o indeseables, cuya presencia merma el desarrollo de la “llaska” presentaron funciones inversas, con pendientes negativas.

Para cada valor disponible en magnitud, bastó llevarlo sobre las abscisas de la función de evaluación o de transformación, y obtener en ordenadas el valor de la calidad de hábitat de cada factor.

Para obtener las funciones de transformación se procedió de la siguiente manera (Conesa, 1997):

1. Se partió de la máxima información: relación variable de hábitat considerado con la biomasa, a partir de los registros obtenidos de la totalidad de datos de campo.
2. En el eje de abscisas, se colocó una escala de tal manera que el menor valor posible de la variable de hábitat coincida con el cero y el máximo con el extremo derecho de la gráfica.
3. En el eje de ordenadas, se situó  $CA = 0$  en el origen y  $CA = 1$ , en el extremo superior de la gráfica, dividiendo el segmento en partes iguales.

De esta forma se obtuvieron los niveles óptimos para cada variable de hábitat en el desarrollo de la “llaska”.

#### **Determinación de índices de idoneidad de hábitat (HSI):**

Para darle estructura al modelo de hábitat actual y potencial de la “llaska”, se utilizó la metodología conocida como el Procedimiento para la Evaluación de Hábitats, más conocida como (HEP), propuesta por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (Segura, 1995). Esta metodología asume que el valor de una determinada área para la vida silvestre se puede estimar utilizando un índice de calidad o apropiabilidad de hábitat (habitat suitability index ó HSI), que varía en una escala de 0 a 1.

### Modelo “índice de adecuación de hábitat” (HSI)

Con datos de biomasa de “llaska” y registros de parámetros físicos de hábitat se determinaron los modelos HSI para cada hábitat bajo el modelo propuesto por USFWS (1978) y adaptado por Padilla, Gonzales, Gonzales & Uvalle (2005):

$$HSI_j = (2HSI_{n.oleaje} + HSI_{tam.sustrato} + HSI_{prof.} + HSI_{pendiente})/5$$

Donde  $HSI_j$  es el índice de idoneidad del hábitat en el tiempo cero ( $t_0$ ) (modelo estático) para un hábitat específico,  $HSI_{n.oleaje}$ : nivel de oleaje,  $HSI_{tam.sustrato}$ : tamaño de sustrato,  $HSI_{prof.}$ : profundidad del agua,  $HSI_{pendiente}$ : pendiente de fondo acuático. El atributo nivel de oleaje fue ponderado por 2, debido a que se considera de suma importancia para la “llaska” y dado los resultados de diversos estudios realizados para la especie.

Se agrupó los hábitats en intervalos de valores y se etiquetaron según el valor HSI en cuatro categorías (Inapropiada 0 a 0,25, Baja 0,26 a 0,46, Media 0,47 a 0,67 y Alta 0,68 a ~ 1).

### Análisis estadístico

Para determinar la diferencia en idoneidad de hábitat entre los hábitats: **ERRD** = escarpadas rocosas con rápido declive, **PAG** = playas con arena y grava, **OPMSD** = orillas con piedras medianas con suave declive, **OPGT** = orillas con piedras de gran tamaño y **OFALT** = orillas con fondo acuático limoso y totorales, se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis, ( $p < 0.05$ ).

$$H = \frac{1}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R^2_i}{n} - 3(N+1)$$

Dónde:

$k$  = Número de hábitats.

$n_i$  = Número de observaciones del  $i$ -ésimo hábitat.

$N$  = Número total de índices de idoneidad de hábitat determinados.

$R_i$  = Suma de los rangos del  $i$ -ésimo hábitat.

### 3.4.3 Comparación de la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, in-situ entre parcelas con modificación de sus parámetros físicos: tamaño de sustrato (m), profundidad (m) y hábitats naturales.

Con los resultados del primer objetivo, relación de parámetros físicos de y biomasa y los HSI hallados para los hábitats, se modificaron parcelas de 25 cm de ancho perpendicular a la orilla, los parámetros físicos de hábitat: tamaño de sustrato (entre 18 hasta 35 cm), pendiente de fondo acuático (entre 5 a 15 % de inclinación) y además se adecuó la parcela para una mejor inundación de la parcela por el oleaje; considerando a estos como requisitos vitales para la “llaska” entre los factores físicos. “El manejo de hábitat depende en gran medida de los requerimientos vitales de las especies de interés, cuyo conocimiento permite manipular la composición y la entremezcla del ambiente y con ello incrementar la densidad de las poblaciones” (Ojasti & Dallmeier, 2000).

Para la consecución del objetivo, se instalaron 4 parcelas demostrativas de producción de “llaska” distribuidos en los hábitats con mayor HSI: Orillas con piedras de gran tamaño (con  $HSI_{OPGT} = 0,49$  en Ccotos y 0,88 en Escallani); Orillas con piedras medianas que se profundizan suavemente (con  $HSI_{OPMSD} = 0,44$  en Ccotos y 0,74 en Escallani); los hábitats piloto han sido diseñados, considerando la condición óptima de cada una de las variables conocidas (tamaño de sustrato óptimo, pendiente de fondo acuático y nivel de oleaje), 8 meses después de haberse preparado las parcelas, se registraron los parámetros físicos y biomasa (en área de 0,25m x 0,25m), tanto en hábitats piloto como en las áreas próximas; estas últimas como testigos.

El seguimiento se realizó 1 vez por mes, por un lapso de 6 meses distribuidos en época seca y lluviosa.

Los datos sirvieron para comparar la existencia de una significancia en producción entre las parcelas con tratamiento y sin tratamiento.

#### **Análisis estadístico**

La significación de biomasa entre parcelas piloto y áreas naturales, se realizó con la prueba bioestadística no paramétrica de Kruskal Wallis ( $p < 0,05$ ).

## CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**4.1 Relación de la biomasa ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) de *Cladophora crispata* con parámetros físicos de hábitat: tamaño de sustrato (m), profundidad (m), nivel de oleaje (altura de cresta en m) y pendiente de fondo acuático (%).**

La mayor biomasa de “llaska” ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) expresada en peso húmedo, fue encontrado en los hábitats: OPGT ( $\bar{x}=0,47 \text{ Kg}/\text{m}^2$  en Ccotos) y OPMSD ( $\bar{x}=0,31 \text{ Kg}/\text{m}^2$  en Escallani) (Tabla 1).

Tabla 1

*Biomasa ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) de *Cladophora crispata* en hábitats de áreas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani de la península de Capachica.*

	HABITATS					
	OPGT		OPMSD	PAG	OFALT	ERRD
	CC	CE	CC - CE	CE	CC	CE
N	46	67	100	40	28	28
Media	0,47	0,15	0,27	0,19	0,17	0,17
D.S.	0,41	0,14	0,23	0,19	0,16	0,16
Var (n-1)	0,17	0,02	0,06	0,04	0,02	0,02
CV (%)	87,17	95,46	88,32	98,93	92,92	92,92
Min	0,01	0,00	0,00	0,00	1,0E-03	1,0E-03
Max	1,78	0,48	0,81	0,75	0,52	0,52

Fuente: Registros de campo, 2015-2016. Hábitats: ERRD: escarpadas rocosas con rápido declive, PAG: playas con arena y grava, OPMSD: orillas con piedras con suave declive, OPGT: orillas con piedras de gran tamaño u OFALT: orillas con fondo acuático limoso y totorales.

Los hábitats que registraron menor biomasa de “llaska” ( $\text{kg/m}^2$ ) fueron: PAG ( $\bar{x}=0,19 \text{ Kg/m}^2$  en Escallani), OFALT ( $\bar{x}=0,17 \text{ Kg/m}^2$  en Ccotos) y ERRD ( $\bar{x}=0,17 \text{ Kg/m}^2$  en Escallani). La alta heterogeneidad de los valores de biomasa, refleja igualmente cambios muy notorios en los componentes físicos presentes en los hábitats; donde es casual encontrar en los hábitats, parches de grava o componentes alternados entre rocas y gravas. La dispersión de los valores es resultado además de la variación estacional.

Para verificar la primera hipótesis del estudio, se procesaron los datos en el software INFostat, cuyo objeto fue determinar la correlación tipo Pearson entre biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) y parámetros de hábitat: nivel de oleaje (m), tamaño de sustrato (m), profundidad del agua (m) y pendiente de fondo acuático (%); obteniéndose una relación lineal positiva significativa para nivel de oleaje en cuatro hábitats (ver Tabla siguiente); mientras que la relación con otros parámetros de hábitat, difieren según tipo de hábitat. La asociación de al menos un parámetro de hábitat con la variable respuesta, confirma la hipótesis 1 ( $H_a$ ) de la investigación.

Tabla 2

*Correlación R de Pearson entre parámetros físicos de hábitat y la biomasa de Cladophora crispata en áreas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani de la península de Capachica.*

	HABITATS								
	OPGT		OPMSD		PAG		OFALT	ERRD	
	CC	CE	CC	CE	CC	CE	CC	CE	
PARAMETROS DE HABITAT	Nivel de oleaje (m)	r=0,39 (p<0,005)	r=0,42 (p<0,005)		r=0,48 (p=0,0003)*		r= 0,70 (p=0,0002)		r= 0,62 (p=0,002)
	Tamaño de sustrato (m)					r=0,63 (p<0,005)			
	Profundidad (m)	r=0,58 (p<0,005)		r=0,69 (p<0,0001)*				r=0,47 (p=0,0415)	r= -0,54 (p=0,010)
	Pendiente (%)			r=0,70 (p<0,0001)	r=-0,41 (p<0,005)*	r= 0,77 (p=0,0008)*			
						r= 0,77 (p<0,0001)*			

Fuente: Registros de campo, 2015-2016. Hábitats: ERRD: escarpadas rocosas con rápido declive, PAG: playas con arena y grava, OPMSD: orillas con piedras con suave declive, OPGT: orillas con piedras de gran tamaño u OFALT: orillas con fondo acuático limoso y totorales. \*: Presentan muy alto coeficiente de variabilidad.

Las pruebas de significancia estadística, muestran que los parámetros físicos tienen distintas relaciones con la biomasa en cada uno de los hábitats evaluados; únicamente el oleaje presenta una relación positiva moderada que se hizo común en todos los hábitats. Collado (1997), al referirse sobre aspectos ecológicos en algas marinas, señala al oleaje, como uno de los principales factores que afectan su desarrollo. Canales (2003), señala, qué; la “llaska” solo vive en aguas limpias y fluctuaciones promedio de oleaje de 0,40 a más de 1 m.

El único hábitat en el cual no hay una relación significativa de la biomasa con el oleaje, es el hábitat OFALT (hábitat: orillas con fondo acuático limoso y totorales). En este hábitat los totorales ralos y densos reducen la interacción directa del hábitat de la “llaska” con el oleaje; reduciéndose enormemente los efectos de este factor sobre la especie estudiada. Quirós *et al.* (2002), señala que la acción del oleaje sería menor en las lagunas donde existe protección mecánica ejercida por los macrófitos; para el caso de la tesis; el totoral hace esta acción.

Otro factor que condicionó el desarrollo de la “llaska” en los hábitats estudiados, fue la profundidad. Este factor físico presentó una correlación positiva moderada en los hábitats: OPGT<sub>Ccotos</sub> ( $r=0,58$ ), OPMSD<sub>Ccotos</sub> ( $r=0,69$ ) y OFALT<sub>Ccotos</sub> ( $r=0,47$ ); contrariamente en el hábitat ERRD<sub>Escallani</sub> la correlación fue negativa ( $r=-0,54$ ). Cabe indicar, que los valores de profundidad registrados en los hábitats estuvieron sujetas a las fluctuaciones del nivel del lago. Poccohuanca (2007), al respecto señaló, que la “llaska” en las rocas, brota y/o coloniza, muere y/o extingue según como el agua va tomando nuevos espacios en la orilla o se va retirando de ella.

Los detalles de la relación de los factores físicos señalados, con los valores de biomasa, se detallan a continuación, para cada uno de los hábitats estudiados.

#### **a) Hábitat: Orillas con piedras de gran tamaño (OPGT)-Ccotos**

Las pruebas de significancia estadística muestran para el hábitat OPGT en Ccotos, que; dos de cuatro parámetros de hábitat (oleaje y profundidad) tienen correlación positiva moderada con biomasa  $r=0,391$  y  $r=0,578$  respectivamente. Ambas correlaciones fueron significativas ( $p<0,005$ ) (ver anexo 4 y Tabla 4).

Tabla 3

*Resumen de estadísticos de prueba para modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPGT Ccotos.*

Modelo	$Y=0,200+3,370X_1-0,116X_2+0,667X_3-0,005X_4$	$Y=0,316+0,875X_3$
$\bar{x}$	0,47	0,47
r		0,578
R <sup>2</sup>	0,484	0,33
R <sup>2</sup> ajustado	43%	33%
Observaciones	46	46
Significancia global	Significativo: p-valor=0,1973>0,05	p-valor<0,0001<0,05 (Significativo)
Significancia parcial	X <sub>1</sub> : Significativo, p-valor=0,0037<0,05 X <sub>2</sub> : No significativo, p-valor=0,6427>0,05 X <sub>3</sub> : Significativo, p-valor=0,0025<0,05 X <sub>4</sub> : No significativo, p-valor=0,2170>0,05	X <sub>3</sub> : p-valor<0,0001<0,05 (Significativo)
Multicolinealidad	X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub> : 0,916 Si hay X <sub>1</sub> -X <sub>4</sub> : 0,597 Si hay X <sub>3</sub> -X <sub>4</sub> : -0,534 Si hay	

Fuente: Anexo 4 y Tabla 4.

De las variables X<sub>1</sub>=oleaje y X<sub>3</sub>= profundidad, solamente la profundidad tiene relación con la biomasa de la “llaska” con valor de R<sup>2</sup> = 0,334 (Ver anexo 4).

Tomando la información sobre los coeficientes de regresión lineal (Tabla 4), se puede escribir la ecuación del modelo ajustado.

$$\text{Biomasa} = 0,316 + 0,875 (\text{profundidad})$$

Contraste de hipótesis

Hipótesis nula H<sub>0</sub>: β<sub>i</sub>=0, X<sub>3</sub> no influye en Y.

Hipótesis alternativa H<sub>1</sub>: β<sub>i</sub>≠0, X<sub>3</sub> influye en Y

La prueba t indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir que a mayor profundidad se incrementa la biomasa de la “llaska” (t=4,696; gl: 45; p<0,0001).

Tabla 4

*Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPGT Ccotos.*

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	46	0,334	0,319	0,125	35,320	40,806

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	0,316	0,060	0,195	0,438	5,246	0,0001		
X <sub>3</sub>	0,875	0,186	0,500	1,251	4,696	0,0001	22,580	1,000

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,553	1	2,553	22,048	<0,0001
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	2,553	1	2,553	22,048	<0,0001
Error	5,094	44	0,116		
Total	7,647	45			

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

En el análisis de varianza,  $F_c = 22,048 > F_{0,05;1,44} = 4,085$ ; de manera que, se rechaza la hipótesis H<sub>0</sub> y se concluye que el modelo es bueno para explicar Y o que la profundidad del agua está relacionado de manera lineal con la biomasa de la “llaska”.

Con un riesgo de error tipo I, se puede afirmar que las evidencias muestrales sugieren que la variable profundidad (X<sub>3</sub>), en el hábitat OPGT en Ccotos; muestra un efecto significativo en el modelo (P-valor<0,0001), en tanto que las variables oleaje (X<sub>1</sub>), tamaño de sustrato (X<sub>2</sub>) y pendiente de fondo acuático (X<sub>4</sub>), no muestran efecto significativo en el modelo.

#### **b) Hábitat: Orillas con piedras de gran tamaño (OPGT) – Escallani**

Para el hábitat OPGT en Escallani, las pruebas de significancia estadística muestran que, el oleaje es el único factor físico que influye sobre la biomasa, con una correlación baja  $r=0,415$ ,  $p=0,0005$  (ver anexo 5 y Tabla 6).

Para el hábitat OPGT en Escallani,  $R^2 = 0,16$ ; esto indica, que solamente el 16% de la variabilidad de la biomasa depende del factor físico oleaje. Los demás factores físicos no tienen relación con la variación de la biomasa ( $p<0,05$ ).

Tabla 5

*Resumen de estadísticos de prueba el para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPGT – Escallani.*

Modelo	$Y = -0,012 + 0,878X_1 + 0,059X_2 + 0,074X_3 + 0,0003X_4$	$Y = -0,021 + 0,943X_1$
$\bar{x}$	0,15	0,15
r		0,415
R <sup>2</sup>	0,185	0,17
R <sup>2</sup> ajustado	13%	16%
Observaciones	67	67
Significancia global	Significativo: p-valor=0,0119<0,05	p-valor<0,0005<0,05 (Significativo)
Significancia parcial	X <sub>1</sub> : Significativo, p-valor=0,0027<0,05 X <sub>2</sub> : No significativo, p-valor=0,4147>0,05 X <sub>3</sub> : No significativo, p-valor=0,5477>0,05 X <sub>4</sub> : No significativo, p-valor=0,7079>0,05	X <sub>3</sub> : p-valor<0,0005<0,05 (Significativo)
Multicolinealidad	X1-X2: 0,916 Si hay X2-X4: 0,882 Si hay	

Fuente: Anexo 5 y Tabla 11.

Al eliminar las variables regresoras que no muestran relación con la biomasa, se tienen los siguientes resultados y la ecuación del modelo ajustado para el hábitat OPGT Escallani.

Con los coeficientes de regresión lineal (Tabla 6), se puede escribir la ecuación del modelo ajustado.

$$\text{Biomasa} = 0,021 + 0,943 (\text{oleaje})$$

#### Contraste de hipótesis

Hipótesis nula  $H_0: \beta_i=0$ ,  $X_1$  no influye en  $Y$ .

Hipótesis alternativa  $H_1: \beta_i \neq 0$ ,  $X_1$  influye en  $Y$

Puesto que la significación o P-valor = 0,0005<0,05 se concluye que hay diferencia significativa entre 0 y el valor de  $\beta_i$ ; podemos decir, que hay evidencia estadística para afirmar que el incremento del oleaje influye significativamente en la variación de la biomasa de la “llaska” en el hábitat OPGT en Escallani. Se rechaza la hipótesis nula  $H_0=\beta_3=0$  y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 6

*Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPGT Escallani.*

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	67	0,172	0,160	0,017	-81,333	-74,782

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	0,021	0,037	-0,054	0,096	0,565	0,5343		
X <sub>1</sub>	0,943	0,256	0,431	1,455	3,679	0,0005	14,343	1,000

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,222	1	0,222	13,533	0,0005
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,222	1	0,222	13,533	0,0005
Error	1,064	65	0,016		
Total	1,286	66			

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>).

En el análisis de varianza,  $F_c = 13,533 > F_{0,05;1,65} = 3,150$ ; de manera que, se rechaza la hipótesis  $H_0$  y se concluye que el modelo es bueno para explicar Y o que oleaje del agua está relacionado de manera lineal con la biomasa de la “llaska”.

Con un riesgo de error tipo I, se puede afirmar que las evidencias muestrales sugieren que la variable Oleaje (X<sub>1</sub>), en el hábitat OPGT en Escallani; muestra un efecto significativo en el modelo (P-valor=0,0005), en tanto que las variables tamaño de sustrato (X<sub>2</sub>), profundidad (X<sub>3</sub>) y pendiente de fondo acuático (X<sub>4</sub>), no muestran efecto significativo en el modelo.

**c) Hábitat: Orillas con piedras medianas con suave declive (OPMSD)**

Para el hábitat OPMSD, las pruebas de significancia estadística muestran que, la profundidad tiene correlación fuerte con biomasa  $r=0,696$ , ( $p<0,0001$ ) (ver anexo 6 y Tabla 8).

Tabla 7

*Resumen de estadísticos de prueba para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPMSD.*

Modelo	$Y=-0,086-0,495X_1+ 0,880X_2+0,910X_3-0,001X_4$	$Y=0,137+0,966X_3$
$\bar{x}$	0,27	0,27
r		0,696
R <sup>2</sup>	0,506	0,485
R <sup>2</sup> ajustado	48%	48%
Observaciones	100	100
Significancia global	Significativo: p-valor<0,0001	p-valor<0,0001<0,05 (Significativo)
Significancia parcial	X <sub>1</sub> : No significativo, p-valor=0,3321>0,05 X <sub>2</sub> : No significativo, p-valor=0,0730>0,05 X <sub>3</sub> : Significativo, p-valor<0,0001<0,05 X <sub>4</sub> : No significativo, p-valor=0,6440>0,05	X <sub>3</sub> : p-valor<0,0001<0,05 (Significativo)
Multicolinealidad	X1-X4: 0,506 Si hay	

Fuente: Anexo 6 y Tabla 8.

Según los análisis efectuados, la profundidad influye significativamente en la variación de la biomasa en el hábitat OPMSD ( $p<0,0001$ ); es decir, presenta una relación lineal significativa. El nivel de oleaje, tamaño de sustrato y pendiente de fondo acuático presentaron valores  $p=0,3321$ ,  $p=0,0730$  y  $p=0,6440$  respectivamente (ver anexo 6); es decir no tienen relaciones lineales con biomasa. Es necesario señalar, que en este tipo de hábitat los tamaños de los sustratos son casi homogéneos y consecuentemente el oleaje se distribuye también de manera uniforme en toda la extensión del hábitat. Obsérvese además un valor de  $R^2 = 0,506$ ; esto indica que el 50,6% de la variabilidad de los datos es explicada por dicha correlación. La biomasa media estimada en el hábitat alcanza a  $0,27 \text{ Kg/m}^2$ .

Al eliminar las variables regresoras que no muestran relación con la biomasa, se tienen los siguientes resultados y la ecuación del modelo ajustado para el hábitat OPMSD.

Tabla 8

*Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OPMSD*

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	100	0,485	0,480	0,030	-67,366	-59,550

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	0,137	0,022	0,095	0,180	6,373	<0,0001		
X <sub>3</sub>	0,966	0,101	0,767	1,166	9,603	<0,0001	92,288	1,000

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,645	1	2,645	92,210	<0,0001
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	2,645	1	2,645	92,210	<0,0001
Error	2,811	98	0,029		
Total	5,456	99			

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

Tomando la información de los coeficientes de regresión lineal se puede escribir la ecuación del modelo ajustado.

$$\text{Biomasa} = 0,137 + 0,966 (\text{profundidad})$$

Contraste de hipótesis

Hipótesis nula H<sub>0</sub>: β<sub>3</sub>=0, X<sub>3</sub> no influye en Y.

Hipótesis alternativa H<sub>1</sub>: β<sub>3</sub>≠0, X<sub>3</sub> influye en Y

Obsérvese que el P-valor para X<sub>3</sub> es <0,0001, con lo que se rechaza la hipótesis nula H<sub>0</sub>=β<sub>3</sub>=0, concluyéndose que la profundidad si influye en la biomasa de la “llaska” en el hábitat OPMSD en Ccotos y Escallani.

En el análisis de varianza, Fc = 92,210 > F<sub>0,05;1,98</sub>=3,087; por lo tanto, se rechaza la hipótesis H<sub>0</sub> y se concluye que el modelo es bueno para explicar Y o que la profundidad del agua está relacionado de manera lineal con la biomasa de la “llaska”.

Con un riesgo de error tipo I, se puede afirmar que las evidencias muestrales sugieren que la variable Profundidad (X<sub>3</sub>), en el hábitat OPMSD en Ccotos y Escallani; muestra un efecto significativo en el modelo (P-valor<0,0001), en tanto que las variables nivel

de oleaje ( $X_1$ ), tamaño de sustrato ( $X_2$ ) y pendiente de fondo acuático ( $X_4$ ), no muestran efecto significativo en el modelo.

El hábitat OPMSD presenta tamaños de sustratos uniformes, lo que favorece una distribución uniforme del oleaje; en un hábitat de estas características la biomasa incrementa con la profundidad, esto como resultado de tiempo de residencia que tendría el alga cuando ocurren crecidas de nivel de agua (ver anexo 3). La temperatura es determinante en la distribución geográfica, es un limitante en el crecimiento de las algas marinas (Marshall, 1991); además afecta en los patrones estacionales de crecimiento. Durante la bajamar, suelen producirse cambios de temperatura amplios y rápidos en las aguas someras de la orilla. La radiación solar provoca que se alcancen temperaturas muy altas en las superficies expuestas (Tejada, 2002).

**d) Hábitat: Playas con arena y grava (PAG) - Escallani**

Para el hábitat PAG, las pruebas de significancia estadística nos muestran que, el oleaje y tamaño de sustrato, tienen correlación fuerte con biomasa  $r=0,704$  y  $r=0,631$  ( $p<0,0004$ ) respectivamente (ver anexo 7 y Tabla 10).

Tabla 9.

*Resumen de estadísticos de prueba para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat PAG.*

Modelo	$Y=-0,355+2,131X_1+ 3.923X_2-0,073X_3+0,004X_4$	$Y=-0,337+0,091(X_1)+3,779(X_2)$
$\bar{x}$	0,19	0,19
r		0,712
R <sup>2</sup>	0,600	0,596
R <sup>2</sup> ajustado	55,5%	57,4%
Observaciones	40	40
Significancia global	Significativo: p-valor=0,0006	p-valor<0,0003<0,05 (Significativo)
Significancia parcial	X <sub>1</sub> : Significativo, p-valor=0,0002<0,05 X <sub>2</sub> : Significativo, p-valor=0,0049<0,05 X <sub>3</sub> : No significativo, p-valor=0,5633>0,05 X <sub>4</sub> : No significativo, p-valor=0,6345>0,05	X <sub>1</sub> : p-valor<0,0001<0,05 (Significativo) X <sub>2</sub> : p-valor <0,0045 <0,05 (Significativo)
Multicolinealidad	X1-X2: 0,509 Si hay X2-X4: 0,804 Si hay	

Fuente: Anexo 7 y Tabla 10.

Al eliminar las variables regresoras que no muestran relación con la biomasa, se tienen los siguientes resultados.

Tabla 10.

*Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat PAG – Escallani.*

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	40	0,596	0,574	0,019	-48,339	-41,584

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	-0,337	0,084	-0,507	-0,167	-4,008	<0,0003		
X <sub>1</sub>	2,091	0,491	1,096	3,087	4,255	<0,0001	19,659	1,349
X <sub>2</sub>	3,779	1,249	1,249	6,310	3,026	<0,0045	10,942	1,349

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,843	2	0,422	27,237	<0,0001
X <sub>1</sub> =Oleaje (cresta en m)	0,280	1	0,280	18,109	0,0001
X <sub>2</sub> =Tam sustrato (m)	0,142	1	0,142	9,156	0,0045
Error	0,573	37	0,015		
Total	1,416	39			

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

Tomando la información sobre los coeficientes de regresión lineal se puede escribir la ecuación del modelo ajustado.

$$\text{Biomasa} = -0,337 + 2,091 (\text{oleaje}) + 3,779 (\text{tam. Sustrato})$$

Contraste de hipótesis

Hipótesis nula H<sub>0</sub>: β<sub>1</sub>=β<sub>2</sub>=0, X<sub>2</sub> no influye en Y.

Hipótesis alternativa H<sub>1</sub>: β<sub>1</sub>≠0, X<sub>1</sub> influye en Y

Obsérvese que el P-valor para X<sub>1</sub> = 0,0001 y X<sub>2</sub> = 0,0001, con lo que se rechaza la hipótesis nula H<sub>0</sub>: β<sub>1</sub>=β<sub>2</sub>=0, concluyéndose que el oleaje y el tamaño de sustrato, si influyen en la biomasa de la “llaska” en el hábitat PAG en Escallani.

En el análisis de varianza,  $F_c = 27,237 > F_{0,05,1,37} = 4,085$ ; por lo tanto, se rechaza la hipótesis  $H_0$  y se concluye que el oleaje y el tamaño de sustrato están relacionados de manera lineal positiva con la biomasa de la “llaska”.

Con un riesgo de error tipo I, se puede afirmar que las evidencias muestrales sugieren que las variables oleaje ( $X_1$ ), y tamaño de sustrato ( $X_2$ ), en el hábitat PAG en Escallani; muestran un efecto significativo en el modelo ( $P\text{-valor} < 0,0001$ ).

La *Cladophora* en playas con grava y escasa profundidad permanece mejor que en playas meramente arenosas; Millner, Sweeney & Frederick (1982), alegaban que, la profundidad y la actividad de las olas en hábitats con arena influenciaban la distribución de la *Cladophora*; este mismo patrón parece suceder en los hábitat con grava y arena en los hábitats estudiados. La cada vez mayor pendiente, libera la presión de las olas y de esta manera se evita la remoción de la arena movediza en forma permanente. El movimiento de la arena tiene una influencia sustancial en la cubierta de algas (Aponte & Ballantine, 2001).

Canales (2003), destacó la importancia del sustrato rocoso (piedra arenisca) como componente del hábitat para el desarrollo de la “llaska”, es donde existe piedra arenisca que le sirve como sustrato para que la planta pueda adherirse. *Cladophora* habita en costas rocosas (Higgins *et al.*, 2005, Ormond & Banaimoon, 1994); desarrolla hasta 20 cm de alto sobre sustratos rocosos, hasta una profundidad de 38 cm (Cortez, Jaimes & Pérez, 2004).

**e) Hábitat: Orillas con fondo acuático limoso y totorales (OFALT)**

Las pruebas de significancia estadística para el hábitat OFALT, muestran que, la biomasa tiene relación con el factor físico profundidad  $r = 0,474$  ( $p = 0,0415$ ) (ver anexo 8 y Tabla 12).

Tabla 11.

*Resumen de estadísticos de prueba para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OFALT.*

Modelo	$Y = 0,042 - 1,66X_1 - 0,078X_2 + 0,497X_3 + 0,016X_4$	$Y = 0,043 + 0,621X_3$
$\bar{x}$	0,10	0,10
r		0,474
R <sup>2</sup>	0,344	0,22
R <sup>2</sup> ajustado	23,0%	19,5%
Observaciones	28	28
Significancia global	Significativo: p-valor=0,0389	p-valor=0,0108<0,05 (Significativo)
Significancia parcial	X <sub>1</sub> : No significativo, p-valor=0,3300>0,05 X <sub>2</sub> : No significativo, p-valor=0,8940>0,05 X <sub>3</sub> : Significativo, p-valor=0,0415<0,05 X <sub>4</sub> : No significativo, p-valor=0,2098>0,05	X <sub>3</sub> : p-valor=0,0108<0,05 (Significativo)
Multicolinealidad	X1-X2: 0,646 Si hay X2-X3: 0,546 Si hay X2-X4: 0,854 Si hay	

Fuente: Anexo 8 y Tabla 12.

Tomando la información sobre los coeficientes de regresión lineal (Tabla 12) se puede escribir la ecuación del modelo ajustado.

$$\text{Biomasa} = 0,053 + 0,621 (\text{profundidad})$$

Contraste de hipótesis

Hipótesis nula  $H_0: \beta_3 = 0$ ,  $X_3$  no influye en Y.

Hipótesis alternativa  $H_1: \beta_3 \neq 0$ ,  $X_3$  influye en Y

Obsérvese que el P-valor para  $X_3 = 0,0108$ , con lo que se rechaza la hipótesis nula  $H_0 = \beta_3 = 0$ , concluyéndose que la profundidad si influye en la biomasa de la “llaska” en el hábitat OFALT en Ccotos.

Tabla 12.

*Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat OFALT*

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	28	0,225	0,195	0,023	-26,306	-22,309

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	0,04	0,053	-0,066	0,152	0,809	0,4257		
X <sub>3</sub>	0,621	0,226	0,156	1,086	2,744	0,0108	8,289	1,000

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,150	1	0,150	7,531	0,0108
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,150	1	0,150	7,531	0,0108
Error	0,517	26	0,020		
Total	0,667	27			

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

En el análisis de varianza,  $F_c = 7,531 > F_{0,05,1,26} = 4,225$ ; por lo tanto, se rechaza la hipótesis H<sub>0</sub> y se concluye que el modelo es bueno para explicar Y o que la profundidad está relacionado de manera lineal positiva con la biomasa de la “llaska”.

Con un riesgo de error tipo I, se puede afirmar que las evidencias muestrales sugieren que la variable profundidad (X<sub>3</sub>), en el hábitat OFALT en Ccotos; muestra un efecto significativo en el modelo (P-valor=0,0108), en tanto que las variables no muestran efecto significativo en el modelo.

**f) Hábitat: Escarpadas rocosas con rápido declive (ERRD)**

Las pruebas de significancia estadística para el hábitat ERRD, muestran que, el oleaje presenta correlación positiva moderada con biomasa  $r=0,415$  ( $p=0,0021$ ) y la profundidad una correlación negativa moderada  $r=-0,537$  ( $p=0,0102$ ). (Ver anexo 09 y Tabla 14).

En el hábitat ERRD los factores físicos oleaje y profundidad influyen en la variabilidad de la biomasa de la “llaska”, con un valor de  $R^2 = 0,489$  (ver Tabla 13).

Tabla 13

Resumen de estadísticos de prueba para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat ERRD.

Modelo	$Y = -0,034 + 0,742X_1 - 0,001X_2 - 0,396X_3 + 0,001X_4$	$Y = 0,029 + 0,816X_1 - 410X_3$
$\bar{x}$	0,17	0,17
r		0,617
R <sup>2</sup>	0,509	0,489
R <sup>2</sup> ajustado	45,4%	46,2%
Observaciones	41	41
Significancia global	Significativo: p-valor < 0,0001	Significativo: p-valor < 0,0001 < 0,05
Significancia parcial	X <sub>1</sub> : Significativo, p-valor = 0,0021 < 0,05 X <sub>2</sub> : No significativo, p-valor = 0,8013 > 0,05 X <sub>3</sub> : Significativo, p-valor = 0,0102 < 0,05 X <sub>4</sub> : No significativo, p-valor = 2745 > 0,05	X <sub>1</sub> : Significativo, p-valor = 0,0004 < 0,05 X <sub>3</sub> : Significativo, p-valor = 0,0073 < 0,05
Multicolinealidad	No hay	No hay

Fuente: Anexo 9 y Tabla 14.

Eliminando las variables regresoras que no muestran relación con la biomasa, se tiene:

Tabla 14

Análisis de regresión lineal para el modelo de regresión lineal múltiple – hábitat ERRD

Análisis de regresión lineal múltiple

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	41	0,489	0,462	0,009	-83,795	-76,941

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	Cp Mallows	VIF
Const	0,029	0,044	-0,060	0,117	0,660	0,5130		
X <sub>1</sub>	0,816	0,212	0,387	1,245	3,854	0,0004	16,498	1,166
X <sub>3</sub>	-0,410	0,145	-0,703	-0,117	-2,834	0,0073	9,853	1,166

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,244	2	0,122	18,146	< 0,0001
X <sub>1</sub> =Oleaje (m)	0,100	1	0,100	14,853	0,0004
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,054	1	0,054	8,034	0,0073
Error	0,256	38	0,007		
Total	0,500	40			

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

Tomando la información sobre los coeficientes de regresión lineal se puede escribir la ecuación del modelo ajustado.

$$\text{Biomasa} = 0,029 + 0,816 (\text{oleaje}) - 0,410 (\text{profundidad})$$

Contraste de hipótesis

Hipótesis nula  $H_0: \beta_1 = \beta_3 = 0$ ;  $X_1$  y  $X_3$  no influyen en  $Y$ .

Hipótesis alternativa  $H_1$ : al menos una  $\beta_j \neq 0$

Obsérvese que el P-valor para  $X_1 = 0,0004$  y  $X_3 = 0,0073$ , con lo que se rechaza la hipótesis nula  $H_0: \beta_i = 0$ , concluyéndose que el nivel de oleaje y la profundidad si influyen en la biomasa de la “llaska” en el hábitat ERRD en Escallani.

Con un riesgo de error tipo I, se puede afirmar que las evidencias muestrales sugieren que las variables Oleaje ( $X_1$ ) y la variable profundidad ( $X_3$ ), en el hábitat ERRD en Escallani; muestran un efecto significativo en el modelo (P-valor < 0,0001), en tanto que las demás variables no muestran efecto significativo en el modelo.

En el análisis de varianza,  $F_c = 18,146 > F_{0,05,2,38} = 3,316$ ; por lo tanto, se rechaza la hipótesis  $H_0$  y se concluye que el modelo es bueno para explicar  $Y$  y que la profundidad está relacionado de manera lineal positiva con la biomasa de la “llaska”.

En estos hábitats la roca donde crece la “llaska” se profundiza en el lago con una pendiente entre  $50^\circ$  hasta  $90^\circ$ ; en este tipo de hábitat es posible observar solamente una franja de unos decenas de centímetros de “llaska” fijadas a la roca (generalmente una franja entre 20 y 30 cm) cerca o al límite del nivel del lago (Poccohuanca, 2007).

A lo largo de las áreas de estudio, los niveles de oleaje permanentes, confinan la materia orgánica flotante en áreas de menor oleaje como ocurre en el hábitat OFALT; esta fricción permanente condiciona en otro hábitat (OPGT) zonas de aguas limpias para la “llaska”. Canales & Taquila (2006), en el informe de investigación denominado “biomasa de *Cladophora crispata* (alga llaska) en época seca y lluviosa en cinco comunidades de la península de Capachica, Puno”; señalan, qué; la “llaska” solo vive en aguas limpias y fluctuaciones promedio de oleaje de 0,40 a más de 1 m.

La profundidad en otros hábitats (OPGT<sub>Ccotos</sub>, OPMSD y OFALT) se comporta de forma diferente que en el hábitat ERRD; en estos hábitats influye positivamente sobre la biomasa; esto probablemente, es el resultado de la lenta recuperación que tiene la “llaska” en relación a las inundaciones que ocurren en el periodo lluvioso del año; que se diferencian en mayor biomasa en aquellas aguas con mayor tiempo de desarrollo algal. Collado, Gonzáles & Escurra (1995), en relación al parámetro profundidad, resaltaron que esta variable muestra una *importancia relativa* con el desarrollo de la ficoflora  $r=0,56$ ,  $F=12,09$ ,  $P=0,002$ .

#### **4.2 Evaluación y comparación de índices de idoneidad de hábitats (HSI) para *Cladophora crispata* entre los hábitats: escarpadas rocosas con rápido declive (ERRD), playas con arena y grava (PAG), orillas con piedras medianas con suave declive (OPMSD), orillas con piedras de gran tamaño (OPGT) y orillas con fondo acuático limoso y totorales (OFALT).**

Se ejecutó en dos etapas: primeramente se determinaron los parámetros óptimos para cada variable objeto de estudio y seguidamente se determinaron los índices de idoneidad de hábitat.

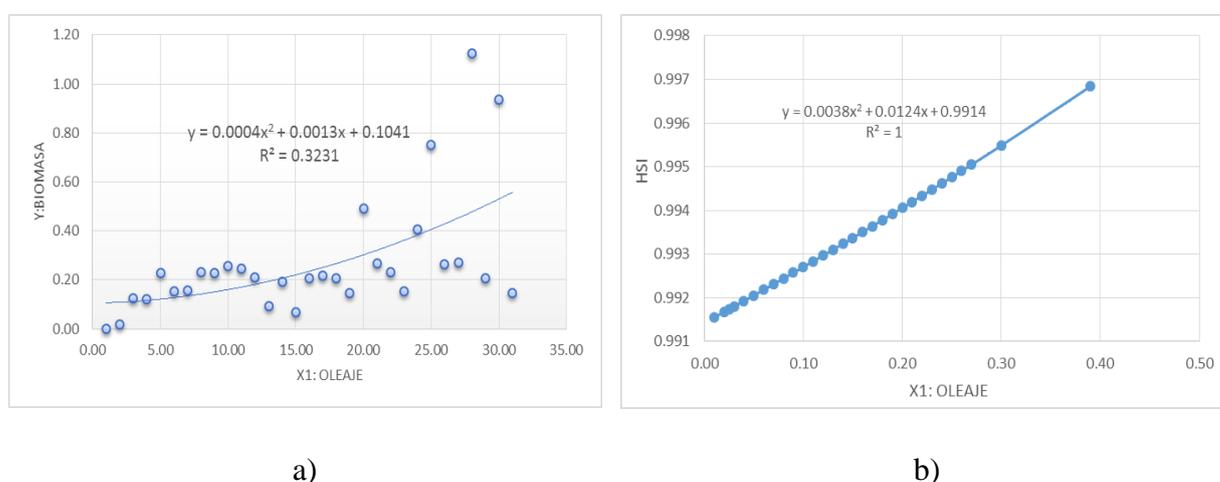
##### **A. Calidad óptima de parámetros físicos para el desarrollo de la *Cladophora crispata***

En las figuras 4, 5, 6 y 7; se muestran las tendencias que representan la relación entre valores de parámetros de hábitat (nivel de oleaje, tamaño de sustrato, profundidad del agua y pendiente de fondo acuático) y biomasa de “llaska”, elaborados para los hábitats encontrados en las comunidades de Ccotos y Escallani.

##### **a. Relación: nivel de oleaje – biomasa**

En la relación, “llaska” – oleaje; mayores niveles de oleaje contribuyen en el incremento de biomasa de la llaska. Collado (1997), considera al oleaje como un aspecto ecológico que afecta el desarrollo en algas marinas; en los hábitats de estudio, las zonas más expuestas al oleaje son las áreas litorales expuestas hacia el este (OPGT, OPMSD, PAG y ERRD), la menos expuesta es el hábitat OFALT que tiene orientación al sur; este hábitat presenta las cantidades de biomasa por metro cuadrado más bajas respecto a las demás.

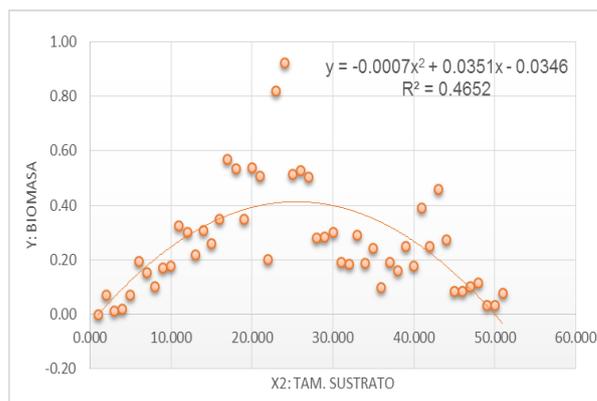
La “llaska” desarrolla mejor en hábitats con mayor oleaje, en áreas donde el oleaje es mínima también hay menor biomasa de la especie; el alga para alojarse en estas áreas con alta erosión, esta provistas de sistemas de fijación por sustancias hialinas discoiformes; Canales en el año 2004, indicaba que la “llaska” vivía en aguas con oleajes de 0,40 a más de 1 m. El movimiento del agua, entonces; es un factor selectivo en cuanto a la distribución de la especie. En los lugares muy expuestos a la acción del oleaje se instalan aquellas algas provistas de un sistema de fijación suficientemente fuerte para soportar el impacto mecánico producido por el embate de las olas (Llera & Álvarez 2007).



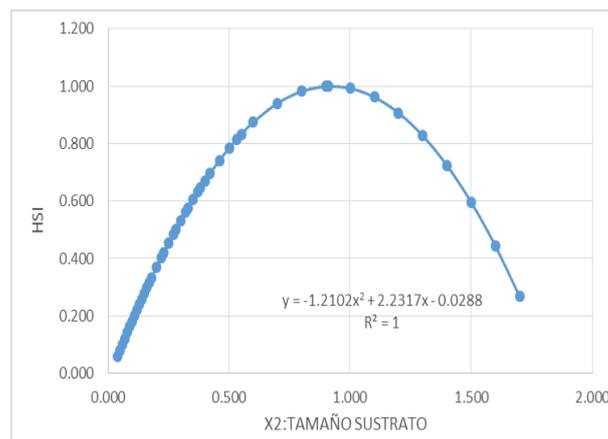
*Figura 4. a) Relación de nivel de oleaje y biomasa de la “llaska” y b) Función de transformación polinómica creciente para la relación oleaje y biomasa.*

#### **b. Relación: tamaño de sustrato – biomasa**

El nivel óptimo para la variable tamaño de sustrato varían de 18 cm hasta 35 cm aproximadamente, sustratos menores de 18 cm y mayores de 35 cm presentan valores bajos en biomasa. Las algas en sustratos arenosos y gravosos son rápidamente removidas por las fuertes olas; lo cual dificulta su crecimiento, desarrollo hasta su establecimiento en estas áreas.



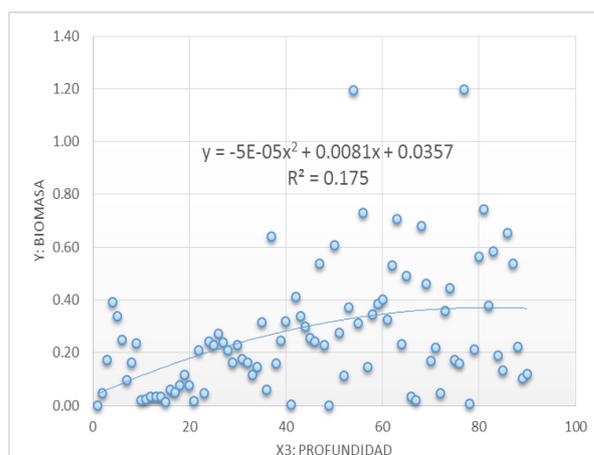
a)



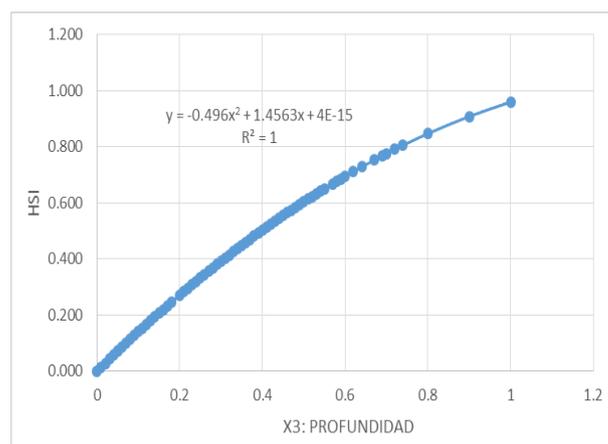
b)

Figura 5. a) Relación de tamaño de sustrato y biomasa de la “llaska” y b) Función de transformación polinómica para la relación tamaño de sustrato y biomasa.

**c. Relación: profundidad – biomasa**



a)



b)

Figura 6. a) Relación de profundidad del agua y biomasa de la “llaska” y b) Función de transformación polinómica creciente para la relación profundidad y biomasa.

Collado (1997), señala que el desarrollo de las algas es dependiente de la disponibilidad de sustrato; es así que no todos los hábitats presentan los tamaños ideales de tamaño de sustrato. En los hábitats OPGT, OPMSD; la distribución de los tamaños de sustrato no son homogéneos, esto fue la causa de la variabilidad de los datos de biomasa en estas áreas y probablemente una causa además de la relación estadística baja existente entre biomasa y tamaño de sustrato.

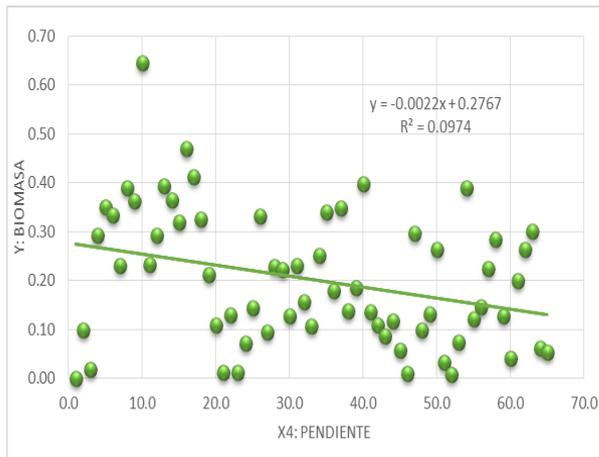
La profundidad en el cual desarrolla mejor la “llaska” depende de la estación del año; en los meses lluviosos, se da un rápido aumento en el nivel del lago Titicaca, lo cual hace que las “algas estén presentes en solo 2 semanas, en profundidades de 20 y hasta 30 cm; en tanto que en los meses de estiaje, se presenta un caída del nivel de agua del lago dejando expuestas en la orilla la “llaska” hasta 0,25m por encima del nivel máximo del nivel de agua (ver anexo 03: relación entre niveles de lago Titicaca y fluctuación de la población de la “llaska” respecto a la profundidad del lago).

Collado *et al.* (1995), en relación al parámetro profundidad y la salinidad, refieren que estas variables muestran una importancia relativa con el desarrollo de la ficoflora.

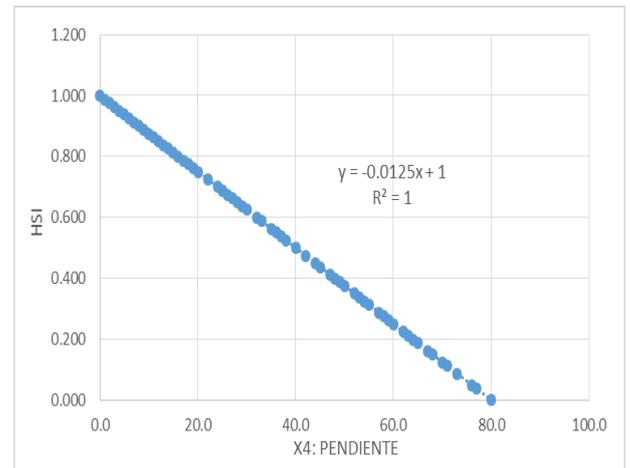
Salas, Canales & Atencio (2007), en investigación denominado “Cultivo *in situ* del alga dulceacuícola *Cladophora crispata* “llaska”, en zona litoral de la península de Capachica. Puno, Perú”; concluyeron que hay una asociación negativa entre la variable profundidad y el desarrollo de la “llaska” ( $r = -0,92$ ,  $p = 0,0005$ ). En nuestros reportes no se refleja esta condición; debido a la influencia que tuvo el crecimiento rápido del nivel del agua (ver en anexo relación profundidad y la biomasa del alga).

#### **d. Relación: pendiente de fondo acuático – biomasa**

A medida que la pendiente de fondo acuático incrementa, la biomasa de la “llaska” disminuye. Ramirez y Osorio (1998), al describir cualitativa y cuantitativamente los patrones de distribución de los organismos sésiles del intermareal rocoso de la isla Robinson Crusoe; en base a la medición de la cobertura de organismos a lo largo de un transecto vertical de 11,6 m, determinaron que los factores físicos como la pronunciada pendiente de los roqueríos y biogeográficos, propios de este archipiélago fueron determinantes en la composición de especies y en la estructura de estas comunidades; parece cumplirse este mismo efecto en estos hábitats; ya que en pendientes muy cercanos a 80° la biomasa de “llaska” es baja.



a)



b)

Figura 7. a) Relación de pendiente de fondo acuático y biomasa de la “llaska” y b) Función de transformación lineal decreciente.

**B. Determinación de índices de idoneidad de hábitat (HSI)**

Para la evaluación de la idoneidad de hábitat se aplicó el modelo de aptitud de hábitat adaptado de USFWS – Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (1978) por Padilla, Gonzales, Gonzales & Uvalle (2005):

$$HSI_{total} = [2(HSI_{n.oleaje}) + HSI_{tam.sustrato} + HSI_{prof.} + HSI_{pendiente}]/5$$

Donde  $HSI_j$  es el índice de idoneidad del hábitat en el tiempo cero ( $t_0$ ) (modelo estático) para un hábitat específico,  $HSI_{n.oleaje}$ : nivel de oleaje,  $HSI_{tam.sustrato}$ : tamaño de sustrato,  $HSI_{prof.}$ : profundidad del agua,  $HSI_{pendiente}$ : pendiente de fondo acuático. El nivel de oleaje es ponderado al multiplicarlo por 2, debido a que se considera de suma importancia para la “llaska”, dado los resultados de dependencia.

A partir de los datos de biomasa por metro cuadrado de “llaska”, para cada tipo de hábitat se estimaron los siguientes índices de idoneidad de hábitat:

Tabla 15

*Índices de idoneidad de hábitat para Cladophora crispata en áreas litorales de las comunidades de Ccotos y Escallani de la península de Capachica.*

	HABITATS									
	OPGT		OPMSD		PAG		OFALT		ERRD	
	Ene-mar	Jun-ago	Ene-mar	Jun-ago	Ene-mar	Jun-ago	Ene-mar	Jun-ago	Ene-mar	Jun-ago
Max	0,816	0,272	0,856	0,359	0,450	0,178	0,297	0,076	0,341	0,070
HSI Min	0,073	0,005	0,173	0,014	0,027	0,006	0,088	0,001	0,033	0,005

Fuente: Hábitats: ERRD: escarpadas rocosas con rápido declive, PAG: playas con arena y grava, OPMSD: orillas con piedras con suave declive, OPGT: orillas con piedras de gran tamaño u OFALT: orillas con fondo acuático limoso y totorales.

La clasificación de hábitat según el Índice de Idoneidad de Hábitat (HSI), se agrupa en intervalos de valores (Inapropiada 0 a 0,25, Baja 0,26 a 0,46, Media 0,47 a 0,67 y Alta 0,68 a ~ 1) (Delfín, Gallina & López 2014). Según estos intervalos, en la estación lluviosa (enero – marzo) los hábitats OPGT y OPMSD presentan alta idoneidad, seguidos de PAG, ERRD y OFALT que presentan idoneidad baja. En la estación seca del año (junio – agosto), la condición de los hábitats se torna menos idóneo para la permanencia del alga; es así, que los hábitats OPGT y OPMSD presentan baja idoneidad, seguidos de PAG, ERRD y OFALT que presentan idoneidad inapropiada.

Banish (2017) señalaba como factor influyente en la abundancia de biomasa de *Cladophora*, a la escorrentía, y alegaba que los ecosistemas que albergaban a esta especie eran enriquecidos con nutrientes estacionales; experimentándose una mayor dominancia en los ambientes bentónicos; esto mismo parece acontecer en el hábitat de la “llaska”, donde los hábitats de aguas claras son beneficiados con incremento de nutrientes contenidos en la escorrentía en periodos lluviosos del año.

Los hábitats con mejores índices de idoneidad de hábitat corresponden a los hábitats OPGT y OPMSD, donde el sustrato rocoso asegura la permanencia de la “llaska”. La mayor parte de las algas bentónicas se adhieren al sustrato por medio de un disco, hápteras o con todo el talo, su presencia en la mayoría de los casos está restringida a rocas, piedras y guijarros (Mendoza & Mateo 1996). La estructura física del sustrato,

como la dureza y el grado de compactación juega un papel importante en la distribución de las algas marinas (Santelices 1977 en Mendoza y Mateo 1996); para el presente caso se trata de algas continentales.

La idoneidad del hábitat PAG para la “llaska” no supera 0,5; se trata de un hábitat donde ocurre permanente erosión de su componente arenoso. La presencia de “llaska” en este hábitat se limita a la grava gruesa que es menos removible por el oleaje y sobre la vegetación sumergida. La fuerza del oleaje alcanza a modificar drásticamente la configuración del litoral (Márquez & Patiño 1985). La zona litoral es inestable, principalmente la zona supralitoral y eulitoral, provocando la mortandad de algunas macrófitas dentro de ellos algas bentónicas en época seca y el desarrollo de otras en época de precipitaciones (Wetzel, 1981; citado por Salas, Canales & Atencio, 2007).

El hábitat ERRD presenta muy bajos índices de idoneidad para la “llaska”, debido a la mayor pendiente que esta tiene en el espacio intermareal. En estos hábitats la roca donde crece la “llaska” se profundiza en el lago con una pendiente entre 50° hasta 90°; en este tipo de hábitat es posible observar solamente una franja de unos decenas de centímetros de “llaska” fijadas a la roca (generalmente una franja entre 20 y 30 cm). El alga en esta condición, brota y/o coloniza, muere y/o extingue según como el agua va tomando nuevos espacios en la roca o se va retirando (Poccohuanca, 2007).

El hábitat OFALT, es la que muestra la peor idoneidad de hábitat, indudablemente, porque este hábitat es la que tiene los más bajos niveles de oleaje, sustrato limoso y a su vez altas concentraciones de material orgánico; Canales (2004), a este respecto refiere qué; la “llaska” solo vive en aguas limpias.

En aguas costeras litorales intervienen factores locales que determinan diferencias entre sitios; estos factores se describen con cada estación y se relacionan, especialmente, con la mayor o menor influencia de las corrientes mar afuera y de surgencia, con la influencia local de las aguas dulces, la claridad de las aguas, el tipo de fondo, la pendiente y la geología (Márquez & Patiño, 1985).

De acuerdo a la prueba bioestadística no paramétrica de Kruskall Wallis; para los HSI respecto a cinco tipos de hábitats (OPGT, OPMSD, PAG, OFALT y ERRD) y dos periodos (periodo enero – marzo y junio – agosto) se tiene los siguientes resultados:

Existe diferencia en HSI entre hábitats (OPGT, OPMSD, PAG, OFALT y ERRD) (Hcal (0,05)=95,84; Gl=4, P=0,0001) en el periodo enero a marzo; durante el periodo junio a agosto, esta diferencia persiste (Hcal (0,05)=78,15; Gl=4, P=0,0001).

Tabla 16

*Prueba de Kruskal Wallis para HSI entre los hábitats para el periodo enero – marzo, 2017.*

Variable	Hábitat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
HSI	ERRD	22	0,12	0,07	0,11	95,84	<0,0001
HSI	OFALT	17	0,19	0,07	0,15		
HSI	OPGT	58	0,36	0,17	0,30		
HSI	OPMSD	46	0,39	0,14	0,36		
HSI	PAG	38	0,14	0,09	0,13		

Tabla 17

*Prueba de Kruskal Wallis para HSI en los hábitats para el periodo junio – agosto, 2016.*

Variable	Hábitat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
HSI	ERRD	19	0,02	0,01	0,02	78,15	<0,0001
HSI	OFALT	11	0,02	0,05	0,01		
HSI	OPGT	53	0,06	0,04	0,05		
HSI	OPMSD	53	0,10	0,07	0,07		
HSI	PAG	32	0,03	0,03	0,03		

En la figura 8 se observa el análisis por Box plot, donde se muestra que la biomasa para los hábitats OPMSD y OPGT son iguales; a pesar de que el hábitat OPGT difiere en cuanto a su dispersión. La biomasa en los hábitats OPMSD y OPGT son significativamente mayores en comparación para los demás hábitat evaluados entre enero y marzo.

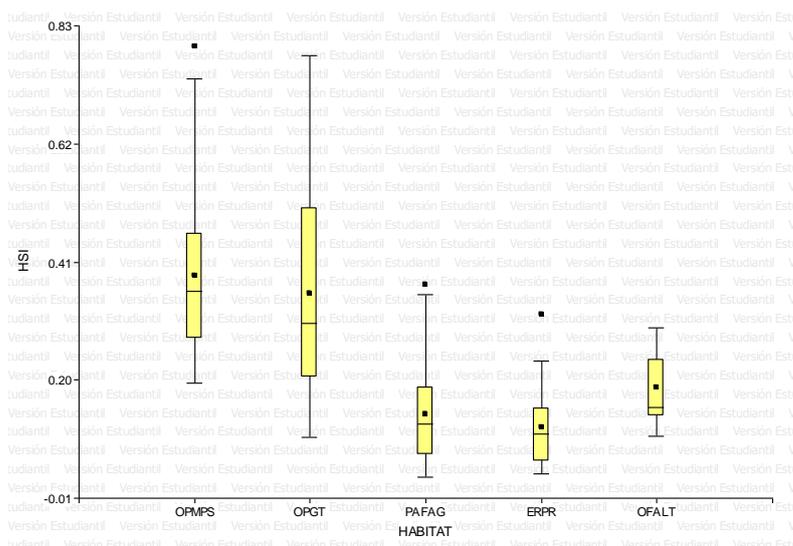


Figura 8. Box plot de la biomasa para los hábitats – periodo: enero – marzo.

Tabla 18

Test Tukey para HSI de hábitats, periodo enero - marzo

Habitat	Medias	n	E.E	
ERRD	0,12	22	0,03	A
OFALT	0,14	38	0,02	A
OPGT	0,19	17	0,03	A
OPMSD	0,36	58	0,02	B
PAG	0,39	46	0,02	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09418. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

La prueba de Tukey, destaca también una diferencia significativa de HSI existentes entre los hábitats. La prueba muestra que los hábitats OPGT y OPMSD tienen mayor biomasa en comparación con los hábitats ERRD, PAG y OFALT.

En la figura 9, para el periodo junio a agosto, el análisis por Box plot, muestra que la biomasa del hábitat OPMSD es significativamente mayor en comparación con los demás hábitats evaluados. Se aprecia además que existe mayor dispersión en el cuarto cuartil en el hábitat OPMSD.

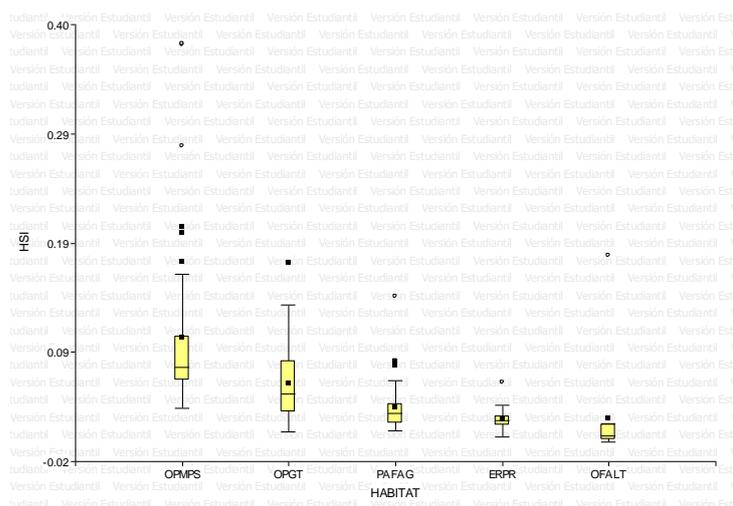


Figura 9. Box plot de la biomasa para los hábitats – periodo junio – agosto.

Tabla 19

Test Tukey para HSI de hábitats, periodo junio - agosto

Habitat	Medias	n	E.E	
ERRD	0,02	19	0,01	A
OFALT	0,02	11	0,02	A
OPGT	0,03	32	0,01	A
OPMSD	0,06	53	0,01	A
PAG	0,10	53	0,01	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03973. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

La prueba de Tukey para el periodo junio - agosto, destaca una diferencia significativa de HSI existente entre el hábitat OPMSD y los hábitats ERRD, OFALT, PAG y OPGT; en este periodo el hábitat OPMSD presenta mayor biomasa verde/m<sup>2</sup>, que el resto de los hábitats. Es necesario señalar, que el hábitat en mención es la que presenta mayor homogeneidad en valores de profundidad, niveles de oleaje, tamaño de sustrato y pendiente de fondo; esto permite una uniforme colonización cuando ocurren cambios de nivel de agua estacional. En este hábitat el patrón de distribución espacial, parece ser el del tipo uniforme, mientras, que en los demás hábitats es de tipo contagiosa, como resultado de la alta heterogeneidad de tamaños de sustrato existentes, que a su vez condicionan la dispersión de valores de otros parámetros físicos.

### 4.3 Comparación de la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, *in-situ* entre parcelas con modificación de sus parámetros físicos: tamaño de sustrato (m), profundidad (m) y hábitats naturales.

La producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*, no incrementó en la parcelas piloto como se había previsto en la hipótesis de investigación; un ej. por citar tenemos a los resultados de las parcelas experimentales del hábitat OPGT (orillas de piedras de gran tamaño) instalados en la comunidad Ccotos y otra en Escallani para el periodo de mayor precipitación (enero – marzo).

Tabla 20

*Prueba de Kruskal – Wallis de producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de “llaska” entre hábitat piloto y parcela natural en hábitat OPGT del periodo enero – marzo, comunidad Ccotos*

Variable	Hábitat	N	Medias	D.E	Medianas	H	p
Biomasa	Hábitat piloto	6	0,49	0,22	0,43	0,56	0,4800
Biomasa	Parcela natural	12	0,39	0,17	0,42		

Tabla 21

*Prueba de Kruskal – Wallis de producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) de “llaska” entre hábitat piloto y parcela natural en hábitat OPGT del periodo enero – marzo, comunidad Escallani.*

Variable	Hábitat	N	Medias	D.E	Medianas	H	p
Biomasa	Hábitat piloto	6	0,88	0,67	0,82	1,06	0,335
Biomasa	Parcela natural	12	0,44	0,35	0,30		

La prueba bioestadística no paramétrica de Kruskal Wallis, nos reporta, que; no existe diferencia en la biomasa verde/m<sup>2</sup> de *Cladophora crispata* entre las parcelas piloto y las áreas naturales (hábitats) (OPGT<sub>jun-ago</sub>: Hcal (0,05)=0,04; Gl=1, p=0,8456; OPGT<sub>ene-mar</sub>: Hcal (0,05)=0,56; Gl=1, p=0,4800); con medias altas para los meses con precipitaciones altas (enero - marzo). Estos resultados explicarían la baja o nula relación que tendrían los factores físicos evaluados sobre la biomasa de la “llaska” (ver Tabla siguiente).

La biomasa verde/m<sup>2</sup> en los hábitats piloto en OPMSD, tampoco muestran diferencia al ser comparados con la biomasa de áreas naturales contiguas (OPMSD<sub>jun-ago</sub>: Hcal (0,05)=1,97; Gl=1, p=0,1609; OPMSD<sub>ene-mar</sub>: Hcal (0,05)=3,56; Gl=1, p=0,056).

Tabla 22

*Resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis que contrastan la producción (biomasa verde/m<sup>2</sup>) entre parcelas piloto y de hábitat natural.*

Comunidad	Hábitat	Periodo	Biomasa			Kruskal Wallis	
			N	Medias	D.E.	H	p
Ccotos	OPGT	Junio – agosto	6	0,03	0,03	0,04	0,8456
		2016	15	0,03	0,03		
		Enero – marzo	6	0,49	0,22		
	OPMSD	2017	12	0,39	0,17	1,97	0,1609
		Junio – agosto	6	0,06	0,09		
		2016	14	0,02	0,02		
Escallani	OPGT	Enero – marzo	6	0,44	0,21	3,56	0,0563
		2017	13	0,25	0,13		
		Junio – agosto	6	0,21	0,27		
	OPMSD	2016	13	0,12	0,14	1,06	0,3355
		Enero – marzo	6	0,88	0,67		
		2017	12	0,44	0,35		
OPMSD	Junio – agosto	6	0,13	0,12	0,01	0,9342	
	2016	14	0,09	0,04			
	Enero – marzo	6	0,74	0,27			0,32
		2017	12	0,60	0,23		

## CONCLUSIONES

- Los parámetros físicos: nivel de oleaje (m), profundidad (m) y pendiente de fondo acuático (%) influyen indistintamente en la producción (biomasa/m<sup>2</sup>) de *Cladophora crispata*:
  - En el hábitat OPGT en Ccotos, la profundidad tiene correlación positiva moderada con biomasa  $r=0,578$ ; a mayor profundidad se incrementa la biomasa de la “llaska” ( $t=4,696$ ; gl: 45;  $p<0,0001$ ).
  - En el hábitat OPGT en Escallani, el oleaje tiene correlación positiva baja con biomasa  $r=0,415$ ; a mayor oleaje se incrementa la biomasa de la “llaska” ( $t=3,679$ ; gl: 66;  $p=0,0005$ ).
  - En el hábitat OPMSD, la profundidad tiene correlación positiva fuerte con la biomasa  $r=0,696$ ; a mayor profundidad se incrementa la biomasa de la “llaska” ( $t=9,603$ ; gl: 99;  $p<0,0001$ ).
  - En el hábitat PAG Escallani, el oleaje y tamaño de sustrato tienen correlación positiva fuerte con la biomasa  $r=0,704$  y  $r=0,631$  respectivamente; a mayor oleaje se incrementa la biomasa de la “llaska” ( $t=4,255$ ; gl: 40;  $p<0,0001$ ).
  - En el hábitat OFALT, la profundidad tiene correlación positiva baja con la biomasa  $r=0,474$ ; a mayor profundidad se incrementa la biomasa de la “llaska” ( $t=2,744$ ; gl: 27;  $p=0,0108$ ).
  - En el hábitat ERRD, el oleaje y la profundidad influyen en la variabilidad de la biomasa ( $F_c = 18,146 > F_{0,05,2,38} = 3,316$ )

- Existe diferencia en HSI entre hábitats (OPGT, OPMSD, PAG, OFALT y ERRD) (Hcal (0,05)=95,84; G1=4, P=0,0001) en el periodo enero a marzo; durante el periodo junio a agosto, esta diferencia persiste (Hcal (0,05)=78,15; G1=4, P=0,0001). En la estación lluviosa (enero – marzo) los hábitats OPGT y OPMSD presentaron alta idoneidad para la “llaska” (HSI<sub>OPGT</sub> = 0,816 y HSI<sub>OPMSD</sub> = 0,856).
- No fue posible incrementar la biomasa verde/m<sup>2</sup> de *Cladophora crispata* a través de las parcelas piloto acondicionando factores físicos (tamaño de sustrato, pendiente de fondo acuático) (OPGT<sub>jun-ago</sub>: Hcal (0,05)=0,04; G1=1, P=0,8456; OPGT<sub>ene-mar</sub>: Hcal (0,05)=0,56; G1=1, P=0,4800).

### RECOMENDACIONES

- Se requiere un análisis minucioso de la dependencia de la biomasa de factores físicos: nivel de oleaje, profundidad y pendiente de fondo; considerando las variaciones del nivel de agua del lago Titicaca y las heladas que ocasionalmente se presentan en la época seca del año.
- Se debe evaluar el tiempo de colonización *in situ*, crecimiento y desarrollo de la “llaska”, relacionándolos con los incrementos del nivel del lago y caída del nivel del lago.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acleto, C. & Zúñiga R. (1998). *Introducción a las Algas*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Acleto, C. (2006). *Constancia de la Identificación de la Especie: Cladophora crispata* (31 de marzo de 2006).
- Aguilar T., S. L. (2008). *Elaboración de Galletas y Néctares Ecológicos Enriquecidos con Harina de Cladophora crispata (llaska) en la Península de Capachica - Puno*. (Tesis de Maestría en Ecología - Escuela de Post Grado, Universidad Nacional del Altiplano – Puno). Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/553>
- Allredge, J. R., Thomas, D. L. & Mcdonald , L. L. (1998). Survey and Comparison of Methods for Study of Resources Selection. *Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 3(3) 237-253. Recuperado de [https://www.jstor.org/stable/1400580?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/1400580?seq=1#page_scan_tab_contents)
- Álvarez, S. (2009). Evaluación de Elementos Estructurales del Hábitat de Borrego Cimarron en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science*, 2(2) 189-203. Recuperado de [https://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v2/09-05-25\\_189-203\\_alvarez-cardenas\\_et\\_al.html](https://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v2/09-05-25_189-203_alvarez-cardenas_et_al.html)
- Aponte, N. & Ballantine, D. (2001). Depth distribution of algal species on the deep insular fore reef at Lee Stocking Island, Bahamas. *Deep-Sea Research I*, 48(1) 2185-2194. Recuperado de

[http://www.mesophotic.org/system/publications/pdfs/000/000/051/original/10.1016\\_\\_\\_S0967-0637%2801%2900011-5.pdf?1492587153](http://www.mesophotic.org/system/publications/pdfs/000/000/051/original/10.1016___S0967-0637%2801%2900011-5.pdf?1492587153)

- Arriaza B., M. (2006). *Guía Práctica de Análisis de Datos*. Junta de Andalucía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Córdoba, España. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Manuel\\_Arriaza/publication/314984329\\_Guia\\_practica\\_de\\_analisis\\_de\\_datos/links/58c7f8d5aca2723ab165e661/Guia-practica-de-analisis-de-datos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Arriaza/publication/314984329_Guia_practica_de_analisis_de_datos/links/58c7f8d5aca2723ab165e661/Guia-practica-de-analisis-de-datos.pdf)
- Banish, N. (2017). *Factors Influencing Cladophora Biomass Abundance in the Upper Clark fork River, Montana*. (Thesis by the Graduate School at ScholarWorks, University of Montana). Recuperado de <https://scholarworks.umt.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=12162&context=etd>
- Boraso Z., A. (2013). *Elementos para el Estudio de las Macroalgas de Argentina*. Instituto de Desarrollo Costero (IDC) UNPSJB. 207. Argentina. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Alicia\\_Boraso/publication/281295711\\_Elementos\\_para\\_el\\_estudio\\_de\\_las\\_macroalgas\\_de\\_Argentina/links/55e0c8f708aebb1a7cc568bc/Elementos-para-el-estudio-de-las-macroalgas-de-Argentina.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alicia_Boraso/publication/281295711_Elementos_para_el_estudio_de_las_macroalgas_de_Argentina/links/55e0c8f708aebb1a7cc568bc/Elementos-para-el-estudio-de-las-macroalgas-de-Argentina.pdf)
- Buschmann, A. H., Vásquez, J. A. & Osorio, P. (2004). The Effect of Water Movement, Temperature and Salinity on Abundance and Reproductive Patterns of *Macrocystis* spp. (Phaeophyta) at Different Latitudes in Chile. *Mar. Biol.*, pp 145: 849-862.
- Canales G., A. (2003). *Evaluación Ecológica de Alga Chlorophyta "llaska" en el Lago Titicaca- Sector comunidad Siale y Chifrón, Capachica, Puno*. Resumen Congreso Nacional de Ecología de Arequipa.
- Canales G., A. (2006). *La "llaska": una Alga Alimenticia, Centro de Desarrollo Sostenible – ONG CEDESOS - Puno*. Puno, Perú.
- Canales G., A. & Taquila L., R. (2008). Biomasa de *Cladophora crispata* (alga llaska) en época seca y Lluviosa en cinco Comunidades de la Península de Capachica, Puno. *Revista de Investigaciones (Escuela de Posgrado) UNA Puno*, 4(1) 11-20. Recuperado de

[http://web.unap.edu.pe/epgrd/investigacion/revistas/revista\\_investigacion\\_postgrado\[1\].pdf](http://web.unap.edu.pe/epgrd/investigacion/revistas/revista_investigacion_postgrado[1].pdf)

- Canter, L. W. (1997). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la Elaboración de Estudios de Impacto*. Madrid, España. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA de España S. A.
- CIED (2002). *Informe del Programa de Conservación de la Biodiversidad en Comunidades Campesinas de Capachica*.
- Clark, J. D., Dunn, J. E. & Smith, K. G. (1993). A Multivariate Model of Female Black Bear Habitat use for a Geographic Information System. *J. Wildlife Management*, 57(3) 519- 526. Recuperado de [https://www.jstor.org/stable/3809276?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/3809276?seq=1#page_scan_tab_contents)
- Collado V., Gonzáles, J., & Escurra, E. (1995). Patrones de Distribución Ficoflorística en el Sistema Lagunar de Nichupte, Quintana Roo, México. *Acta Botánica Mexicana*, 31(1) 19-32. Recuperado de [http://www.redalyc.org/pdf/574/Resumenes/Resumen\\_57403102\\_1.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/574/Resumenes/Resumen_57403102_1.pdf)
- Collado, L. (1997). Aspectos ecológicos y evolutivos de la arquitectura modular en plantas: perspectivas en algas marinas. *Revista Chilena de Historia Natural*, 10: 23-39. 1997. DOI: [http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1997/1/Collado-Vides\\_1997.pdf](http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1997/1/Collado-Vides_1997.pdf)
- Conesa F., V. (1997). *Los Instrumentos de Gestión Ambiental en la Empresa*. Barcelona, España. Ediciones Mundi Prensa.
- Cooperrider, A. Y., Boyd, R. J. & Stuart, H. R. (1986). *Inventory and Monitoring of Wildlife Habitat*. U.S. Dept. Inter., Bur. Land. Manage. Cervice Center. Denver, Co.
- Cortez H., L. M., Jaimes, S. G. & Pérez R., R. J. (2004). *Estudio de las Poblaciones de Macroalgas de las Divisiones Chlorophyta, Phaeophyta y Rhodophyta de la Zona Mesolitoral en la Plataforma Rocosa de los Cobanos, Departamento de Sonsonate, El Salvador*. (Trabajo de graduación para optar el grado de Licenciado en Biología, Universidad de El Salvador). Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/8687/1/19200574.pdf>

- Dawes, C. J. (1986). *Botánica Marina*. México, D. F. Editorial Limusa S. A. de C. V.
- Delfin A., C. A.; Gallina T., S. A. & López G., C. A. (2014). El Hábitat: Definición, Dimensiones y Escala de Evaluación para la Fauna Silvestre. En: Gallina, T. & López, G. (editores). *Manual de Técnicas para el Estudio de la Fauna* (pp 285-313). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- FAO (2013). *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i7914s.pdf>
- Garduño S., G.; Godinez O., J. L. & Ortega, M. (2005). Distribución Geográfica y Afinidad por el Sustrato de las Algas Verdes (Clorophyceae) Bénticas de las Costas Mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. *Sociedad Botánica de México*. 76(1) 61 – 78. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57707606>
- Guzmán L., A. (2006). Métodos de Campo para Evaluar la Calidad del Hábitat Disponible para el Chiguiro. En Guzmán, A., Maldonado, A., López, H., Sánchez, P., Montenegro, O. & Torres, M. (editores), *Evaluación de la Calidad del Hábitat Disponible para el Chiguiro* (pp 5-68). Bogotá, Colombia.
- Hall, L. S., Krausman, P. R. & Morrison, M. L. (1997). The Habitat Concept and a Plea for Standard Terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25(1):173-182.
- Higgins, S, Hoell, E., Hecky, R., Guildford, E. & Smith, R. (2005) The Wall of Green: The Status of *Cladophora glomerata* on the Northern Shores of Lake Erie's Eastern Basin, 1995–2002. *Journal of Great lakes Research*, 31(1) 547-563. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0380133005702835>
- Higgins, S. (2005) *Modeling the growth dynamics of Cladophora in Eastern Lake Erie*. (thesis for the degree of Doctor, University of Waterloo). Recuperado de <https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk3/OWTU/TC-OWTU-555.pdf>
- Hobday, A. J. (2000a). Age of Drifting *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh Rafts in the Southern California Bight. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 253(1) 97-114. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11018239>

- Hobday, A. J. (2000b). Persistence and Transport of Fauna on Drifting Kelp (*Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh) Rafts in the Southern California Bight. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 253(1) 75-96.
- Littler, M. M. & Littler, D. S. (1994). Essay: Tropical reefs as Complex Habitats for Diverse Macroalgae. In Lobban C. S. & Harrison P. J. (eds.) *Seaweed Ecology and Physiology*, (72-75). Cambridge University Press.
- Littler, M. M. and Littler, D. S. (1980). The Evolution of *Thallus* Form and Survival Strategies in Benthic Marine Macroalgae: Field and Laboratory Tests of a Functional Form Model. *The American Naturalist*, 116 (1): 25-44.
- Littler, M. M. & Murray, S. N. (1978). Influence of Domestic Wastes on Energetic Pathways in Rocky Intertidal Communities. *J. App. Ecol.*, 15: 583-595.
- Mandujano, S. (1994). Método para Evaluar el Hábitat del Venado Cola Blanca en un Bosque de Coníferas. In Vaughan, Ch. & Rodríguez (eds.). *Ecología y Manejo del Venado Cola Blanca en México y Costa Rica*, (P 283 – 297). EUNA, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona, España. Ediciones Omega, S.A.
- Marshall D. (1991). *Biología de las Algas: Enfoque Fisiológico*. Departamento de Botánica, Universidad de Georgia. México. Editorial Limusa, S.A.
- Mateo C., L. E. & Mendoza G., A. C. (1996). *Algas Marinas de Isla Verde, Veracruz, México*. Departamento de Botánica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México.
- Millner, G., Sweeney, R. & Frederick, V. (1982). Biomass and Distribution of *Cladophora glomerata* in Relation to some physical-Chemical Variables at Two Sites in Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, 8(1), 35-41. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0380133082719409>
- Mönckeberg, F. (2003). “Prevención de la Desnutrición en Chile Experiencia Viva por un Actor y Espectador”. *Revista Chilena de Nutrición*, 30 (1), 160-176.
- Morales, K. L. (2007). *Evaluación de la Calidad de Hábitat en un Ambiente Costero y uno Dulceacuicola, para Calidris mauri en la Ensenada de la Paz, B.C.S.*,

- México*. (Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos, Instituto Politécnico Nacional).
- Moreira G., A., Gómez B., M., Suárez A., A., León P., A. & Castellanos G., M. (2003). Variación de la Composición y Abundancia de Macroalgas en la Bahía de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 24(2), 83-94.
- Morrison, M. L., Marcot, B. G. & Mannan, R. W. (1998). *Wildlife – Habitat Relationships: Concepts and Applications*. The University of Wisconsin Press. E.U.A. 2da. Edit.
- Neville T., D. (1987). *Salt Tolerances in Cladophora (chlorophyceae): a Study of Populations and Species*. (Thesis Submitted in Accordance with the requirements of the University of Liverpool for the degree of Doctor). Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/259067056\\_Salt\\_tolerances\\_in\\_Cladophora\\_Chlorophyceae\\_A\\_study\\_of\\_populations\\_and\\_species](https://www.researchgate.net/publication/259067056_Salt_tolerances_in_Cladophora_Chlorophyceae_A_study_of_populations_and_species)
- Noon, B. R. (1986). Summary: Biometric Approaches to Modeling-The Searches Viewpoint. In J. Vernier, M. L. Morrison & C. J. Rhalph (eds.), *Wildlife 2000: Modeling Habitat Relationships of Terrestrial Vertebrates*, (pp. 197-201). Univ. Wisconsin Press, Madison.
- Ojasti J. & Dallmeier, F. (editor). (2000). *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. Washington D.C. 304 PP.
- Oliveira, E. C. & Berchez, A. S. (1978). Algas Marinhas Bentônicas da Baía de Santos- Alterações da Flora no Período de 1957-1978. *Bol. Bot. Univ. S. Paulo*, 6:49-59.
- Ormond, R. & Banaimoon, S. (1994) Ecology of intertidal macroalgal assemblages on the Hadramout coast of southern Yemen, an area of seasonal upwelling. *Marine Ecology Progress Series*, 105(1), 105-120. Recuperado de <https://www.int-res.com/articles/meps/105/m105p105.pdf>
- Padilla R., H., Gonzales U., D. U., Gonzales S., F. N. & Uvalle S., J. I. (2005). Calidad de Hábitat del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) en un Matorral Submontano de Hualahuises, Nuevo León, México. VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. UANL, México.

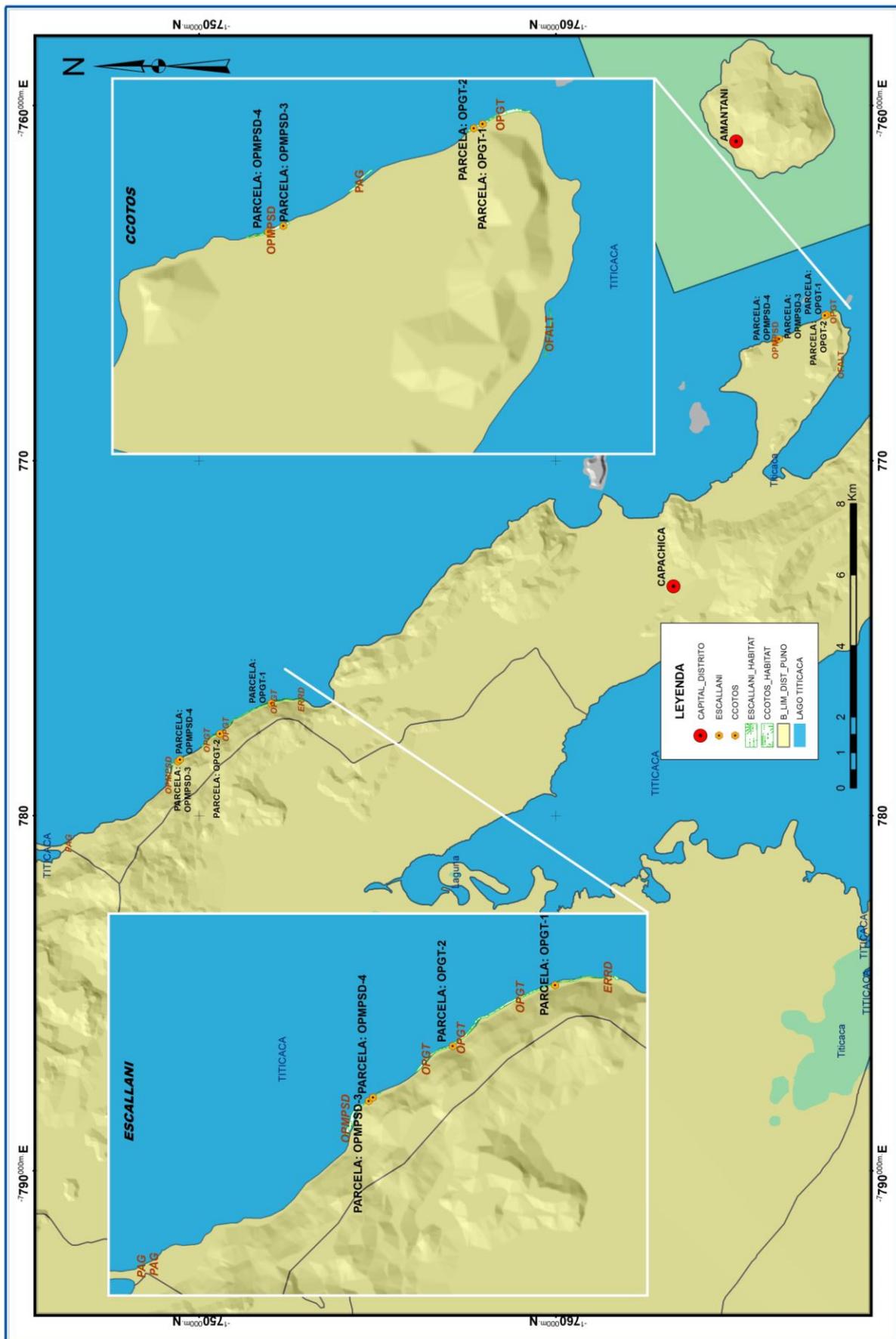
- Pizarro R., S. P. (2006). *Caracterización Bioecológica de la “Llaska” (Familia Cladophoraceae) en la Zona Litoral de la Península de Capachica, Puno.* (Tesis inédita para optar el título profesional de Licenciado en Biología). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Poccohuanca A., R. O. (2007). *Distribución Espacial y Geográfica de Cladophora crispata en las Penínsulas de Capachica y Chucuito.* (Tesis inédita de Maestría). Universidad Nacional del Altiplano – Puno.
- Prescott, G. W. (1968). *The Algae: A Review.* Houghton Mifflin Company. Boston, Estados Unidos.
- Quirós, R., Rennella, A., Boveri, M., Rosso, J. & Sosnovsky A. (2002). Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Lagunas Pampeanas. Ecología Austral*, 12:175-185. Diciembre 2002. DOI: <http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v12n2/v12n2a11.pdf>.
- Ramírez, M. E. & Osorio, C. (1998). *Patrones de Distribución de Microalgas y Macroinvertebrados Intermareales de la Isla Robinson Crusoe, Archipiélago de Juan Fernández, Chile.* Museo Nacional de Historia Natural. Santiago- Chile.
- Ricklefs, R. E. (2001). *Invitación a la Ecología, La Economía de la Naturaleza.* Buenos Aires, Argentina. Editorial Médica Panamericana.
- Salas C., P. U. (2007). *Cultivo in situ de Cladophora crispata “llaska”, en Zona Litoral de la Península de Capachica – Puno, 2006 – 2007.* (Tesis inédita para optar el título de Licenciado en Biología). Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Puno, Perú.
- Segura, W. (1995). *Uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica en la evaluación del hábitat potencial del venado cola blanca, Bagaces, Guanacaste, Costa Rica.* (Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre - Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre). Universidad Nacional, Costa Rica.
- Tejada, O. L. (2002). *Manual de Biología Marina.* Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

- Theodoor B., F. (1995). *Molecular phylogenetic explorations in the Cladophora complex (Chlorophyta) from the perspective of rDNA gene and spacer sequences*.
- Trefethen, J. B. (1964). *Wildlife management and conservation*, D.C. Heath and Co., Boston. 120 pp.
- Trelles, J., Suarez, A. M. & Guardia, E. (2001). Macroalgas Dominantes de la Playa Herradura, Plataforma Noroccidental de Cuba: Caulerpales y Dictyotales. *Rev. Invest. Mar.*, 22(1): 1-6.
- UNLP (2012). *Índice de Aptitud de Hábitat (HIS) en Cátedra de Protección y Conservación de la Naturaleza*. Universidad Nacional de la Plata - Facultad de Ciencias Naturales y Museo.
- Valencia, I. D. & Arementeras, D. (2004). Modelo de Hábitat y Distribución de la Alondra (*Eremophila alpestris peregrina*) en el Altiplano Cundiboyacense, Colombia. *Rev. Ornitología colombiana* N° 2 (2004): 25-36.
- Van Manen, F. T. & Pelton, M. R. (1993). Data-based modeling of black bear habitat using GIS. in Vernier J., Morrison M. L. & Rhalph, C. J. (eds.) *Wildlife 2000: modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates*, (pp. 323-329). Univ. Wisconsin Press, Madison.
- Vaughan, CH. (1994). El futuro del manejo del venado cola blanca en América Latina. In Vaughan, Ch. & Rodríguez (eds). *Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica*. EUNA, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Wayne A., W., Warwick F., V., Connie L., V., Heath J., C., Peter J., R., Xavier L. & Alfaro T., R. (1991). Nutrientes y su Limitación del Crecimiento del Fitoplancton. En: Dejoux, C. & Iltis, A. (editores), *El Lago Titicaca. Síntesis del Conocimiento Limnológico Actual*, (pp. 161-175). Edición Hisbol. La Paz Bolivia.
- Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona, España. Ediciones Omega, S.A.



**ANEXOS**

Anexo 1. Mapa de ubicación de hábitats en las comunidades de Ccotos y Escallani.

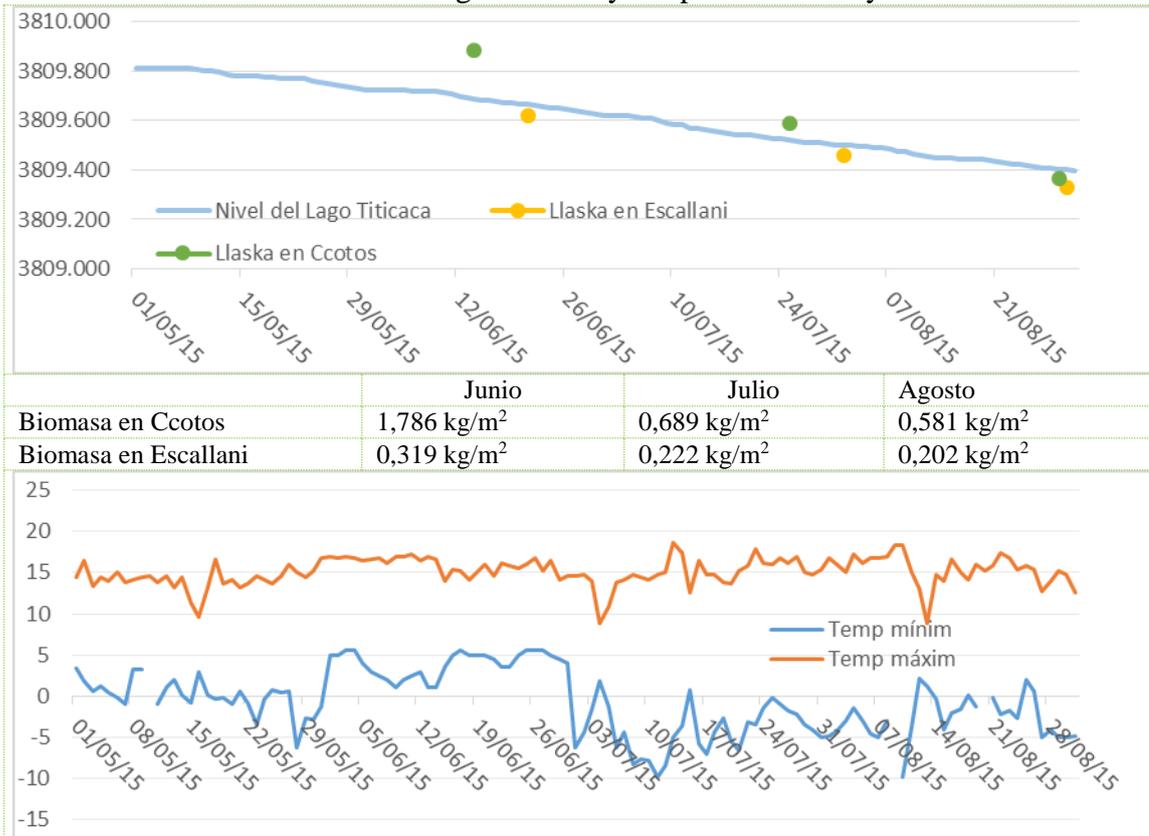


**Anexo 2.** Biomasa de “llaska” (kg/m<sup>2</sup> materia fresca) y cálculo de varianza - comunidad de Ccotos, península de Capachica, 2004.

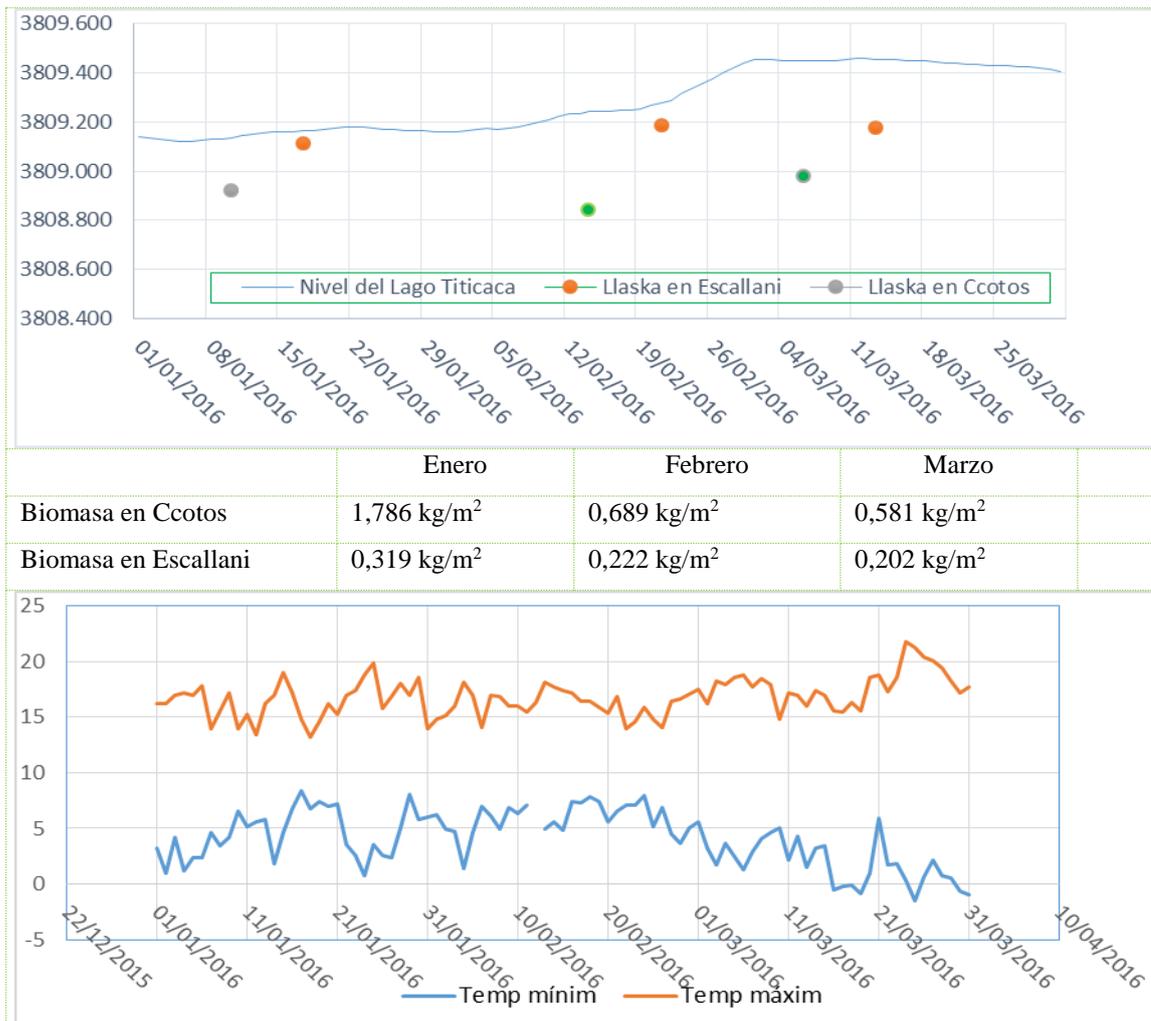
N°	Xi	$\bar{x}$	(Xi- $\bar{x}$ )	(Xi- $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Calculo de varianza
1	1,096	1,111	-0,015	0,000	$S^2 = \frac{\sum(Xi - \bar{x})^2}{n - 1}$
2	0,744	1,111	-0,367	0,135	
3	0,91	1,111	-0,201	0,040	
4	0,592	1,111	-0,519	0,269	$S^2 = \frac{3.729}{37}$
5	0,52	1,111	-0,591	0,349	
6	1,105	1,111	-0,006	0,000	
7	1,102	1,111	-0,009	0,000	$S^2 = 0,1008$
8	1,112	1,111	0,001	0,000	
9	1,117	1,111	0,006	0,000	
10	1,044	1,111	-0,067	0,004	
11	1,104	1,111	-0,007	0,000	
12	0,98	1,111	-0,131	0,017	
13	1,432	1,111	0,321	0,103	
14	1,363	1,111	0,252	0,064	
15	1,427	1,111	0,316	0,100	
16	1,424	1,111	0,313	0,098	
17	1,367	1,111	0,256	0,066	
18	0,896	1,111	-0,215	0,046	
19	1,379	1,111	0,268	0,072	
20	1,283	1,111	0,172	0,030	
21	0,616	1,111	-0,495	0,245	
22	1,576	1,111	0,465	0,216	
23	1,102	1,111	-0,009	0,000	
24	1,544	1,111	0,433	0,187	
25	1,092	1,111	-0,019	0,000	
26	1,579	1,111	0,468	0,219	
27	1,52	1,111	0,409	0,167	
28	0,744	1,111	-0,367	0,135	
29	0,867	1,111	-0,244	0,060	
30	1,368	1,111	0,257	0,066	
31	0,517	1,111	-0,594	0,353	
32	0,872	1,111	-0,239	0,057	
33	0,52	1,111	-0,591	0,349	
34	1,417	1,111	0,306	0,094	
35	1,423	1,111	0,312	0,097	
36	1,395	1,111	0,284	0,081	
37	1,04	1,111	-0,071	0,005	
38	1,046	1,111	-0,065	0,004	
	42,235			3,729	

Fuente: elaborado en función a datos reportados por Pizarro (2006).

**Anexo 3.** Variación del nivel del lago Titicaca y temperatura 2015 y 2016.



**Anexo 3.** Variación del nivel del lago Titicaca y temperatura 2015 y 2016 (continuación).



**Anexo 4. Análisis estadístico para hábitat OPGT Ccotos**  
**Paso 1: Análisis de linealidad**

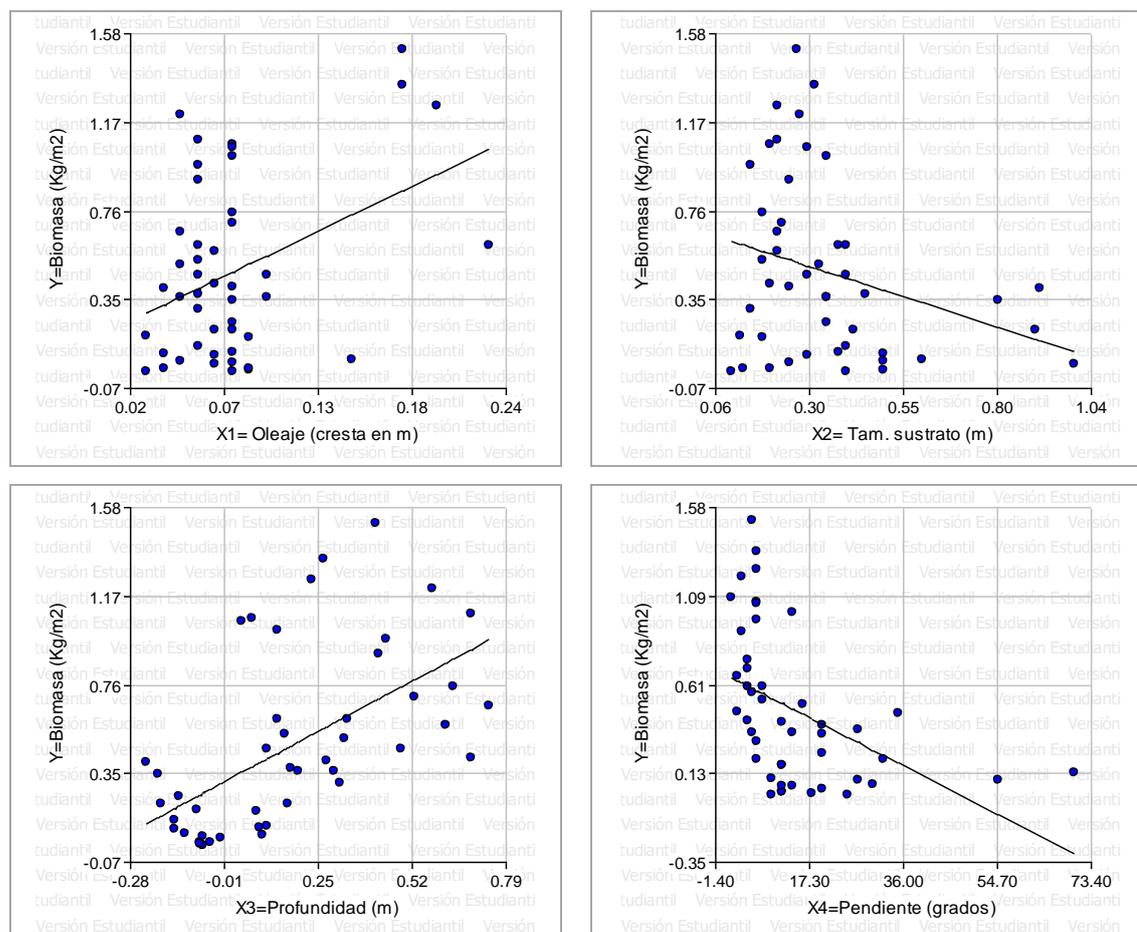


Figura 10. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat OPGT-Ccotos.

**Paso 2: Análisis de colinealidad**

*Coefficientes de correlación - Correlación de Pearson*

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )
X <sub>1</sub> = Oleaje (m)	1,000	0,916	0,649	0,597	0,007
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	0,016	1,000	0,008	0,012	0,054
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,069	-0,387	1,000	1,3E-04	2,6E-05
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	-0,080	0,368	-0,534	1,000	0,001
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	0,391	-0,286	0,578	-0,455	1,000

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

**Paso 3: Análisis de regresión**

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	46	0,484	0,434	0,126	29,551	40,523

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	0,200	0,153	-0,108	0,508	1,311	0,1973		
X <sub>1</sub>	3,370	1,094	1,161	5,579	3,081	0,0037	13,292	1,011
X <sub>2</sub>	-0,116	0,248	-0,617	0,385	-0,467	0,6427	4,237	1,232
X <sub>3</sub>	0,667	0,207	0,248	1,086	3,216	0,0025	14,118	1,490
X <sub>4</sub>	-0,005	0,004	-0,014	0,003	-1,254	0,2170	5,559	1,468

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,703	4	0,926	9,622	<0,0001
X <sub>1</sub> = Oleaje (cresta en m)	0,913	1	0,913	9,494	0,0037
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	0,021	1	0,021	0,218	0,6427
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,995	1	0,995	10,341	0,0025
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	0,151	1	0,151	1,572	0,2170
Error	3,944	41	0,096		
Total	7,647	45			

**Anexo 5. Análisis estadístico para hábitat OPGT Escallani**  
**Paso 1: Análisis de linealidad**

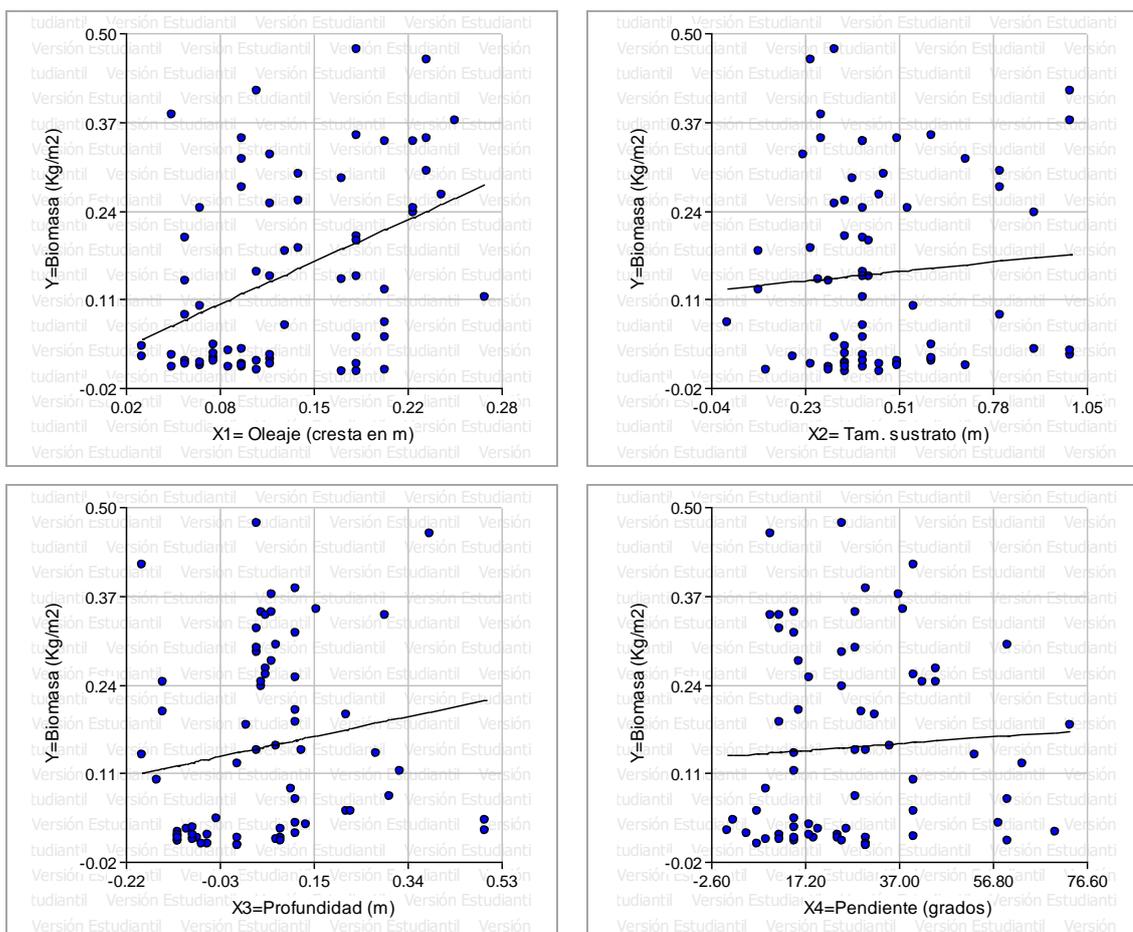


Figura 11. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat OPGT-Escallani.

**Paso 2: Análisis de colinealidad**

*Coefficientes de correlación - Correlación de Pearson*

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )
X <sub>1</sub> = Oleaje (m)	1,000	0,916	0,012	0,409	4,8E-04
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	-0,006	1,000	0,307	0,882	0,502
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,305	0,127	1,000	0,005	0,170
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	0,103	0,018	-0,341	1,000	0,622
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	0,415	0,083	0,170	0,061	1,000

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

**Paso 3: Análisis de regresión**

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	67	0,18	0,13	0,02	-76,42	-63,19

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	-0,01	0,06	-0,12	0,10	-0,21	0,8310		
X <sub>1</sub>	0,88	0,28	0,32	1,44	3,12	0,0027	13,60	1,17
X <sub>2</sub>	0,06	0,07	-0,08	0,20	0,82	0,4147	4,68	1,02
X <sub>3</sub>	0,07	0,12	-0,17	0,32	0,60	0,5477	4,38	1,33
X <sub>4</sub>	3,9E.004	1,0E.03	-1,7E.03	2,5E-03	0,38	0,7079	4,16	1,20

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,24	4	0,06	3,51	0,0119
X <sub>1</sub> = Oleaje (cresta en m)	0,16	1	0,16	9,73	0,0027
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	0,01	1	0,01	0,67	0,4147
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,01	1	0,01	0,37	0,5477
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	2,4E-03	1	2,4E-03	0,14	0,7079
Error	1,05	62	0,02		
Total	1,29	66			

**Anexo 6. Análisis estadístico para hábitat OPMSD**

**Paso 1: Análisis de linealidad**

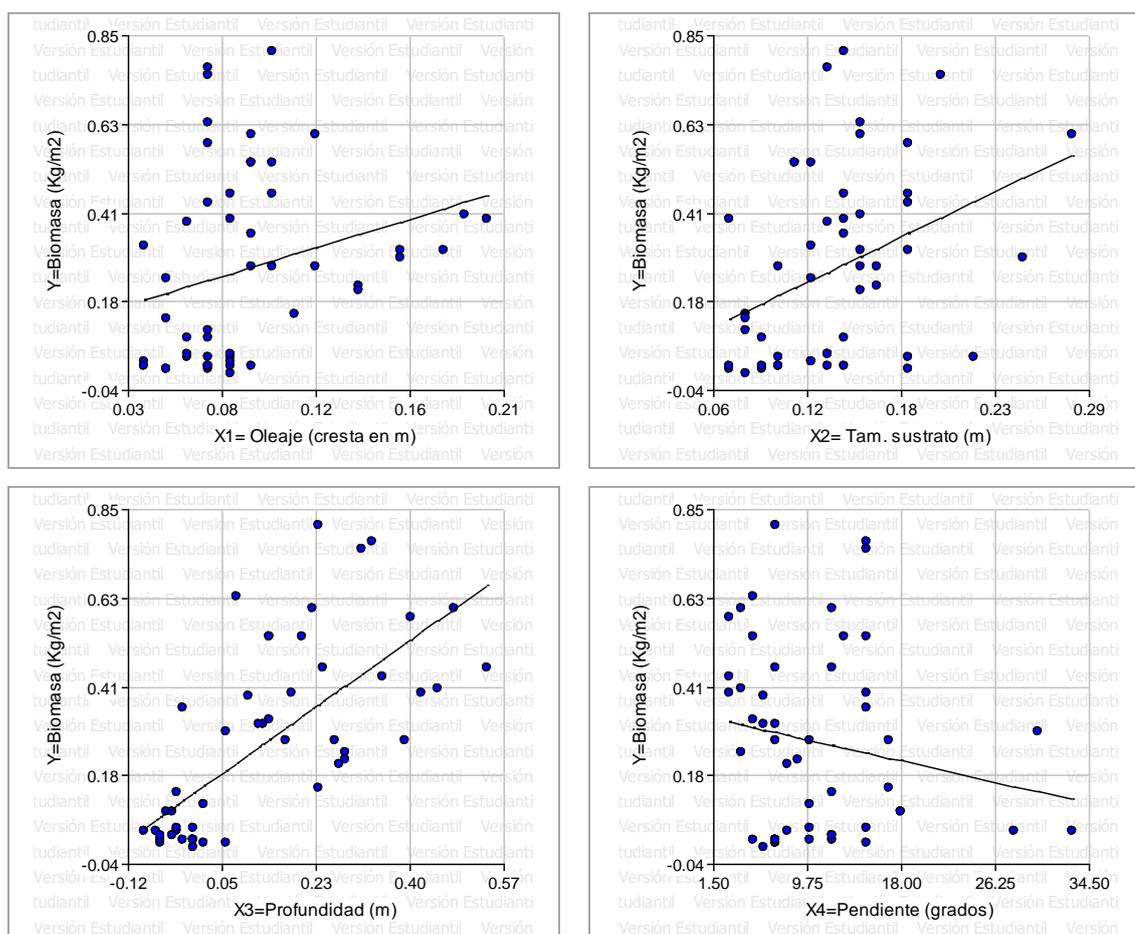


Figura 12. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat OPMSD.

**Paso 2: Análisis de colinealidad**

*Coefficientes de correlación - Correlación de Pearson*

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )
X <sub>1</sub> = Oleaje (m)	1,000	0,001	6,2E-06	0,506	0,009
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	0,320	1,000	1,3E-04	4,9E.04	1,3E-04
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,435	0,374	1,000	0,002	0,000
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	-0,067	0,342	-0,309	1,000	0,071
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	0,262	0,373	0,696	-0,181	1,000

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

**Paso 3: Análisis de regresión***Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	100	0,506	0,485	0,031	-67,473	-49,842

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	0,086	0,062	-0,038	0,209	1,375	0,1723		
X <sub>1</sub>	-0,495	0,508	-1,503	0,513	-0,975	0,3321	4,951	1,279
X <sub>2</sub>	0,880	0,486	-0,084	1,844	1,813	0,0730	7,262	1,642
X <sub>3</sub>	0,910	0,131	0,649	1,170	6,939	<0,0001	51,661	1,714
X <sub>4</sub>	-0,001	0,003	-0,008	0,005	-0,464	0,6440	4,223	1,515

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

Los análisis reportan, que; la profundidad influye significativamente en la variación de la biomasa en el hábitat OPMSD ( $p < 0,0001$ ); es decir, presenta una relación lineal significativa. El nivel de oleaje, tamaño de sustrato y pendiente de fondo acuático presentaron valores  $p = 0,3321$ ,  $p = 0,0730$  y  $p = 0,6440$  respectivamente; es decir no tienen relaciones lineales con biomasa. Es necesario señalar, que en este tipo de hábitat los tamaños de los sustratos son casi homogéneos y consecuentemente el oleaje se distribuye también de manera uniforme en toda la extensión del hábitat. Obsérvese además un valor de  $R^2 = 0,51$ ; esto indica que el 51% de la variabilidad de los datos es explicada por dicha correlación.

**Anexo 7. Análisis estadístico para hábitat PAG - Escallani**  
**Paso 1: Análisis de linealidad**

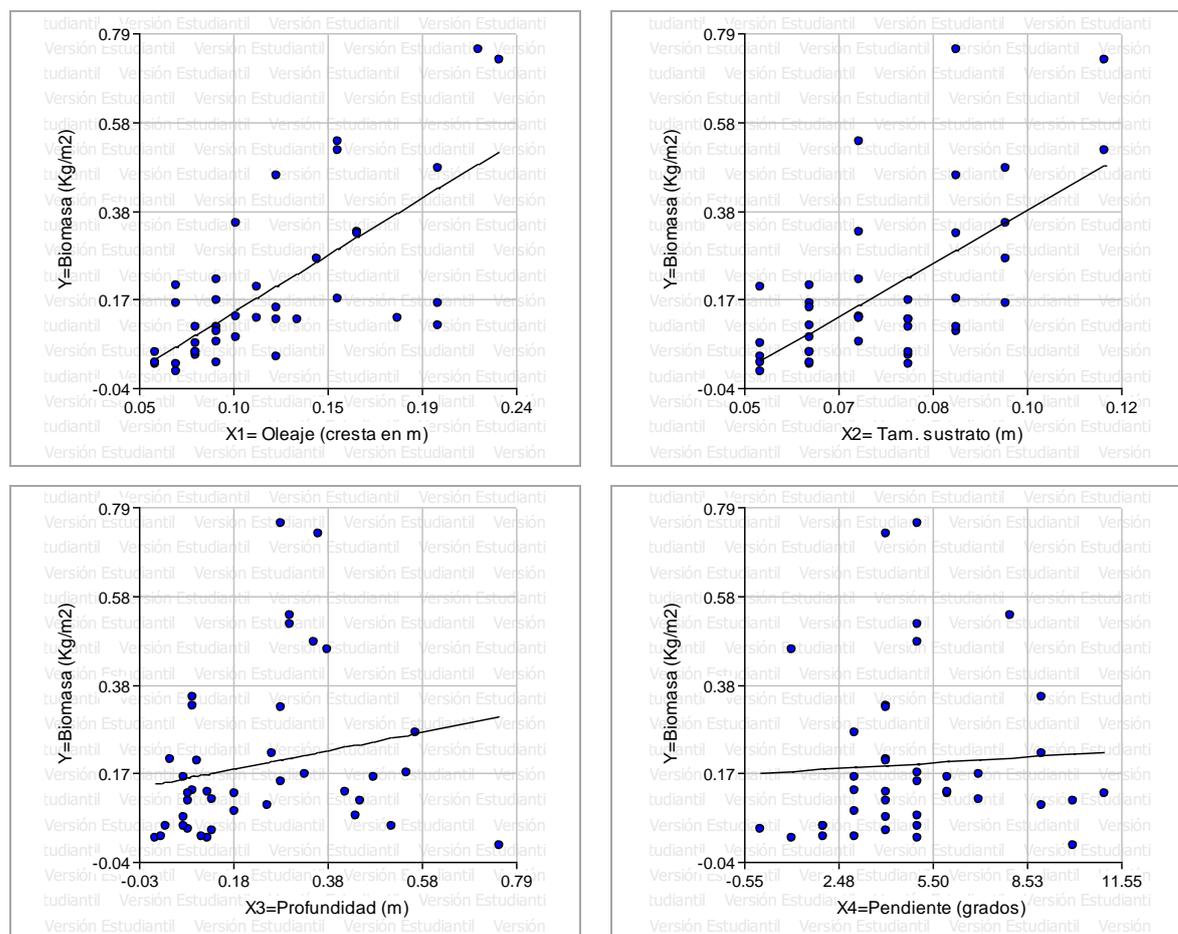


Figura 13. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat PAG - Escallani

**Paso 2: Análisis de colinealidad**

*Coefficientes de correlación - Correlación de Pearson*

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )
X <sub>1</sub> = Oleaje (m)	1,000	0,001	0,101	0,878	4,0E-07
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	0,509	1,000	0,057	0,804	1,3E-05
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,263	0,303	1,000	0,041	0,211
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	0,025	0,040	0,325	1,000	0,712
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	0,704	0,631	0,202	0,060	1,000

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

**Paso 2: Análisis de regresión**

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	40	0,600	0,555	0,022	-44,831	-34,698

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	-0,355	0,094	-0,545	-0,165	-3,792	<0,0006		
X <sub>1</sub>	2,131	0,507	1,102	3,161	4,203	0,0002	21,206	1,376
X <sub>2</sub>	3,923	1,305	1,274	6,571	3,007	0,0049	12,818	1,410
X <sub>3</sub>	-0,073	0,125	-0,327	0,181	-0,584	0,5633	4,359	1,258
X <sub>4</sub>	0,004	0,008	-0,013	0,021	0,480	0,6345	4,251	1,124

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,850	4	0,213	13,150	<0,0001
X <sub>1</sub> = Oleaje (cresta en m)	0,286	1	0,286	17,669	0,0002
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	0,146	1	0,146	9,041	0,0049
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,006	1	0,006	0,341	0,5633
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	0,004	1	0,004	0,230	0,6345
Error	0,566	35	0,016		
Total	1,416	39			

**Anexo 8. Análisis estadístico para hábitat OFALT**  
**Paso 1: Análisis de linealidad**

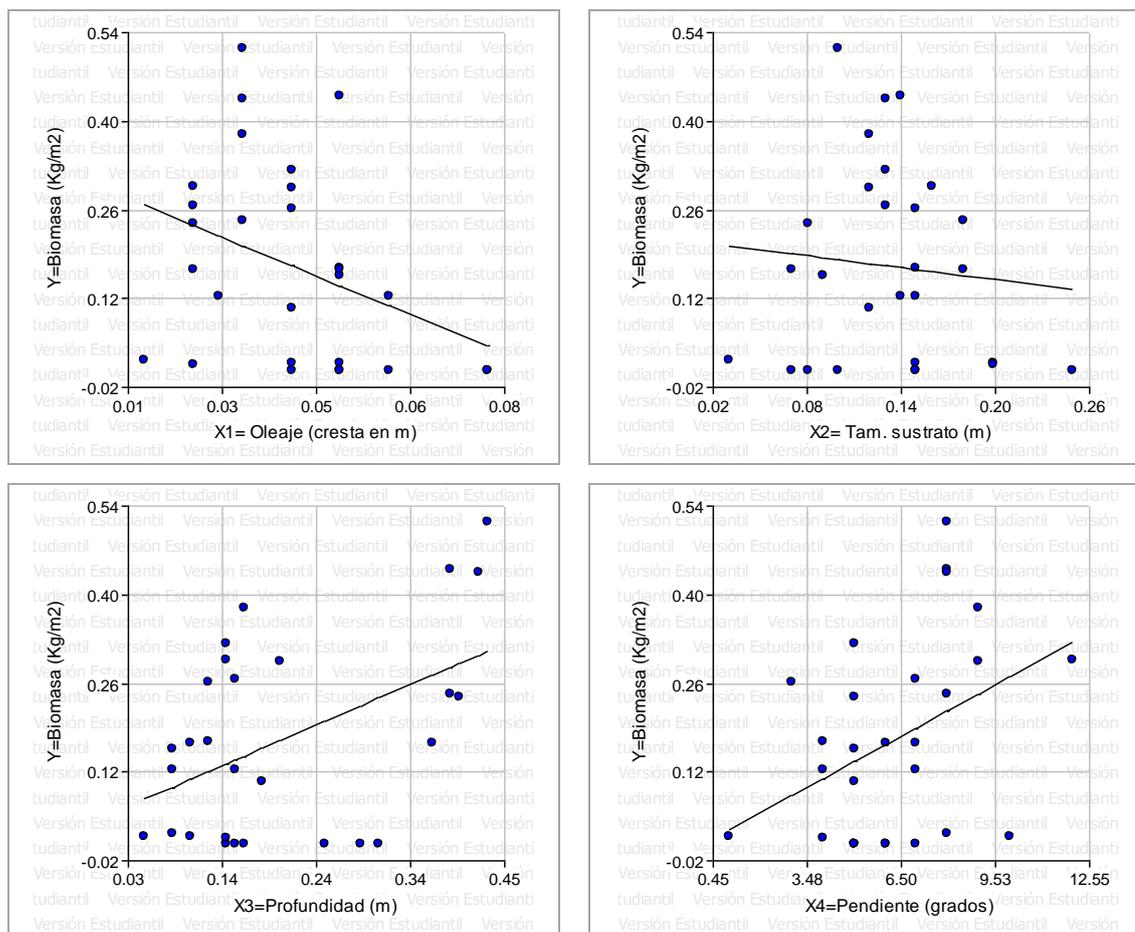


Figura 14. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat OFALT.

**Paso 2: Análisis de colinealidad**

*Coefficientes de correlación - Correlación de Pearson*

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )
X <sub>1</sub> = Oleaje (m)	1,000	0,646	0,301	0,039	0,062
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	0,091	1,000	0,546	0,854	0,635
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	-0,203	-0,119	1,000	0,248	0,011
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	-0,392	-0,036	0,226	1,000	0,035
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	-0,358	-0,094	0,474	0,399	1,000

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

**Paso 2: Análisis de regresión**

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	28	0,344	0,230	0,029	-24,983	-16,990

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallovs	VIF
Const	0,042	0,151	-0,271	0,355	0,278	0,7838		
X <sub>1</sub>	-1,66	1,671	-5,119	1,79	-0,995	0,3300	4,991	1,207
X <sub>2</sub>	-1,078	0,576	-1,270	1,115	-0,135	0,8940	4,059	1,019
X <sub>3</sub>	0,497	0,230	0,021	0,973	2,159	0,0415	8,509	1,083
X <sub>4</sub>	0,016	0,013	-0,010	0,043	1,290	0,2098	5,637	1,214

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,229	4	0,057	3,014	0,0389
X <sub>1</sub> = Oleaje (cresta en m)	0,019	1	0,019	0,991	0,3300
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	3,5E-04	1	3,5E-04	0,018	0,8940
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,089	1	0,089	4,662	0,0415
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	0,032	1	0,032	1,665	0,2098
Error	0,438	23	0,019		
Total	0,667	27			

**Anexo 9. Análisis estadístico para hábitat ERRD**  
**Paso 1: Análisis de linealidad**

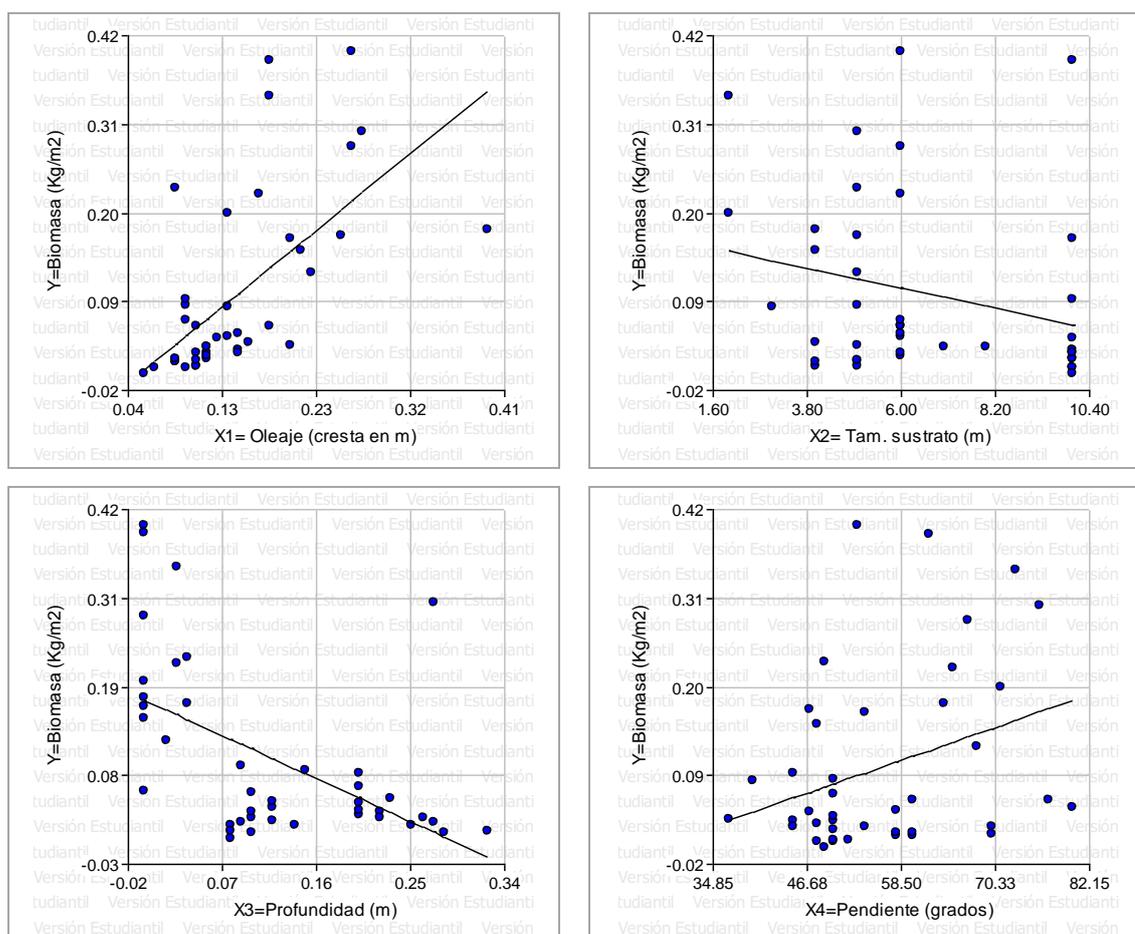


Figura 15. Diagramas de dispersión de regresión lineal de hábitat ERRD.

**Paso 2: Análisis de colinealidad**

*Coefficientes de correlación - Correlación de Pearson*

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )
X <sub>1</sub> = Oleaje (m)	1,000	0,060	0,015	0,076	1,8E-05
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	-0,296	1,000	0,303	0,076	0,105
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	-0,377	0,165	1,000	0,296	2,9E-04
X <sub>4</sub> =Pendiente (grados)	0,280	-0,280	-0,167	1,000	0,036
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	0,617	-0,257	-0,537	0,328	1,000

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

**Paso 2: Análisis de regresión**

*Análisis de regresión lineal múltiple*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Y=Biomasa (Kg/m <sup>2</sup> )	41	0,509	0,454	0,010	-81,448	-71,167

*Coefficientes de regresión y estadísticos asociados*

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	-0,034	0,098	-0,233	0,164	-0,352	0,7271		
X <sub>1</sub>	0,742	0,224	-0,289	1,197	3,308	0,0021	14,667	1,291
X <sub>2</sub>	-0,001	0,006	-0,013	0,013	-0,254	0,8013	4,090	1,151
X <sub>3</sub>	-0,396	0,146	-0,693	-0,100	-2,711	0,0102	11,178	1,174
X <sub>4</sub>	0,001	0,001	-0,001	0,004	1,110	0,2745	5,225	1,142

X<sub>1</sub>= Oleaje (m), X<sub>2</sub>= Tam sustrato (m), X<sub>3</sub>=Profundidad (m), X<sub>4</sub>=Pendiente (%) y Y=Biomasa (Kg/m<sup>2</sup>)

*Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,254	4	0,064	9,320	<0,0001
X <sub>1</sub> = Oleaje (cresta en m)	0,075	1	0,075	10,946	0,0021
X <sub>2</sub> = Tam sustrato (m)	0,0004	1	0,0004	0,064	0,8013
X <sub>3</sub> =Profundidad (m)	0,050	1	0,050	7,350	0,0102
X <sub>4</sub> =Pendiente (%)	0,008	1	0,008	1,232	0,2745
Error	0,246	36	0,007		
Total	0,500	40			

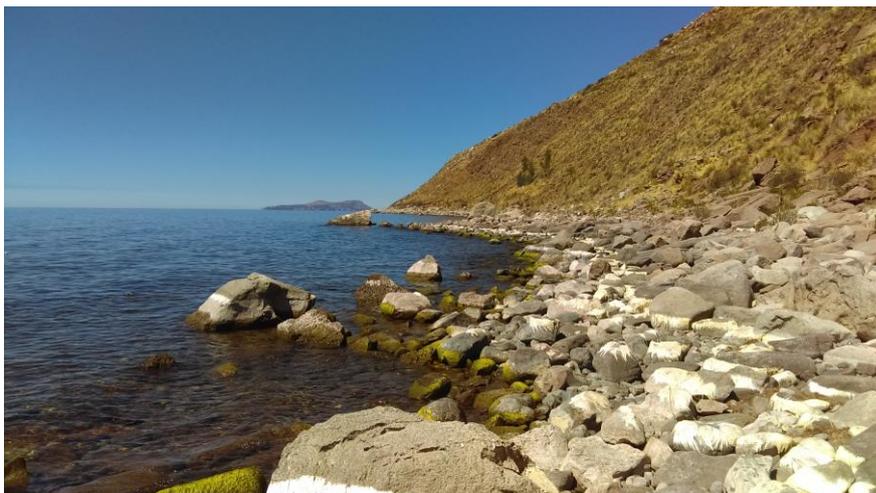
**Anexo 10.** Panel fotográfico



*Figura 16.* La “llaska” en el espacio intermareal – Escallani



*Figura 17.* La “llaska” en zona litoral - Ccotos.

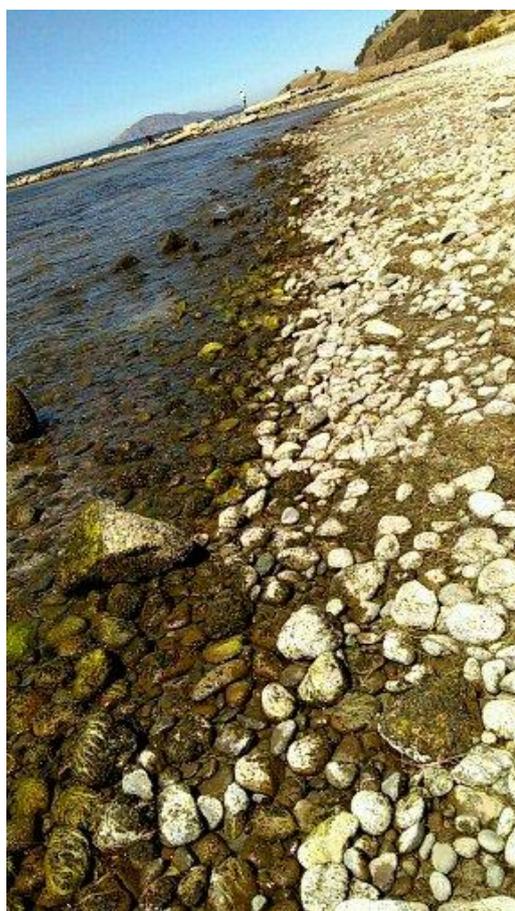


*Figura 18.* Orillas de piedras de gran tamaño (OPGT)

**Anexo 10.** Panel fotográfico (Continuación).



*Figura 19.* Orillas con piedras medianas con suave declive (OPMSD) – Escallani.



*Figura 20.* Izquierda: Orillas con piedras medianas con suave declive (OPMSD) – Ccotos.



*Figura 21.* Derecha: Orillas con fondo acuático limoso y totorales (OFALT) – Ccotos.

**Anexo 10.** Panel fotográfico (Continuación).

*Figura 22.* Hábitat: Escarpadas rocosas con rápido declive (ERRD) – Escallani.



*Figura 23.* Hábitat: Playas con arena y grava (PAG) – Ccotos.



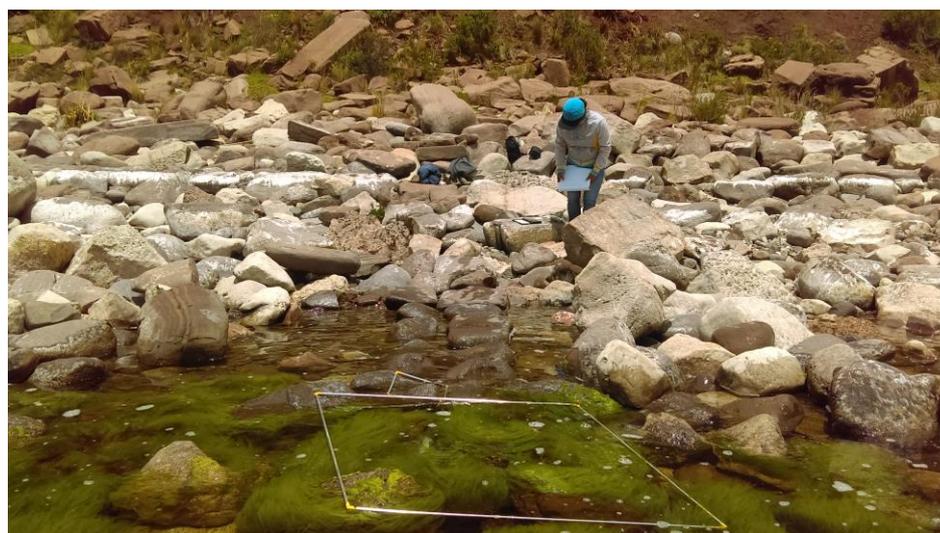
*Figura 24.* Evaluación de biomasa en hábitat piloto – Ccotos

**Anexo 10.** Panel fotográfico (Continuación).



*Figura 25.* Izquierda: Instalación de parcelas experimentales

*Figura 26.* Derecha: Rastros del crecimiento de la “llaska” en parcelas experimentales



*Figura 27.* Evaluación de biomasa en parcelas experimentales