



**UNIVERSIDAD
DE ATACAMA**

INFORME DE CIERRE FONDO DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD

UNIVERSIDAD DE ATACAMA - GOBIERNO REGIONAL DE ATACAMA



Gobierno Regional de Atacama

Proyecto Financiado con Recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad de
Asignación Regional FIC-R 2015 del Gobierno Regional de Atacama

Código BIP 30433072-0

SEPTIEMBRE 2018

INFORME DE CIERRE

“Desarrollo de una nueva tecnología de cultivo para estandarizar la producción de semillas de Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), a través del diseño de un sistema de estanques con ambiente controlado y adición de microalgas cultivadas en foto-bioreactores”: FIC OSTION - TECH”

Código BIP 30433072-0



Resolución exenta FNDR N° 416 del 31 de Diciembre de 2015

Período de Evaluación: Enero 2016 - Marzo 2018

Director del proyecto: Sr. Rafael Crisóstomo Gamboa

SEPTIEMBRE DE 2018

TABLA DE CONTENIDOS

1.	RESUMEN EJECUTIVO.....	6
2.	PRESENTACION DEL PROYECTO.....	8
	2.1Objetivo general.....	8
	2.2Objetivos específicos	8
	2.3Justificación del proyecto.....	9
3.	MARCO TEORICO.....	12
	3.1Características Generales de la especie	13
	3.2Ciclo de Vida.....	14
	3.3Etapas generales del cultivo.....	16
4.	CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES	17
5.	INDICADORES.	19
	5.1Indicadores de ejecución	19
	5.2Indicadores de eficiencia	19
	5.3Indicadores de eficacia	19
6.	RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROYECTO	20
7.	DIFUSION DEL PROYECTO.....	88
8.	PRINCIPALES IMPACTOS DEL PROYECTO	91
9.	CONCLUSIONES FINALES.	92
10.	REFERENCIAS	95

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MORFOLOGÍA DEL OSTIÓN DEL NORTE (<i>ARGOPECTEN PURPURATUS</i>).	13
FIGURA 2. CICLO DE VIDA DEL OSTIÓN DEL NORTE.	14
FIGURA 3. LARVA REPTANDO (PEDIVELIGER).	15
FIGURA 4. LARVA METAMORFOSEADA (DISOCONCHA).	16
FIGURA 5. ESTANQUE VISTA ISOMÉTRICA.	21
FIGURA 6. ASPAS IMPULSORAS Y MOTOREDUCTOR	22
FIGURA 7: HEATER O BOMBA DE CALOR.	22
FIGURA 8. DISEÑO DE INGENIERÍA DEL SISTEMA DE CULTIVO.....	24
FIGURA 9. VISTA ISOMÉTRICA DEL ESTANQUE Y DISPOSICIÓN DE PALETAS IMPULSORAS PARA MODELACIÓN DE FLUIDOS EN EL ESTANQUE.	24
FIGURA 10. MALLADO DE ESTANQUES DE CULTIVO LARVAL.	25
FIGURA 11. VELOCIDAD DE FLUIDO (M/S) A DIFERENTES NIVELES DEL FONDO DEL ESTANQUE.	27
FIGURA 12. CORTE LONGITUDINAL DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO, SECTOR PALETA ROTATORIA 1 (M/S)..	27
FIGURA 13. CORTE LONGITUDINAL DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO, SECTOR PELETA ROTATORIA 2 (M/S)..	28
FIGURA 14. GRÁFICOS DE VELOCIDAD A 0,7 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE (M/S).	29
FIGURA 15. GRÁFICO DE VELOCIDAD A 0,5 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE (M/S).	29
FIGURA 16. GRÁFICO DE VELOCIDAD A 0,3 DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE (M/S).	30
FIGURA 17. GRÁFICO DE VELOCIDAD A 0,1 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE (M/S).	30
FIGURA 18. VECTORES DE VELOCIDAD (M/S) A DIFERENTES PROFUNDIDADES.	32
FIGURA 19. VECTORES DE VELOCIDAD TANGENCIAL AL FLUJO A DIFERENTES PROFUNDIDADES.	33
FIGURA 20. TRAYECTORIA DE PARTÍCULAS DENTRO DEL ESTANQUE (VISTA ISOMÉTRICA).....	34
FIGURA 21. TRAYECTORIA DE PARTÍCULAS DENTRO DEL ESTANQUE DESDE UN VÓRTICE (VISTA FRONTAL Y LONGITUDINAL).....	34
FIGURA 22. ESTANQUE TIPO HIPÓDROMO CON 2 SISTEMAS DE IMPULSIÓN MEDIANTE PALETAS.	36
FIGURA 23. BOMBA DE CALOR O “HEATHER”	37
FIGURA 24. SISTEMA DE CULTIVO DE MICROALGAS EN FOTOBIOREACTOR, PROPUESTO PARA EL CIC-UDA.	39
FIGURA 25. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO PARA EL ESTANQUE DE MICROALGAS FOTOBIOREACTOR.	40
FIGURA 26. VISTA ISOMÉTRICA DEL ESTANQUE CON EL ÁNGULO DE GIRO.	41
FIGURA 27: DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CULTIVO.	41
FIGURA 28. MALLADO DEL ESTANQUE PARA CULTIVO DE MICROALGAS. (265.468 NODOS)	42
FIGURA 29. VELOCIDAD DEL FLUIDO (M/S) A DIFERENTES NIVELES DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE.	44
FIGURA 30. CORTE LONGITUDINAL DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO SECTOR PALETA ROTATORIA (M/S). ...	45
FIGURA 31. CORTE LONGITUDINAL DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO SECTOR SIN PALETA (M/S).	45
FIGURA 32. GRÁFICO DE VELOCIDAD A 0,7 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE, SECTOR CON PALETA ROTATORIA (M/S).	46
FIGURA 33. GRÁFICO DE VELOCIDAD A 0,7 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE, SECTOR CON PALETA ROTATORIA (M/S).	46
FIGURA 34. GRÁFICO DE VELOCIDAD A 0,1 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE, SECTOR CON PALETA ROTATORIA (M/S).	47

FIGURA 35. GRÁFICO DE VELOCIDAD A 0,1 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE, SECTOR SIN PALETA ROTATORIA (M/S).	47
FIGURA 36. VECTORES DE VELOCIDAD (M/S) A 0,5 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE	48
FIGURA 37. VECTORES DE VELOCIDAD (M/S) A 0,4 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE.	48
FIGURA 38. VECTORES DE VELOCIDAD (M/S) A 0,3 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE.	49
FIGURA 39. VECTORES DE VELOCIDAD (M/S) A 0,1 M DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE.	49
FIGURA 40. MOVIMIENTO DEL FLUIDO A DIFERENTES NIVELES DESDE EL FONDO DEL ESTANQUE.	50
FIGURA 41. TRAYECTORIA DE PARTÍCULAS DENTRO DEL ESTANQUE (VISTA ISOMÉTRICA).	51
FIGURA 42. ESTANQUE HIPÓDROMO PARA CULTIVO DE MICROALGAS EN FOTOBIOREACTOR CIC-UDA	53
FIGURA 43. COMPARACIÓN DE TRES BATCH DE <i>PHAEODACTILUM SP.</i> CULTIVADOS EN FOTOBIOREACTOR DURANTE LOS MESES DE JUNIO-JULIO-AGOSTO (X= DÍAS DE CULTIVO ; Y= CÉLULAS POR ML.	57
FIGURA 44. CURVAS DE CRECIMIENTO PARA <i>PHAEODACTILUM SP.</i> Y <i>NANNOCHLORIS SP.</i> CULTIVADAS EN FOTOBIOREACTOR.	60
FIGURA 45. CULTIVO MASIVO DE LA ESPECIE <i>NANNOCHLORIS SP.</i> EN ESTANQUE TIPO HIPÓDROMO (BATCH 4).	61
FIGURA 46. POBLACIONES NORMALES CON IGUAL VARIANZA Y MEDIAS DISTINTAS.	64
FIGURA 47. REGIONES DE RECHAZO Y ACEPTACIÓN DE LA HIPÓTESIS NULA EN FUNCIÓN DEL VALOR-P.	65
FIGURA 48. SISTEMA DE FIJACIÓN CON POST-LARVAS FIJADAS	67
FIGURA 49. SISTEMAS DE FIJACIÓN CON POST-LARVAS EN ESTANQUE DE CULTIVO EN TIERRA CON AMBIENTE CONTROLADO.	68
FIGURA 50. TALLAS EN MM. PARA OSTIÓN DEL NORTE CULTIVADO DE LA FORMA TRADICIONAL DE CULTIVO VERSUS LA NUEVA METODOLOGÍA DE CULTIVO EN AMBIENTE CONTROLADO (BATCH 010417). X=N; Y= TALLA (MM.)	69
FIGURA 51. FRECUENCIA DE TALLAS PARA FORMA TRADICIONAL DE CULTIVO Y SISTEMA EN AMBIENTE CONTROLADO (X= TALLA MM.; Y= NÚMERO DE INDIVIDUOS).	70
FIGURA 52. NÚMERO DE SEMILLAS OBTENIDAS POR SISTEMA DE FIJACIÓN LUEGO DE 4 MESES DE CULTIVO EN MAR Y EN AMBIENTE CONTROLADO (OSTIÓN TECH) (BATCH 010417).	72
FIGURA 53. TALLAS EN MM. PARA OSTIÓN DEL NORTE CULTIVADO DE LA FORMA TRADICIONAL DE CULTIVO VERSUS LA NUEVA METODOLOGÍA DE CULTIVO EN AMBIENTE CONTROLADO (BATCH 010417). X=N; Y= TALLA (MM.)	74
FIGURA 54. FRECUENCIA DE TALLAS PARA FORMA TRADICIONAL DE CULTIVO Y SISTEMA EN AMBIENTE CONTROLADO (X= TALLA MM.; Y= NÚMERO DE INDIVIDUOS).	76
FIGURA 55. NÚMERO DE SEMILLAS OBTENIDAS POR SISTEMA DE FIJACIÓN LUEGO DE 4 MESES DE CULTIVO EN MAR Y EN AMBIENTE CONTROLADO (OSTIÓN TECH) (BATCH 1801).	78
FIGURA 56. DISTRIBUCIÓN DE GASTOS MÉTODO TRADICIONAL DE CULTIVO.	82
FIGURA 57. DISTRIBUCIÓN DE GASTOS ANUALES SISTEMA OTU.	82
FIGURA 58. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE GASTO DE CADA ÍTEM DE COSTO PARA EL MÉTODO TRADICIONAL DE CULTIVO Y EL SISTEMA OTU.	83
FIGURA 59. DISTRIBUCIÓN ANUAL DE GASTOS Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE OSTIÓN DEL NORTE PARA EL MÉTODO TRADICIONAL DE CULTIVO Y EL SISTEMA OTU.	85
FIGURA 60. GASTO ANUAL CLP\$ SISTEMA OTU Y MÉTODO TRADICIONAL DE CULTIVO.	86
FIGURA 61. PRODUCCIÓN ANUAL DE SEMILLAS SISTEMA OTU Y MÉTODO TRADICIONAL DE CULTIVO.	86

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. CUMPLIMIENTOS DE ACTIVIDADES.....	17
TABLA 2. REGISTRO DE PARÁMETROS EN CULTIVO DE PHAEODACTILUM SP. (BATCH 1).....	53
TABLA 3. REGISTRO DE PARÁMETROS EN CULTIVO DE PHAEODACTILUM SP. (BATCH 2).....	54
TABLA 4. REGISTRO DE PARÁMETROS EN CULTIVO DE PHAEODACTILUM SP. (BATCH 3).....	55
TABLA 5. REGISTRO DE PARÁMETROS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE NANNOCHLORIS SP. EN FOTOBIORREACTOR DURANTE LOS MESES DE AGOSTO-SEPTIEMBRE Y OCTUBRE DE 2017.....	57
TABLA 6. TALLAS PROMEDIO (MM.) PARA OSTIÓN DEL NORTE CULTIVADO POR 4 MESES POST FIJACIÓN DE FORMA TRADICIONAL Y AMBIENTE CONTROLADO (BATCH 010417) (N=187).....	67
TABLA 7. RESULTADOS DEL CONTRASTE DE TALLAS MEDIAS BASADO EN LA T DE STUDENT PARA EL CULTIVO COMPARATIVO DE OSTIÓN DEL NORTE EN FORMA TRADICIONAL VERSUS AMBIENTE CONTROLADO (BATCH 010417).....	68
TABLA 8. NÚMERO DE SEMILLAS DE OSTIÓN DEL NORTE POR SISTEMA DE FIJACIÓN PARA CADA METODOLOGÍA DE CULTIVO (TRADICIONAL Y AMBIENTE CONTROLADO).....	70
TABLA 9. RESULTADOS DEL CONTRASTE DE RETORNO DE SEMILLAS BASADO EN LA T DE STUDENT PARA EL CULTIVO COMPARATIVO DE OSTIÓN DEL NORTE EN FORMA TRADICIONAL VERSUS AMBIENTE CONTROLADO (BATCH 010417).....	71
TABLA 10. TALLAS PROMEDIO (MM.) PARA OSTIÓN DEL NORTE CULTIVADO POR 4 MESES POST FIJACIÓN DE FORMA TRADICIONAL Y AMBIENTE CONTROLADO (BATCH 010417) (N=187).....	73
TABLA 11. RESULTADOS DEL CONTRASTE DE TALLAS MEDIAS BASADO EN LA T DE STUDENT PARA EL CULTIVO COMPARATIVO DE OSTIÓN DEL NORTE EN FORMA TRADICIONAL VERSUS AMBIENTE CONTROLADO (BATCH 1801).....	74
TABLA 12. NÚMERO DE SEMILLAS DE OSTIÓN DEL NORTE POR SISTEMA DE FIJACIÓN PARA CADA METODOLOGÍA DE CULTIVO (TRADICIONAL Y AMBIENTE CONTROLADO).....	76
TABLA 13. RESULTADOS DEL CONTRASTE DE RETORNO DE SEMILLAS BASADO EN LA T DE STUDENT PARA EL CULTIVO COMPARATIVO DE OSTIÓN DEL NORTE EN FORMA TRADICIONAL VERSUS AMBIENTE CONTROLADO (BATCH 1801).....	78
TABLA 14. RESUMEN DE ANÁLISIS DEL MÉTODO TRADICIONAL DE CULTIVO V/S EL SISTEMA OTU EN HATCHERY DE 300 METROS CÚBICOS DE CAPACIDAD INSTALADA.....	80
TABLA 15. DESGLOSE DEL GRUPO “OTROS” Y EL APORTE PORCENTUAL A LA ESTRUCTURA DE COSTOS EN AMBOS SISTEMAS DE CULTIVO.....	83
TABLA 16. RESUMEN DE ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE OSTIÓN DEL NORTE Y COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN PARA EL MÉTODO TRADICIONAL DE CULTIVO Y EL SISTEMA OTU.....	84
TABLA 17. COSTO UNITARIO DE SEMILLA (CLP\$) Y VARIACIÓN PORCENTUAL EN EL COSTO UNITARIO DE SEMILLA PARA EL MÉTODO TRADICIONAL DE CULTIVO Y EL SISTEMA OTU.....	86

1. RESUMEN EJECUTIVO

La pesca artesanal en Chile ha pasado de un gran auge entre los años 1980 y 1990 a una importante disminución de sus desembarques en los últimos años. La implementación de planes de manejo, ha buscado la sustentabilidad de los recursos en el tiempo, sin embargo, actualmente la pesca artesanal se encuentra inmersa en una profunda crisis producto de la sobre explotación de los recursos pesqueros, sumado a los efectos del cambio climático y otros agentes perturbadores. Pese a los esfuerzos realizados por la institución pública por mitigar los efectos de esta crisis pesquera, aún no se ha logrado dar sustentabilidad al sector. En este contexto, varias organizaciones de pesca artesanal de la región de Atacama, han presentado su interés por implementar medidas y programas que ayuden a mitigar esta crisis (vía Programa de Fomento para la Pesca Artesanal, PFPA), específicamente en Áreas de Manejo (AMERB) con programas de acuicultura para la extracción de recursos bentónicos (por ej.: algas, erizos, etc.) y de acuicultura a pequeña escala para el cultivo de moluscos bivalvos de alto valor comercial como el ostión del norte. Como antecedente cabe destacar que el cultivo de semillas de ostión en la etapa de hatchery no ha tenido mayores modificaciones en sus protocolos de cultivo desde los años 80, a su vez, no se han encontrado respuestas claras a los problemas de bajas de alimento primario de microalgas en mar luego de la fijación de la post-larva, ya que este problema nunca se ha abordado en forma real, lo que influye directamente en los aumentos de costos de producción de las empresas haciéndolas poco competitivas o “atractivas” frente a otras industrias como la del abalon o peces, los cuales si han logrado resolver esta problemática y gracias a esto logran producir sus semillas o alevines en forma constante durante todo el año, pudiendo rentabilizar así sus instalaciones y operaciones a lo largo del ciclo productivo. Actualmente y desde los inicios del cultivo del ostión el mantener la supervivencia de la post-larva depende en un 100% de las condiciones del mar y por tanto de factores ambientales no controlables, los cuales son muy variables en cada época del año.

Con respecto a la producción de semillas de ostión y la propuesta técnica para resolver esta problemática, consiste en un sistema de cultivo de semillas el cual, luego de la fijación, se mantiene en tierra y se alimenta de forma constante con microalgas del medio (a través del recambio de agua) y además con aportes de cultivos de microalgas específicas producidas de forma constante por medio de foto-bioreactores, las cuales aportarán los nutrientes requeridos para cultivar las semillas en tierra y de esta forma evitar sucesos no controlables en mar que provocan las mortalidades anteriormente descritas. Los foto-bioreactores son dispositivos diseñados para el cultivo de microorganismos fotosintéticos acuáticos, en este caso será utilizado para la producción masiva de microalgas que alimentarán las larvas y postlarvas fijadas de ostión del norte.

Esta iniciativa pretende, controlar la mortalidad en las primeras etapas de cultivo, ya que representan el mayor porcentaje de la mortalidad total, siendo el primer mes el más crítico, tanto por la falta de alimento, condiciones del mar, manejo de sistemas de cultivo, pérdida de sistemas fijados (por marejadas) y por predación (jaiba fijada dentro de colectores), a través del desarrollo de una nueva tecnología que logre una independencia de las condiciones del medio para producir semillas de forma constante y a su vez genere una importante fuente de información científica que permita aumentar y sustentar la producción de semillas de ostión en el tiempo, lo que se verá traducido en aumentos de la productividad, baja en los costos de producción, crecimiento sostenido de los acuicultores de pequeña escala de ostión y el abastecimiento de semillas a los pescadores artesanales que se dedican al cultivo de este importante recurso para la región y el país. Cabe destacar que el hatchery de producción del morro de la Universidad de Atacama, es uno de los pocos centros de abastecimiento de semillas de ostión de la región, y por lo tanto al aumentar la producción de semillas, aumenta también la disponibilidad de ellas a los pequeños cultivadores.

2. PRESENTACION DEL PROYECTO

2.1 *Objetivo general*

Incrementar la producción de semillas a través del desarrollo de una nueva técnica de cultivo de post larvas de Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), en ambiente controlado y con alimentación por medio de foto-biorreactores de microalgas.

2.2 *Objetivos específicos*

- Diseñar e implementar un nuevo sistema de cultivo de semillas de ostión para la fijación y crecimiento de post-larvas.
- Diseñar e implementar el sistema de foto-biorreactores para el cultivo de microalgas en ambiente controlado para la alimentación de post-larvas de ostión.
- Evaluar en términos comparativos el sistema tradicional de cultivo versus el sistema implementado en ambiente controlado.
- Evaluación técnico-económica del nuevo sistema versus la metodología tradicional de cultivo.
- Difundir los resultados y nuevas tecnologías a entidades públicas y privadas del sector acuícola y pesquero artesanal a nivel regional, nacional e internacional.

2.3 Justificación del proyecto

El desarrollo de los cultivos de bivalvos, comenzó con el cultivo de Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), especie que fue primero explotada intensivamente desde bancos naturales a mediados de la década del 40, luego le siguió el desarrollo científico-tecnológico de su cultivo en el año 1981, a cargo de la Universidad Católica del Norte y el Instituto de Fomento Pesquero, lo que permitió las primeras producciones comerciales a partir del año 1986 en las Regiones III y IV. Pese a que durante los últimos 20 años la especie *Argopecten purpuratus* ha sido el recurso hidrobiológico en donde más se ha invertido en investigación y desarrollo de moluscos (I+D, alcanzó un total de más del 31% del financiamiento asignado lo que se traduce en una inversión de más de 4.000 millones de pesos de un total de 14.000 millones de pesos en proyectos de moluscos (FAO, 2007)), la industria se ha mantenido en una especie de “status quo” en lo que refiere a mejoras tecnológicas o cambios en los sistemas de producción. En la actualidad existen solo dos formas de producción de semillas (captación natural y producción de semillas en hatchery) y en forma general el cultivo del ostión se realiza de acuerdo a un proceso estándar consistente en tres etapas, Abastecimiento de Semillas, Siembra en mar y Cosecha. Los productos obtenidos de esta etapa de cultivo final “Cosecha” se destinan a Plantas de Proceso y/o Venta directa (venta playa).

Actualmente se encuentran inscritos en el Registro Nacional de Acuicultura 401 centros de cultivo, con un promedio de 17 hectáreas por centro, de estos, la gran mayoría se encuentran en las áreas costeras de la III y IV Regiones (Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, 2015). No obstante, y debido a los riesgos implícitos en el cultivo sobre todo en la etapa inicial de cultivo en mar, más de un 70% de estos centros no se encuentran en funcionamiento. Por otro lado, todos los productores de ostión realizan en términos generales, el mismo procedimiento para la obtención de semillas el cual consiste en la selección y acondicionamiento de reproductores, inducción al desove por medio de estrés, cultivo larval en estanques, fijación en colectores y traslado a cultivo en mar, esto se sustenta en base a manual de cultivo de moluscos bivalvos preparado por FAO el año 1999 el cual a la fecha se mantiene sin cambios (FAO, Documento Técnico de Pesca 471, 1999).

La industria de ostión experimentó en años anteriores, momentos críticos en cuanto a su producción y exportación, debido a la fuerte competencia con la que entró al mercado el ostión peruano. La fuerte caída del precio en las exportaciones en nuestro país, hizo peligrar la producción de este molusco bivalvo, obligando a la mayoría de las grandes empresas productoras a cerrar sus cultivos, viéndose directamente afectada la región de Atacama, en donde la acuicultura del ostión, representaba la mayor industria acuícola.

Dados los acontecimientos anteriores, el Gobierno Regional de Atacama ha apoyado iniciativas de fomento para la ejecución de Proyectos enfocados a impulsar la pequeña acuicultura y el cultivo en áreas de manejo del sector pesca artesanal de la Región, obteniendo resultados concretos de promoción de la acuicultura, aumentando el número de emprendimientos y capacidad productiva de pequeños acuicultores, dando respuesta a los lineamientos principales de la estrategia regional de desarrollo de Atacama.

Estos resultados se ven reflejados en el aumento de la oferta del recurso Ostión del Norte, del turismo relacionado al consumo de esta especie y a la diversificación de la matriz productiva regional. Actualmente en la Zona Norte del país, existen solo tres hatcheries de carácter público capaces de proveer semillas de ostión, los cuales se encuentran en la ciudades de Antofagasta, Coquimbo y Caldera, este último impulsado por la Universidad de Atacama, para investigar, producir y generar transferencia tecnológica en recursos acuícolas de importancia Regional. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados, el abastecimiento de semillas de ostión no ha podido sustentarse en el tiempo por motivos de condiciones ambientales adversas al cultivo en la bahía (bajas prolongadas en la saturación y concentración de oxígeno disuelto asociadas principalmente a la corriente del niño que afecta actualmente a la zona norte del país). Este tipo de fenómenos causan altas mortalidades de semillas y desoves masivos producto del estrés al cual son sometidos los ejemplares adultos de ostión cultivados en mar. Estas condiciones adversas han mermado la producción de ostiones a lo largo de toda la historia de la industria en Chile, lo que repercute fuertemente en los pequeños y grandes empresarios del ostión a nivel nacional. Al analizar estas condiciones y un sinfín de otros factores ambientales de tipo estacional que afectan la productividad del recurso (temperatura, disponibilidad de alimento, bloom de microalgas, bajas de

oxígeno, entre otros), crean la necesidad imperativa de una investigación aplicada a la tecnología de cultivo de la semilla de ostión.

Hoy en día, no se registran antecedentes de empresas o instituciones que realicen la etapa de post-larva fijada a semilla en ambiente controlado en tierra, teniendo solo como antecedente de desarrollo tecnológico un programa de capacitación de la Universidad católica del Norte llamado “Tecnología de Recirculación de Agua Aplicada al Cultivo de Moluscos” realizado el año 2011, el cual se enfocó únicamente en el mejoramiento de la producción larval de ostión sin incluir el cultivo de post-larvas hasta semilla.

Es por esta razón que resulta de vital importancia para el desarrollo sustentable de la industria del Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), realizar esfuerzos de investigación aplicada enfocados a incrementar los niveles de productividad en las etapas iniciales de cultivo para así dar respuesta a los requerimientos de la Pequeña Acuicultura y Pesca Artesanal de la Región de Atacama y del País.

3. MARCO TEORICO

El ostión del Norte (*Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819), se distribuye en la costa del Pacífico desde Panamá hasta Chiloé (Chile). Su distribución batimétrica va desde 1 a 40 metros de profundidad (Osorio y Bahamonde, 1968).

En el año 1982, comienzan a desarrollarse los primeros cultivos comerciales de ostión del norte en el país. El acceso a nuevas áreas de cultivo a mediados de la década de los 80, producto de una veda indefinida para esta especie en el año 1986, permitió una expansión de la actividad, la cual tuvo su auge a partir de los años 90 y hasta la actualidad, alcanzando precios superiores a los 10 dólares EE.UU./kg, convirtiendo a Chile en el tercer productor mundial de ostiones después de China y Japón.

Las regiones en Chile con las mayores producciones de cultivo, son la de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, mientras que en el sur de Chile, la región de los Lagos, luego de introducirse la especie a mediados de la década de los 80, ha contado sólo con producciones ocasionales (Uriarte et al., 2001, 2004). Aunque la factibilidad del cultivo de esta especie en el sur de Chile ha sido demostrada, la especie se encuentra en rangos extremos de alimentación, temperatura y salinidad que afectan la sobrevivencia y el crecimiento (Navarro y González, 1998; López et al., 2004; Farías y Uriarte, 2001) y generan un alto riesgo comercial.

Desde los años 90, dada la fuerte demanda por este producto desde los mercados internacionales, comienza a cultivarse el ostión del norte a nivel masivo, llegando a cosechar, en el año 2008, un total de 21.000 toneladas, producidas en las regiones de Atacama y Coquimbo. Sin embargo, desde ese año en adelante, comenzó un fuerte descenso llegando a tan solo 2.883 toneladas en el año 2015 (sernapesca.cl). La caída de las cosechas se inició con la crisis económica que afectó a los mercados internacionales y se agravó producto de la competencia del ostión peruano, que entró en los mercados a muy bajo precio y provocó que las grandes empresas productoras nacionales cerraran sus operaciones.

Hoy en día, se abre una oportunidad de negocio para la pequeña acuicultura y para la pesca artesanal, ya que la demanda del ostión del norte a nivel nacional ha ido en aumento, sumado a una disminución de la oferta del ostión peruano lo que presenta un escenario más optimista para los cultivadores.

3.1 Características Generales de la especie

La especie *Argopecten purpuratus*, presenta una concha grande, sólida, circular, moderadamente convexa, más larga que alta. Este molusco puede vivir tranquilamente con temperaturas que van desde los 13 °C a 20 °C, puede llegar a soportar extremos de 7° C hasta 28 ° C, es un molusco filtrador, se provee de su alimento dependiendo de la abundancia de fitoplancton en el medio donde habita. Si el fitoplancton desaparece, la mayoría de los moluscos migran o mueren de inanición. *A. purpuratus* es una especie hermafrodita funcional. Tanto la gónada femenina como la masculina maduran de forma simultánea. Sus gametos los expulsa de forma secuencial, normalmente el esperma primero seguido de los óvulos, para luego cambiar a esperma otra vez dentro del mismo ciclo de desove.



Figura 1. Morfología del Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*).

3.2 Ciclo de Vida

Los ejemplares de *A. purpuratus* adquieren la primera madurez gonadal cuando alcanzan la talla de 65 mm aproximadamente, entre los 10 o 12 meses de edad, desovando de 1 a 10 millones de óvulos. El proceso del desove se inicia generalmente expulsando al exterior el esperma, para continuar con los óvulos. El ciclo biológico comprende cuatro fases: huevo, larva, juvenil y adulto. La fase larval es planctónica y presenta tres estadios:

- 1) Trocófora (larva ciliada)
- 2) Veliger (con velo u órgano ciliado nadador)
- 3) Pediveliger, que se caracteriza por la segregación de la concha y del pie, que le sirve para adherirse al sustrato adecuado

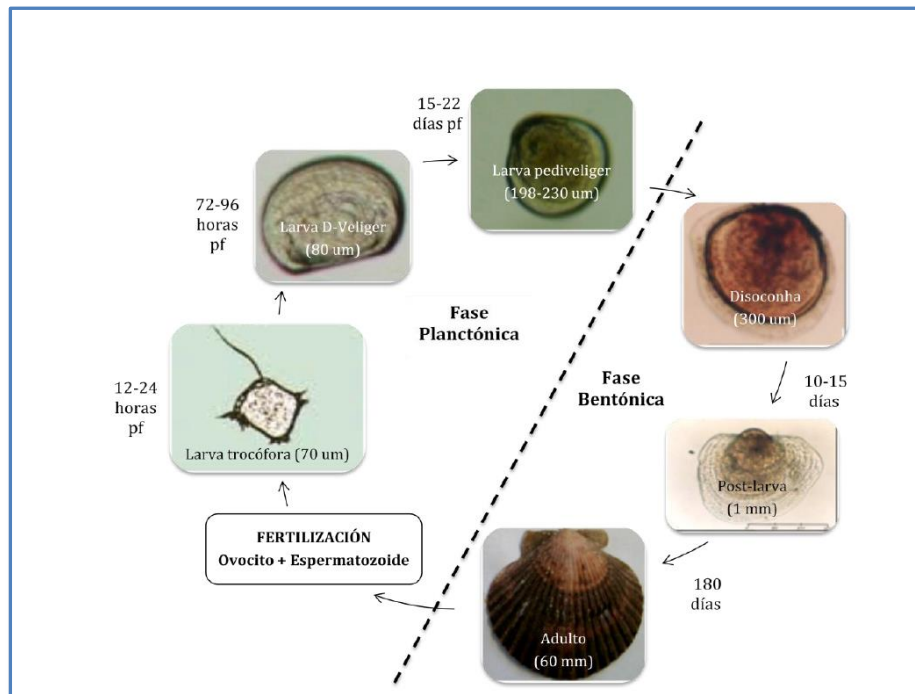


Figura 2. Ciclo de vida del Ostión del Norte.

El tiempo necesario para el desarrollo larvario varía principalmente, en función de la temperatura. En un periodo de 12-24 horas post fecundación la masa multicelular se convierte en una larva trocófora con motilidad de un tamaño 60-80 μm . Se ha determinado que a 18°C, la larva se convierte en una D-veliger (de charnela recta) entre 72-96 horas, el último estadio de la fase planctónica (larva pediveliger) se alcanza a los 22 días, con un tamaño de 198 μm . En otro estudio realizado a 20-22°C, determinaron que la larva tipo “D” puede alcanzar una altura de 100 μm en menos de 48 horas. Además, mencionan un tiempo de 16 días para que la larva pediveliger esté madura, con un tamaño de $231 \pm 10 \mu\text{m}$. Cuando dicha larva está a punto de alcanzar la madurez, inicia su metamorfosis, desarrollando un pie y branquias rudimentarias, para luego asentarse y alcanzar en pocas horas, una altura de 300 μm aproximadamente. En este punto las larvas presentan movilidad sobre el sustrato con la ayuda del pie, se ha determinado que de manera general la fase juvenil se inicia 10-15 días después del asentamiento, con una altura de 1 mm aproximadamente.

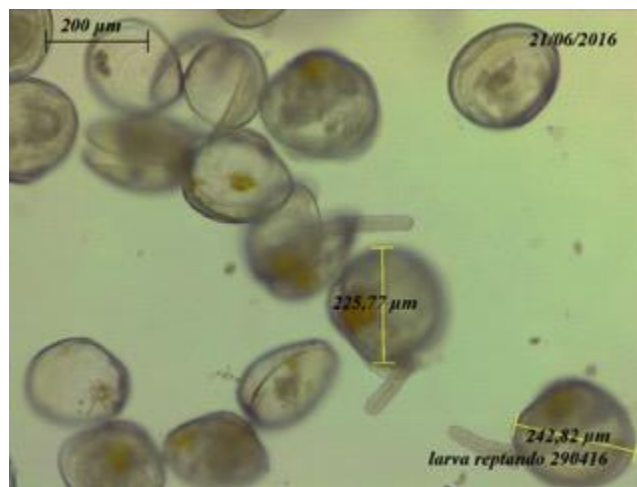


Figura 3. Larva reptando (pediveliger).

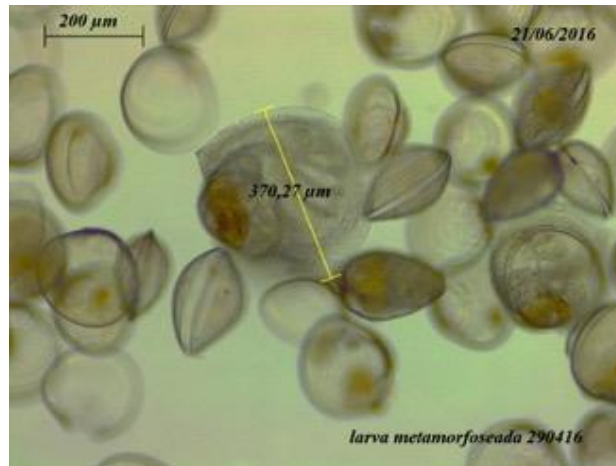


Figura 4. Larva metamorfoseada (Disoconcha).

3.3 Etapas generales del cultivo.

- Selección de Reproductores
- Desove
- Desarrollo larval en hatchery (fase planctónica y fase bentónica)
- Siembra de semilla fijada, en long-line
- Obtención de semilla desde sistemas de fijación y primer desdoble
- Segundo desdoble y cálculo de densidades de siembra
- Manejos intermedios
- Cosecha

4. CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES

Tabla 1. Cumplimientos de Actividades

Objetivo específico	Actividad	Avance por actividad
Diseñar e implementar un nuevo sistema de cultivo de semillas de ostión para la fijación y crecimiento de post-larvas.	Diseño, modelación y evaluación teórica del sistema de cultivo de post-larvas a nivel de prototipo.	100 % Se diseñó, modeló y evaluó el estanque de cultivo en función de los requerimientos del sistema (hidrodinámica, materiales, capacidad de carga, entre otros).
	Construcción del estanque y sus componentes, para el cultivo de post-larvas.	100% Se realizó el proceso de compra del estanque, en el cual solo una empresa participó. Se procede a la construcción y llegada del estanque al CIC.
	Habilitación y puesta en marcha del sistema de cultivo.	100% Se habilitó el estanque de cultivo con los sistemas necesarios de funcionamiento, se instalaron las aspas y los motoredutores, para crear el movimiento del agua de mar.
Diseñar e implementar el sistema de foto-bioreactores para el cultivo de microalgas en ambiente controlado para la alimentación de post-larvas de ostión.	Diseño, modelación y evaluación del fotobiorreactor.	100 % Se diseñó, modeló y evaluó el estanque fotobiorreactor de cultivo en función de los requerimientos del sistema (hidrodinámica, materiales, capacidad de carga, entre otros).
	Construcción del fotobiorreactor.	100% Se realizó el proceso de compra del estanque, en el cual solo una empresa participó. Se procede a la construcción y llegada del estanque al CIC.
	Habilitación y puesta en marcha del fotobiorreactor.	100% Se habilitó el estanque de cultivo con

		los sistemas necesarios de funcionamiento, se instalaron las aspas y los motoreductores, para crear el movimiento del agua de mar.
Evaluar en términos comparativos el sistema tradicional de cultivo versus el sistema implementado en ambiente controlado.	Producción de microalgas	100% Se realizó la producción de distintas cepas de microalgas en el estanque fotobiorreactor como cultivo masivo.
	Producción de post-larvas	100% Se realizaron los procedimientos de producción de larvas y post-larvas de ostión del norte bajo las condiciones de cultivo estándar del CIC-UDA
	Fijación de las post-larvas.	100% Fijación de las postlarvas en el nuevo estanque y en el sistema tradicional de cultivo dentro de los plazos propuestos.
Evaluación técnico-económica del nuevo sistema versus la metodología tradicional de cultivo.	Medición de los parámetros físico-químicos.	100% Se realizó la medición de los parámetros físico-químicos (temperatura, salinidad, concentración y saturación de oxígeno disuelto, pH, CO ₂ , entre otros) en el nuevo estanque.
	Medición de los parámetros productivos.	100% Se realizó la medición de los parámetros productivos (medición de tallas, estimación de sobrevivencia de las post-larvas fijadas) en el nuevo estanque y el sistema tradicional de cultivo.
Difundir los resultados y nuevas tecnologías a entidades públicas y privadas del sector acuícola y pesquero artesanal a nivel regional, nacional e internacional	Realización de seminario taller.	100% Una vez finalizada la experiencia se procederá a realizar un seminario taller en donde se presentará la metodología, los resultados y conclusiones de la experiencia.

5. INDICADORES.

5.1 Indicadores de ejecución

Nombre del Indicador	Fórmula de Cálculo	Resultado Obtenido
Implementación y puesta en marcha del fotobiorreactor para producción de microalgas.	$(N^{\circ} \text{ de sistemas implementados} / N^{\circ} \text{ de sistemas a implementar (6)}) * 100$	100%
Implementación y puesta en marcha del sistema de cultivo de postlarvas de ostión.	$(N^{\circ} \text{ de componentes del sistema implementados} / N^{\circ} \text{ de componentes del sistema a implementar (5)}) * 100$	100%

5.2 Indicadores de eficiencia

Nombre del Indicador	Fórmula de Cálculo	Resultado Obtenido
Porcentaje de reducción del tiempo de cultivo de postlarvas.	$\text{Tiempo de cultivo de postlarvas} / \text{tiempo promedio} * 100$	70%
Porcentaje de retorno de semillas	$\text{porcentaje de semillas de retorno} / \text{porcentaje de semillas promedio de retorno (1\%histórico)} * 100$	150%

5.3 Indicadores de eficacia

Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Resultado obtenido
Producción de semillas de ostión del norte	$(N^{\circ} \text{ de batch producidos} / N^{\circ} \text{ total de batch propuestos en el proyecto (3)}) * 100$	100%
Producción de microalgas en el fotobiorreactor	$(N^{\circ} \text{ de meses con producción de microalgas} / N^{\circ} \text{ de meses propuestos en el proyecto (6)}) * 100$	100%

6. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROYECTO

Los resultados obtenidos se presentan en base a los objetivos específicos planteados en el proyecto.

6.1 Diseñar e implementar un nuevo sistema de cultivo de semillas de ostión para la fijación y crecimiento de post-larvas.

El proceso de diseño e implementación del sistema de cultivo en tierra de semillas de ostión del norte (*Argopecten purpuratus*), se dividió en tres actividades principales, estas fueron, el diseño, modelación y evaluación teórica del sistema de cultivo de post-larvas a nivel de prototipo, la construcción del estanque y sus componentes para el cultivo de post-larvas y finalmente la habilitación y puesta en marcha del sistema de cultivo.

6.1.1 Diseño, modelación y evaluación teórica del sistema de cultivo de post-larvas de ostión del Norte a nivel de prototipo.

Para desarrollar el cultivo en tierra de ostión del Norte, se determinaron las dimensiones del estanque de cultivo, para este proyecto, el factor limitante para determinar el tamaño del estanque de cultivo fue el espacio disponible en las instalaciones del Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama (CIC-UDA), en base a este factor, se propuso un estanque que optimizara el espacio disponible para desarrollar de la mejor forma posible el proyecto. En base a esto, se determinó que el estanque de cultivo tuviera una composición tipo hipódromo que permitiera circular el agua a través de 2 canales, en los cuales estarían dispuestos los sistemas de fijación de ostión, además el estanque debía tener las siguientes medidas: 12 metros de largo, 2 metros de ancho y 70 centímetros de profundidad (figura 5).

Este estanque debe tener impulsión del agua en forma mecánica, a través de 2 aspas impulsoras que permitan un movimiento horizontal y transversal del agua de forma homogénea (figura 6), además de un intercambiador de calor o heater para mantener la temperatura dentro de los rangos óptimos para la especie (figura 7).

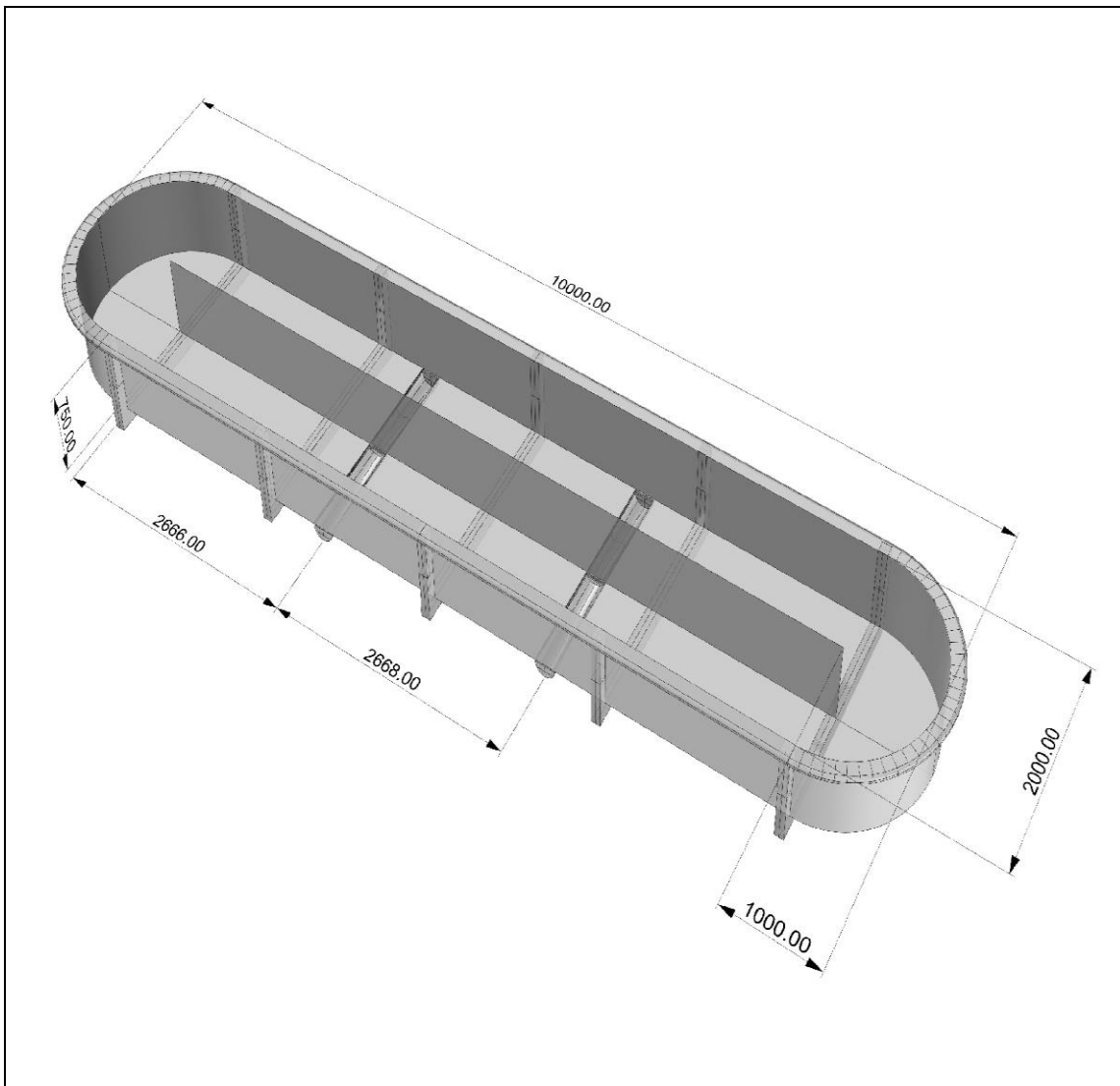


Figura 5. Estanque vista isométrica.
Fuente: elaboración propia.



Figura 6. Aspas impulsoras y motoreductor
Fuente: elaboración propia.

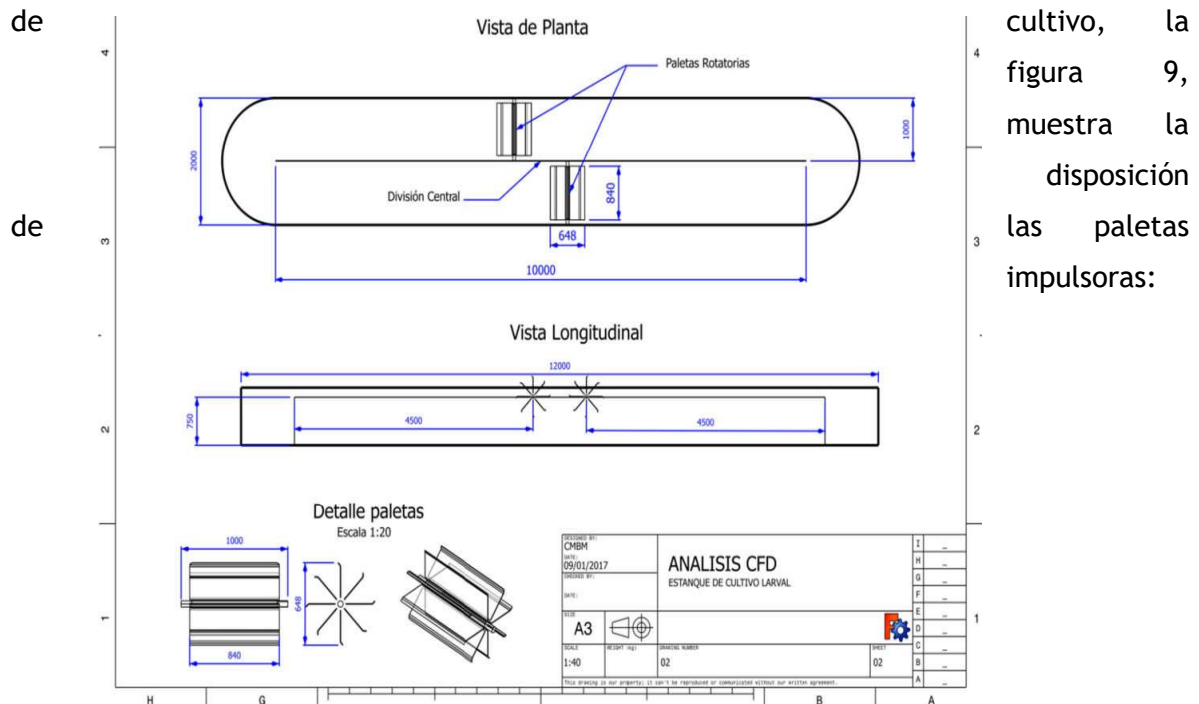


Figura 7: Heater o bomba de calor.

Luego de determinar los componentes del sistema, se procedió a realizar la evaluación del comportamiento hidráulico del estanque, para esto, el pre procesamiento del modelo se realizó con el software “Salomé V7.5.1”. La generación de la malla con el software “SnappyHexMesh”, el procesamiento con el software de análisis de fluidos “OpenFoam” y el postprocesamiento de los resultados con los softwares “Paraview” y “VisIt”.

6.1.1.1 Pre-procesamiento del modelo

Se procedió a evaluar el comportamiento hidráulico del modelo de estanque para cultivo de larvas de ostión del Norte. Este consiste en un estanque tipo “hipódromo” de 12 m de longitud, 2 m de ancho y de 0.7 m útiles de altura, con una división central de 10 m. El movimiento del agua dentro del estanque será generado por un sistema de dos paletas rotatorias con motorreductor. La figura 8 muestra el diseño y dimensiones del sistema de



de cultivo, la figura 9, muestra la disposición de las paletas impulsoras:

Figura 8. Diseño de ingeniería del sistema de cultivo.
Fuente: Elaboración propia

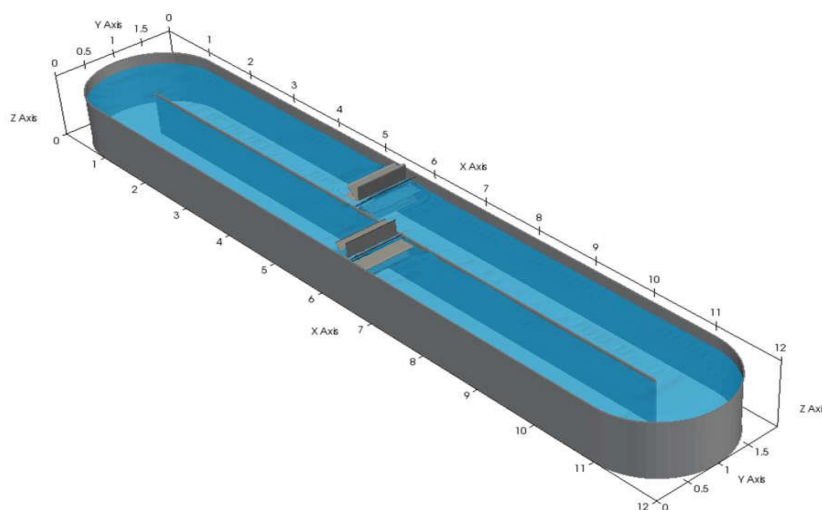


Figura 9. Vista isométrica del estanque y disposición de paletas impulsoras para modelación de fluidos en el estanque.

El estanque fue exportado desde el programa Salome V7.1 para ser posteriormente mallado con el programa “snappyhexMesh”. El modelo a analizar alcanzó un total de 490.402 nodos. (Figura 10).

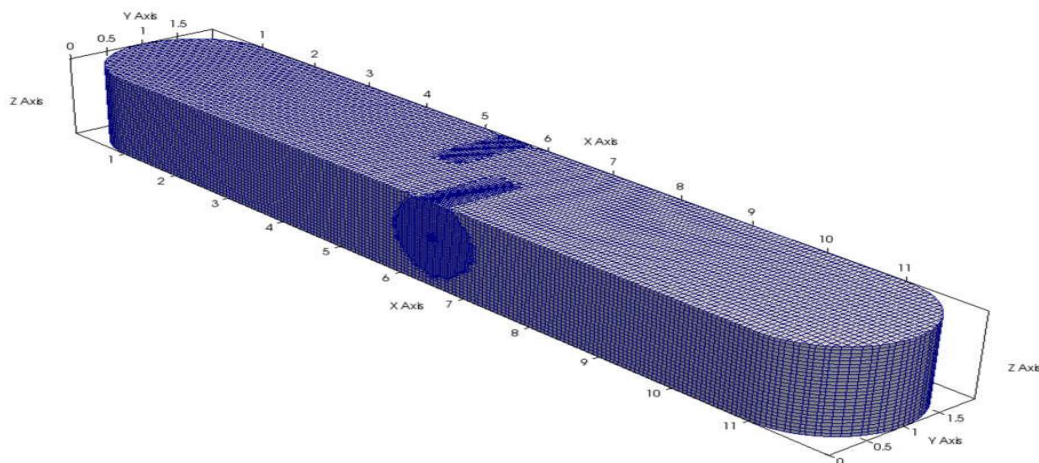


Figura 10. Mallado de estanques de Cultivo larval.
Fuente: Elaboración propia a través del programa snappyhexMesh

6.1.1.2 Procesamiento del modelo

El modelo del sistema de cultivo se procesó utilizando las siguientes condiciones de diseño:

- Fluido dentro del estanque: Agua de mar.
- Densidad Agua de mar: 1.024 kg/m³.
- Densidad del aire (atmósfera): 1,025 kg/m³.
- Tipo de fluido: Newtoniano.

Las Condiciones de bordes (interacción entre fluidos, entre las paredes del estanque y las paletas rotatorias) se detallan a continuación:

- **Atmósfera:** Sección superior estanque abierta a la atmósfera.
- **Paletas Rotatorias:** Sector donde se encuentran las paletas rotatorias. En este caso se consideraron dos juegos de paletas en el estanque. La velocidad de rotación de las paletas se estableció en 1,57 radianes por segundo (90° por segundo), en sentido indicado por las flechas.
- **Paredes:** paredes del estanque.
- **Nivel de fluido en el estanque:** 0.7 m.

Condiciones de Turbulencia:

- **Turbulencia:** “Reynolds-averaged simulation” (RAS)
- **Modelo Turbulencia:** “kOmega SST” para fluidos incompresibles.

Tiempo de evaluación

- El tiempo de evaluación del modelo fue de 60 segundos

Software de Procesamiento

- El software de procesamiento utilizado fue OpenFoam V4.1 para sistemas multifase con rotación dinámica del mallado.

Software de Post-procesamiento

- Los resultados fueron procesados con el software “Paraview V5.1.2”

6.1.1.3 Resultados del procesamiento

1. Velocidad del fluido dentro del estanque

Las velocidades del fluido dentro del estanque a diferentes profundidades medidas desde el fondo del mismo, se presentan en la Figura 11. El sentido de giro de las paletas viene dado por la flecha.

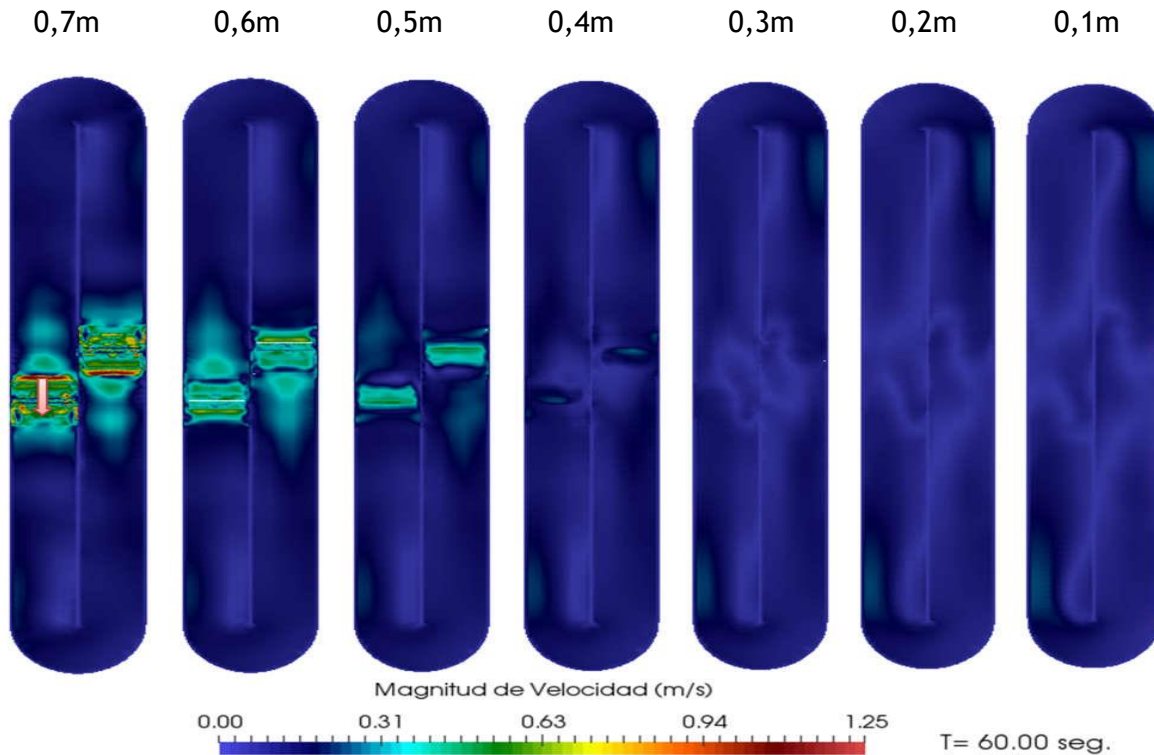


Figura 11. Velocidad de fluido (m/s) a diferentes niveles del fondo del estanque.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que el movimiento del fluido es mayor en los estratos superiores (0,7 m) y disminuye a medida que se acerca al fondo. En el sector donde giran las paletas rotatorias es donde se genera el mayor movimiento de fluido.

Los cortes longitudinales de velocidad del fluido a lo largo del estanque se presentan en la Figura 12 y Figura 13:

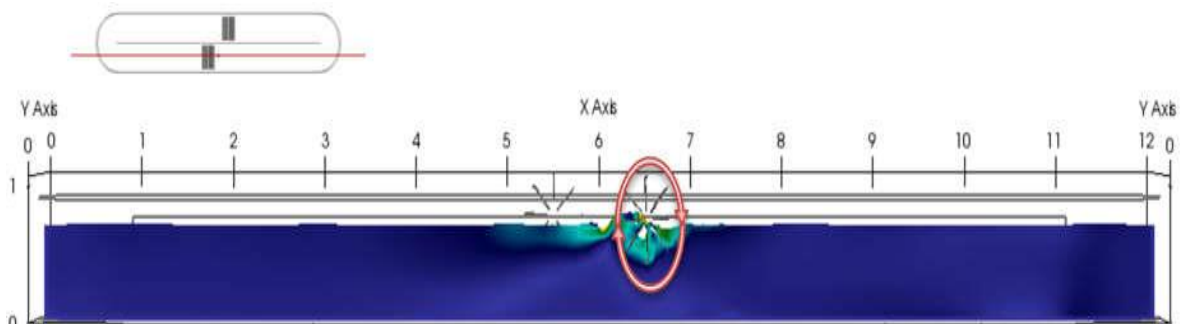


Figura 12. Corte longitudinal de la velocidad del fluido, sector paleta rotatoria 1 (m/s)

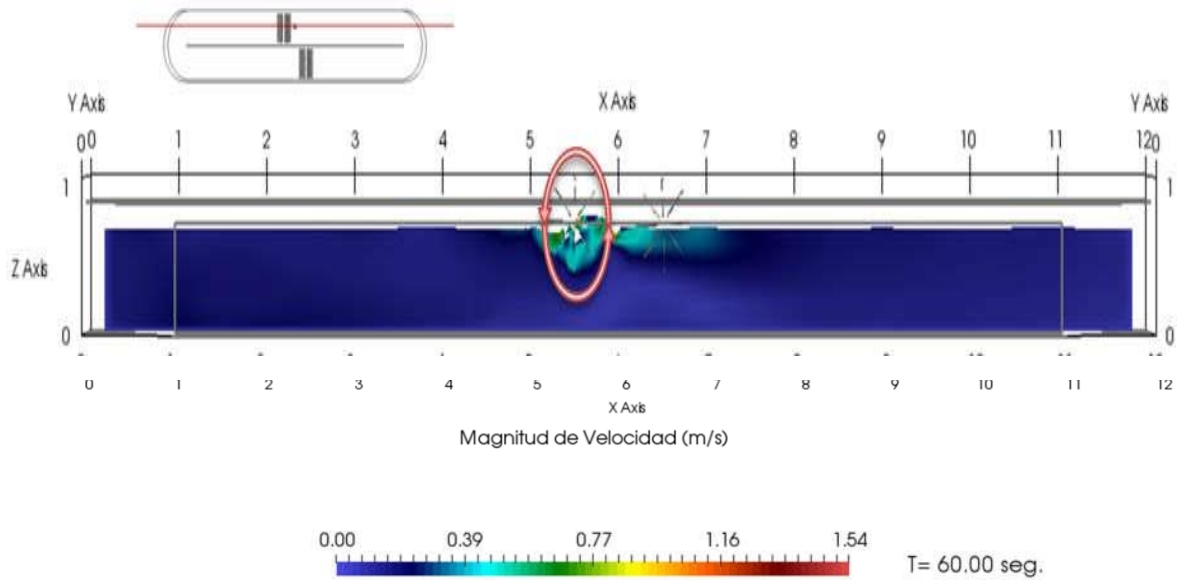


Figura 13. Corte longitudinal de la velocidad del fluido, sector peleta rotatoria 2 (m/s).

De acuerdo a las Figuras 12 y 13, las velocidades del fluido dentro del estanque son bastante bajas, salvo el sector de rotación de las paletas.

Las Figuras 14, 15, 16 y 17 presentan gráficos de velocidades en m/s del fluido a las profundidades de 0,7m, 0,5m, 0,3m, y 0,1m respectivamente. Se graficaron datos muestreados longitudinalmente de los dos sectores del estanque, indicados con las líneas de color rojo (A) y línea de color verde (B).

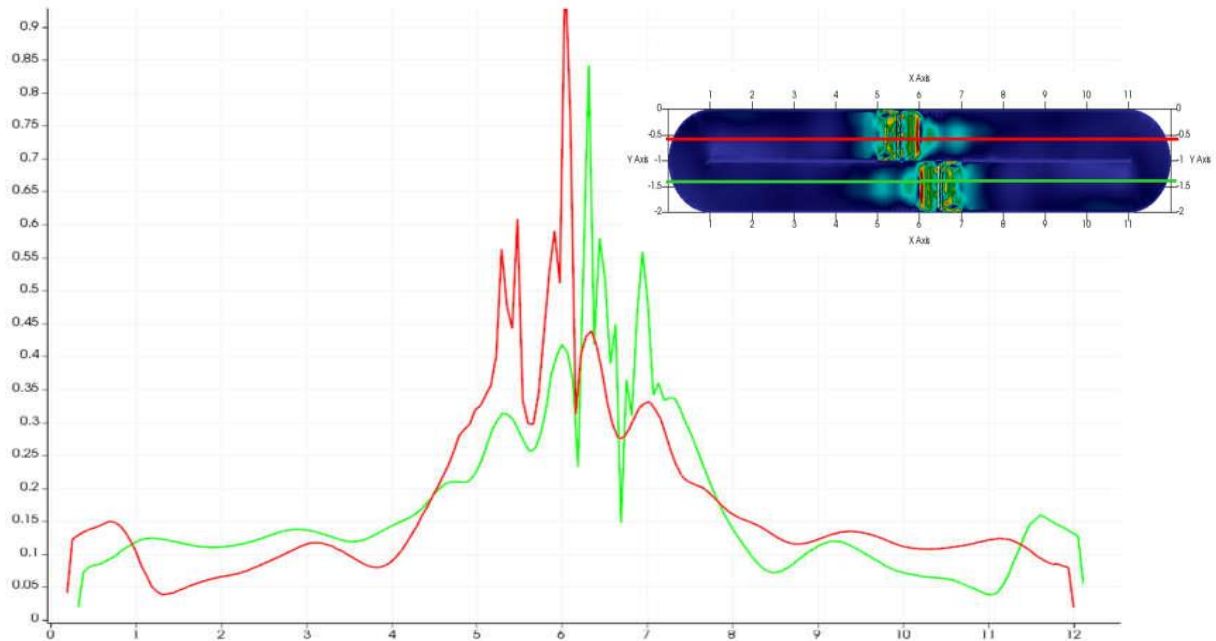


Figura 14. Gráficos de velocidad a 0,7 m desde el fondo del estanque (m/s).

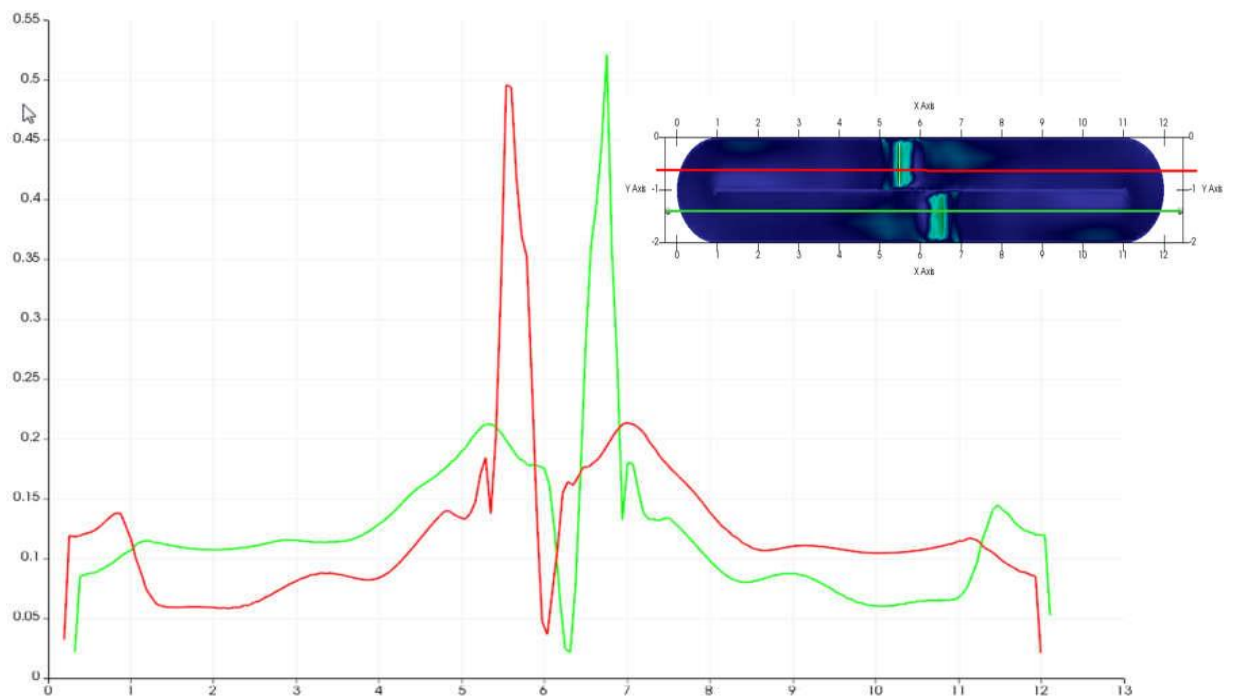


Figura 15. Gráfico de velocidad a 0,5 m desde el fondo del estanque (m/s).

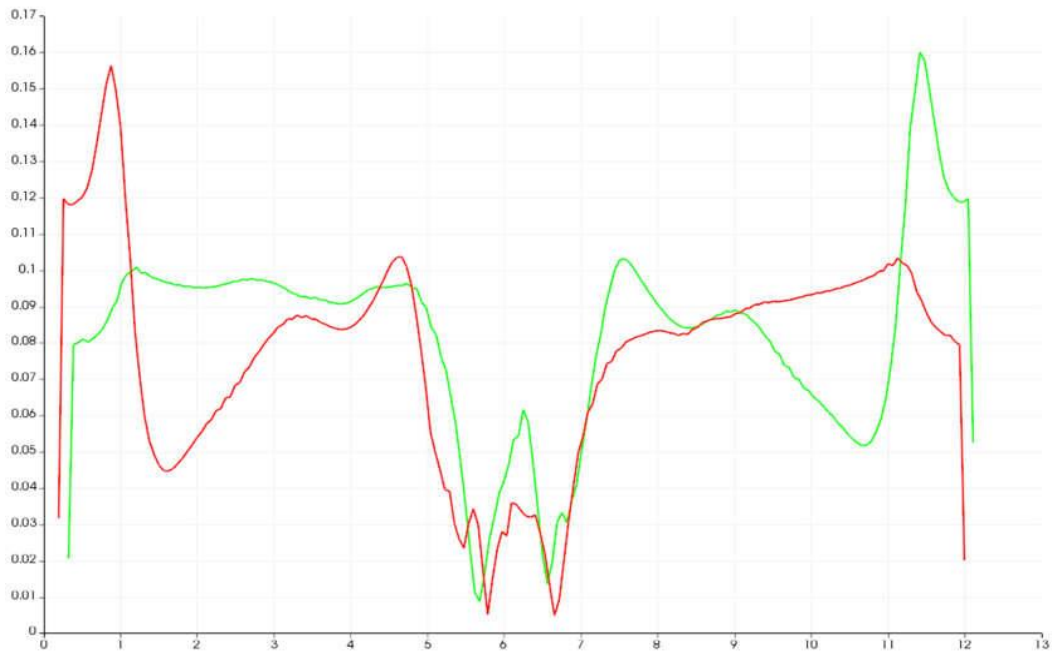


Figura 16. Gráfico de velocidad a 0,3 desde el fondo del estanque (m/s).

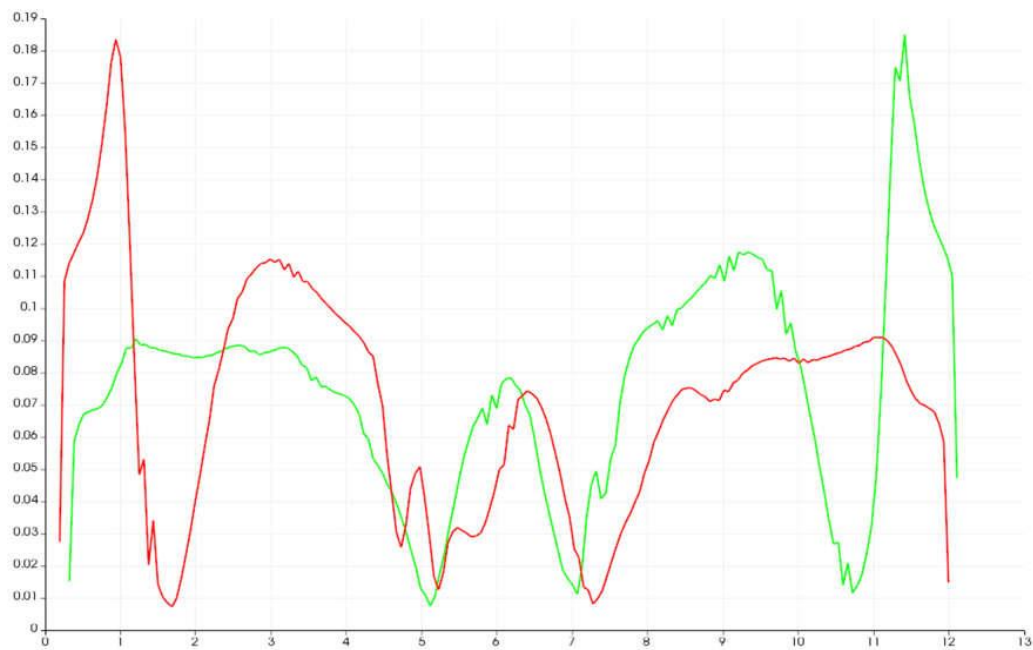


Figura 17. Gráfico de velocidad a 0,1 m desde el fondo del estanque (m/s).

A una distancia de 0,7 m desde el fondo del estanque, se observa que la velocidad del fluido varía desde los 0,02 m/s cerca de las paredes del estanque hasta los 0,9 m/s en el sector donde rotan las paletas. El comportamiento del fluido en ambos lados del estanque es similar. (Figura 14).

A medida que se acerca al fondo, las velocidades disminuyen. A 0,5 m desde el fondo del estanque, se observan velocidades que van desde los 0,02 m/s cerca de las paredes, hasta los 0,5 m/s en el sector de rotación de las paletas. (Figura 15)

A 0,3 m desde el fondo del estanque, las velocidades varían desde los 0,02 m/s hasta los 0,16 m/s, observándose velocidades homogéneas en ambos sectores. (Figura 16)

A los 0,1 m de profundidad el comportamiento de velocidades varía desde los 0,02 m/s hasta los 0,18 m/s. (Figura 17).

Se aprecia la formación de una imagen especular parecida desde un sector a otro en los gráficos, lo que indicaría que los dos sectores se comportarían de manera similar.

1. Vectores de velocidad

Los vectores de velocidad a diferentes profundidades medidas desde el fondo del estanque se presentan en la Figura 18.

Se puede apreciar que los vectores de velocidad son consistentes con la dirección de giro de la paleta rotatoria, alcanzando mayores velocidades en la superficie del estanque (Figura 18), produciéndose una mayor mezcla en el sector de giro de las paletas. Las menores velocidades ocurren en los estratos del fondo del estanque.

0,7m 0,6m 0,5m 0,4m 0,3m 0,2m 0,1m

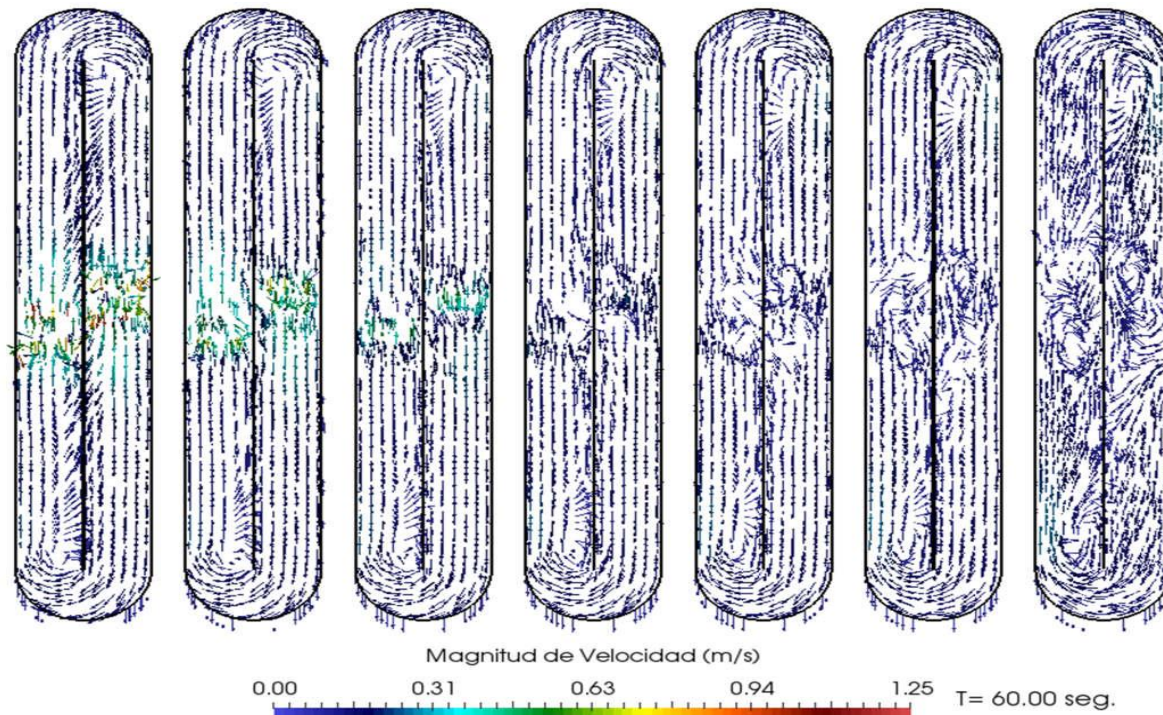


Figura 18. Vectores de velocidad (m/s) a diferentes profundidades.

2. Análisis del movimiento del fluido

En la Figura 19, se muestran los cortes de los vectores tangentes al flujo (Line Integral Convolution), a diferentes niveles de profundidad medidos desde el fondo del estanque. Este resultado es una forma más nítida de representar las direcciones de los vectores veloci.

dad

0,7m 0,6m 0,5m 0,4m 0,3m 0,2m

0,1m

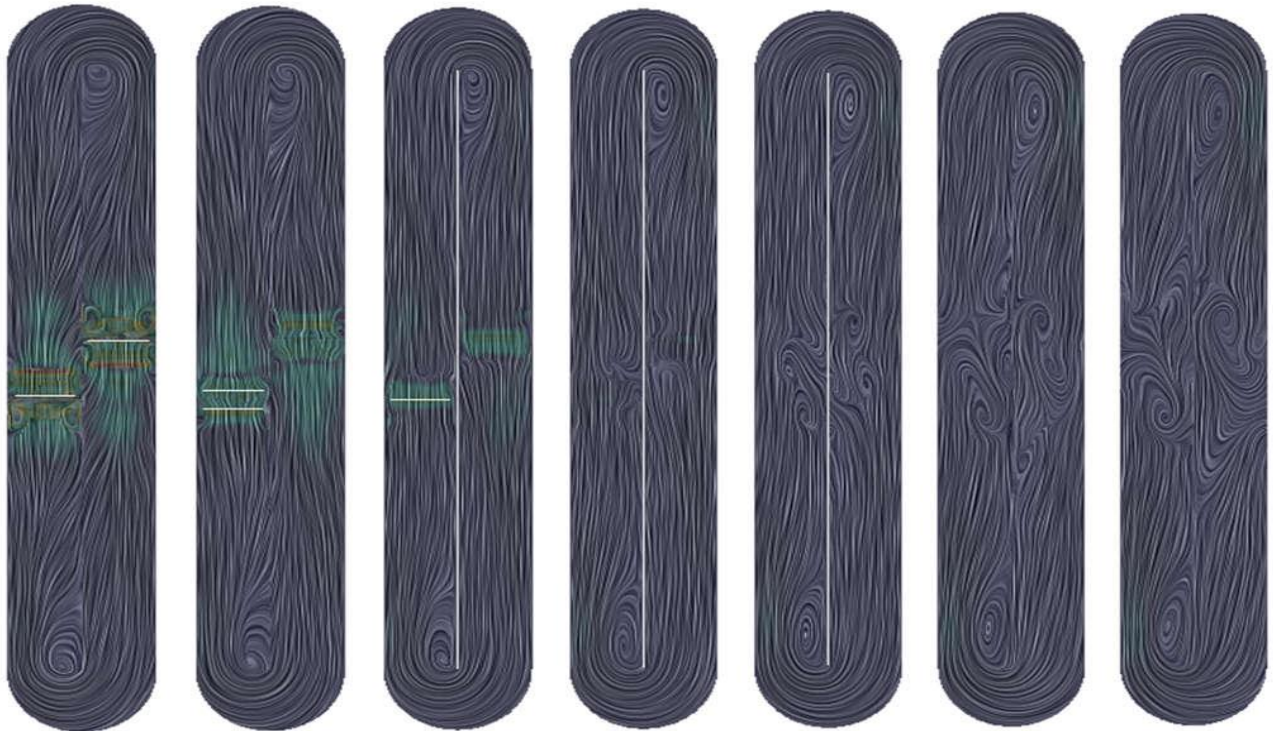


Figura 19. Vectores de velocidad tangencial al flujo a diferentes profundidades.

Se puede apreciar que existen lugares donde se forman remolinos, y éstos ocurren mayormente en los extremos finales del estanque. Se debe tener especial cuidado de monitorear estas zonas, especialmente las más cercanas al fondo del estanque, debido a que son sectores en los cuales podrían decantar partículas.

3. Trayectoria de las partículas en el estanque

La determinación del comportamiento de las partículas dentro del estanque es fundamental, ya que este análisis nos permite determinar la trayectoria que tendrá tanto el alimento de los organismos a cultivar, como los residuos de los mismos, lo que nos permitirá definir las estrategias de alimentación y limpieza dentro del sistema de cultivo. La estimación de la trayectoria de las partículas dentro del estanque se presenta en las Figuras 20 y 21:

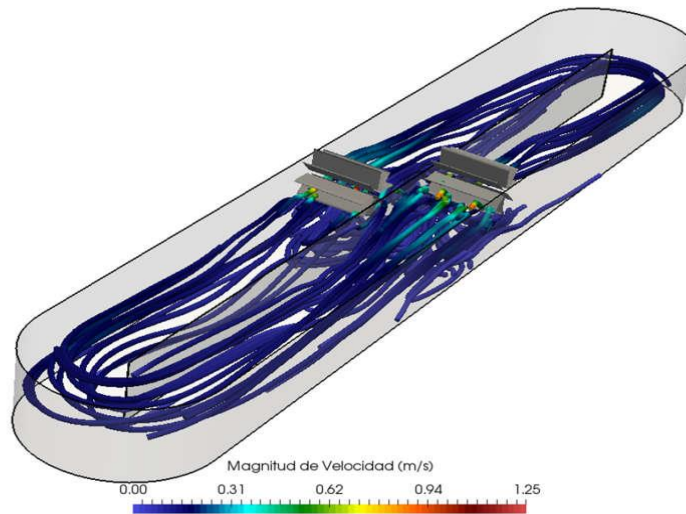


Figura 20. Trayectoria de partículas dentro del estanque (vista isométrica)

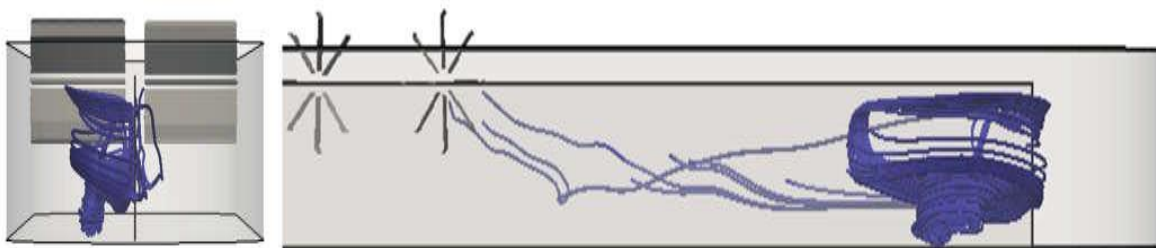


Figura 21. Trayectoria de partículas dentro del estanque desde un vórtice (vista frontal y longitudinal).

Se observa que ocurre bastante mezcla en el sector donde se encuentran las paletas rotatorias, sin embargo, en el resto del estanque, las trayectorias son bastante homogéneas. También, se puede visualizar una de las zonas de baja velocidad donde se generan vórtices.

- El análisis del comportamiento del fluido dentro del estanque para cultivo larval de ostión del Norte, presenta un comportamiento homogéneo de velocidades en

la mayor parte del estanque, excepto en la zona de giro de las paletas rotatorias, donde ocurre una mayor turbulencia.

- Existe la formación de remolinos dentro del estanque, especialmente en los extremos, lo que es un indicativo de los lugares en los cuales ciertas partículas tenderán a decantar.
- El caudal promedio dentro del estanque (fluido en movimiento) se estimó en 307 m³/h.
- El diseño del estanque debería cumplir con el objetivo para el cultivo de larvas de ostión del norte. Sin embargo, se deberán ajustar algunos parámetros para optimizar el sistema, como la velocidad de rotación de las paletas y/o modificar su posición, con el fin de adecuarlo a los requerimientos biológicos.

6.1.2 Construcción del sistema de cultivo y sus componentes

Una vez finalizado el diseño y la modelación teórica del prototipo, se procedió a realizar la construcción del estanque de cultivo y de sus principales componentes.

6.1.2.1 Estanque de Cultivo y paletas de impulsión

Se realizó la construcción e instalación del estanque de cultivo en las dependencias del Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama, estanque de cultivo tipo "hipódromo" en fibra de vidrio de 12 metros de longitud, 2 metros de ancho y de 0,7 metros útiles de altura, con una división central. El estanque posee dos zonas de acumulación de sólidos y despiche del mismo mediante "flushing", además, se equipó con 2 sistemas de propulsión mecánica de agua, mediante paletas impulsoras energizadas a través de motorreductores con corriente trifásica (figura 22). Las características técnicas y requisitos de fabricación se muestran en (ANEXO 1).



Figura 22. Estanque tipo hipódromo con 2 sistemas de impulsión mediante paletas.

6.1.2.2 Sistema de control y regulación de temperatura en el estanque (heater)

De acuerdo a la simulación, se determinó el caudal de recambio de agua en el estanque de cultivo, con esto, se pudo dimensionar el tamaño del sistema de control y regulación de temperatura en base a la cantidad de agua que se debía controlar y la temperatura de trabajo, para el ostión del norte el rango de temperatura óptimo oscila entre los 18 y 20 grados Celsius (figura 23), las características técnicas del "heater" se detallan a continuación:



Figura 23. Bomba de calor o “heater”

La bomba de calor, debe tener la capacidad de mantener la temperatura del agua del estanque de cultivo dentro de un rango de 18 a 20 grados Celsius durante todo el año, para esto la bomba de calor debe tener las siguientes características (Ver Anexo 2).

- 6 Kilowatts
- 220 voltios
- Energía trifásica
- 16 amperes
- Carcasa a prueba de agua de mar y minerales propios del ambiente salino
- Panel electrónico para rango de temperaturas
- Sensores de temperatura para límite superior e inferior para prevenir sobrecalentamiento o enfriamiento del agua
- Swicht de flujo reversible para cambio de dirección del flujo de agua

6.2 Diseñar e implementar el sistema de foto-bioreactores para el cultivo de microalgas en ambiente controlado para la alimentación de post-larvas de ostión.

El proceso de diseño e implementación del sistema de cultivo de microalgas (fotobiorreactor) se dividió en tres actividades principales, estas fueron el diseño, modelación y evaluación teórica del fotobiorreactor a nivel de prototipo, la construcción del estanque de cultivo de microalgas y sus componentes y finalmente la habilitación y puesta en marcha del sistema.

6.2.1 Diseño, modelación y evaluación teórica del fotobiorreactor a nivel de prototipo.

Para desarrollar el sistema de cultivo controlado de microalgas o fotobiorreactor, se determinó el área disponible para el proyecto, ya que el fotobiorreactor por definición no corresponde solo al estanque de cultivo, sino a toda el área de influencia en el cultivo de microalgas, por esta razón para desarrollar el sistema, se debe contar con una superficie especialmente destinada para este propósito. Esto se debe a que el lugar físico donde se realiza el cultivo de microalgas debe estar aislado (control de temperatura), aséptico (libre de contaminantes) y debe poseer las condiciones de luminosidad (lux) necesarias para el correcto desarrollo de las especies de microalgas a cultivar. Por estas razones, se determinó que el lugar apropiado para la implementación del fotobiorreactor en el Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama (CIC-UDA) fuera el sector de cultivo masivo microalgas, este sector posee una superficie de 70 metros cuadrados y posee las condiciones de aislación y luminosidad indicadas para el diseño e implementación del fotobiorreactor. La figura 24, muestra el diseño propuesto para el sistema de cultivo en esta área:

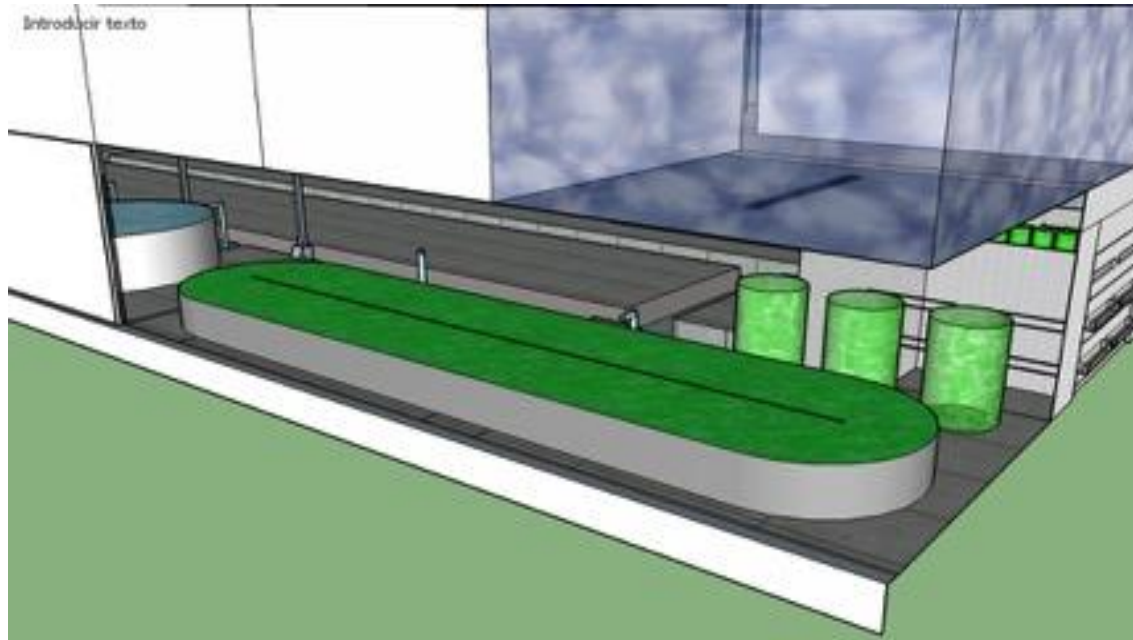


Figura 24. Sistema de cultivo de microalgas en fotobioreactor, propuesto para el CIC-UDA.

Al igual que en el estanque de cultivo larval, las dimensiones del estanque para el fotobiorreactor se determinaron en función del espacio disponible para la realización del proyecto y de los requerimientos de microalgas para la ejecución del mismo. En base a esto se determinó que las dimensiones del estanque de cultivo de microalgas podían ser las mismas que las del estanque de cultivo de semillas, con la salvedad de que la altura debía ser menor que la del estanque para ostiones, esto a causa de que el volumen necesario de microalgas es mucho menor al volumen total disponible en el estanque a construir. En base a esto, se determinó que el estanque debía tener 12 metros de largo por 2 de ancho y una altura de 0,5 metros. Al igual que el estanque de cultivo de ostiones, se mantiene el diseño tipo hipódromo y se agrega solo una paleta de impulsión a través de motorreductor y no 2 como en el estanque de cultivo de semillas de ostión, esto debido a que el estanque de microalgas no tiene sistemas de fijación que impidan el libre flujo de las partículas en el estanque es decir, el estanque de microalgas no presenta resistencias hidrodinámicas por lo que un sistema de impulsión de agua es suficiente para lograr la correcta distribución de las microalgas en todo el estanque de cultivo. La figura 25 muestra el diseño y las dimensiones del estanque para cultivo de microalgas:

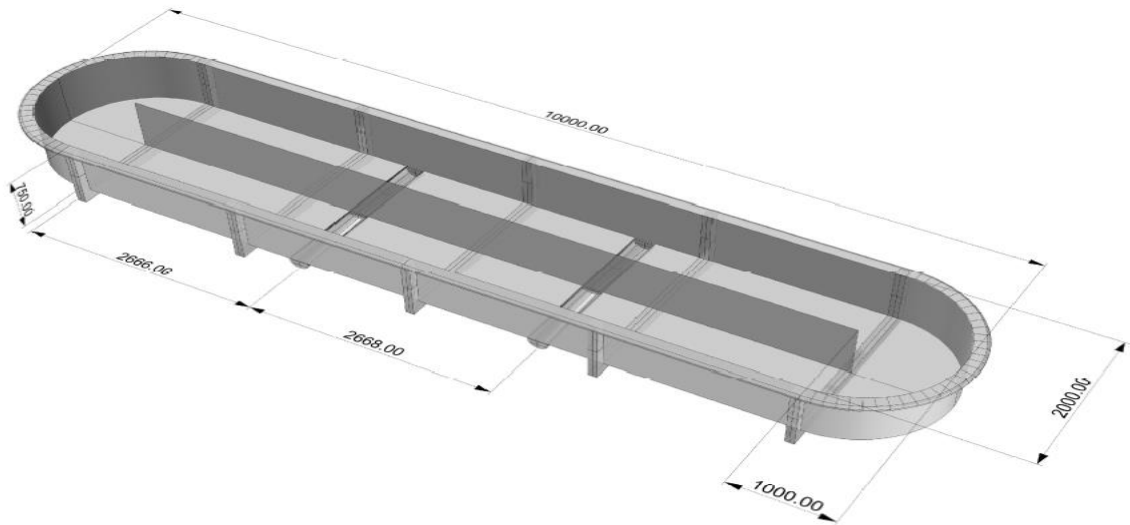


Figura 25. Diseño y dimensionamiento para el estanque de microalgas fotobioreactor.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinado el diseño y dimensiones del estanque de microalgas, además de sus componentes de impulsión mecánica, se procedió a realizar la modelación y evaluación teórica del sistema de cultivo, esto con el fin de determinar la dinámica de las partículas en el estanque y el comportamiento general del fluido en el sistema, esto es fundamental para la correcta disposición de velocidades y flujos dentro del estanque.

6.2.1.1 Pre procesamiento del modelo

Se procedió a evaluar el comportamiento hidráulico del modelo de estanque para cultivo de microalgas. Este consiste en un estanque tipo "hipódromo" de 12 m de longitud, 2 m de ancho y de 0,5 m útiles de altura con una división central de 10 m. El movimiento del agua dentro del estanque será generado por un sistema de paleta rotatoria con motorreductor.

Las figuras 26 y 27 muestran el diseño y dimensiones del sistema de cultivo:

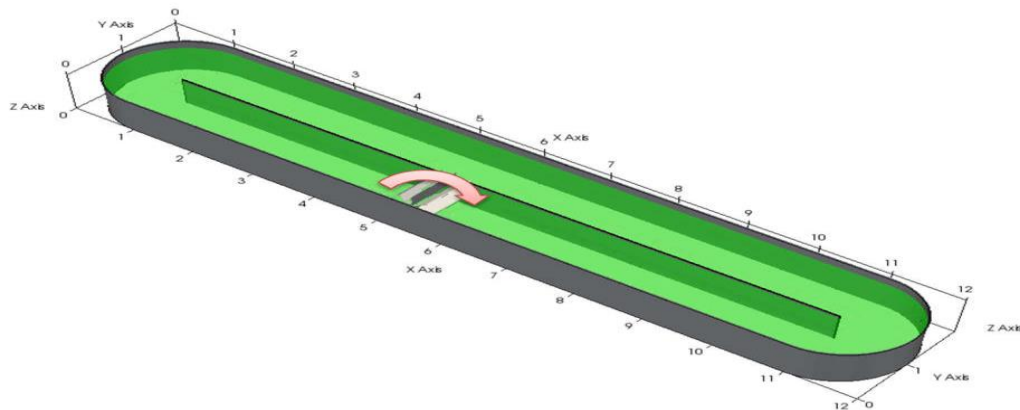


Figura 26. Vista isométrica del estanque con el ángulo de giro.

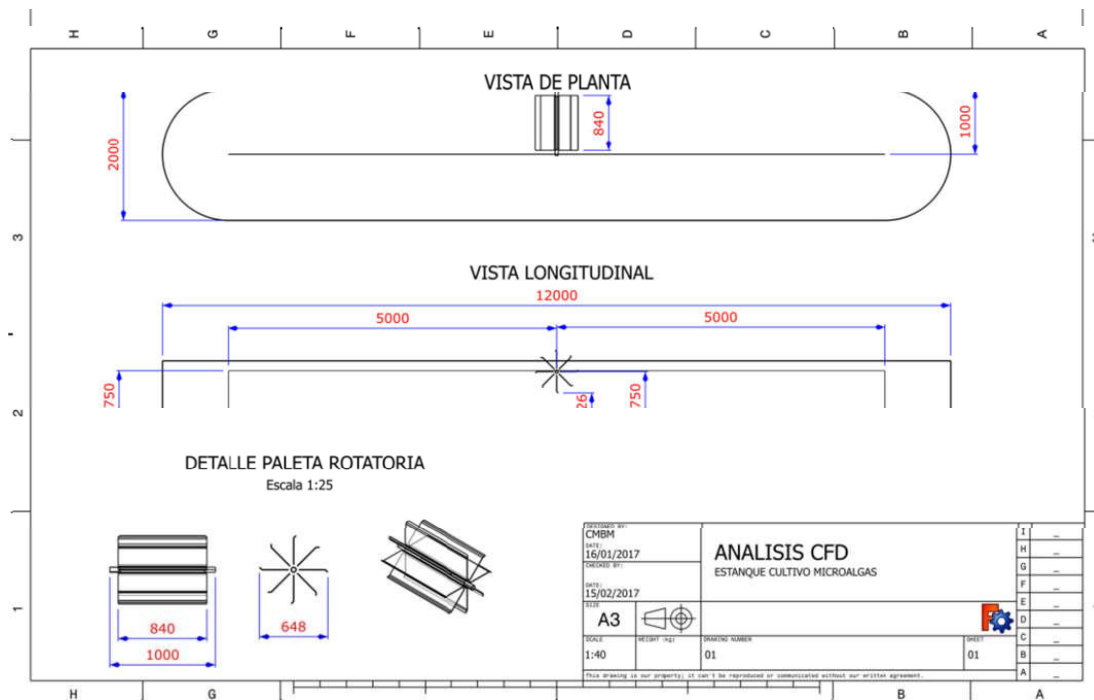


Figura 27: Diseño y dimensionamiento del sistema de cultivo.
Fuente: Elaboración propia.

El estanque fue exportado desde el programa Salome V7.1 para ser posteriormente mallado con el programa “snappyhexMesh”. Un corte longitudinal del mallado se presenta en la Figura 28. El modelo a analizar alcanzó un total de 265.468 nodos.

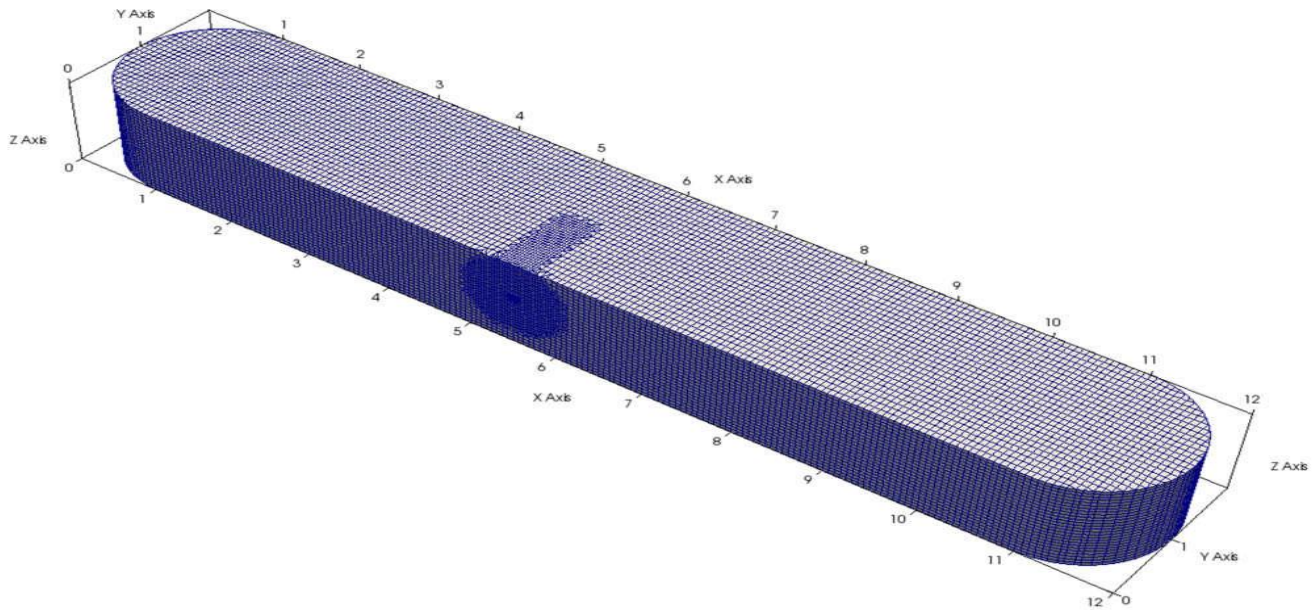


Figura 28. Mallado del estanque para cultivo de microalgas. (265.468 nodos)

6.2.1.2 Procesamiento del Modelo

El modelo del estanque se procesó utilizando las siguientes condiciones de diseño:

- Fluido dentro del estanque: Agua de mar
- Densidad Agua de mar: 1.024 kg/m³
- Densidad del aire: 1,025 kg/m³
- Tipo de fluido: Newtoniano

Las condiciones de borde para la modelación se detallan a continuación:

- Atmósfera: Sección superior estanque abierta a la atmósfera
- Rotación: Sector donde se encuentran las paletas rotatorias. La velocidad de rotación de las paletas se estableció en 1,57 radianes por segundo (90° por segundo), en sentido indicado por la flecha.
- Paredes: paredes del estanque.
- Nivel de fluido en el estanque: 0,5 m.

Condiciones de Turbulencia:

- Turbulencia: “Reynolds-averaged simulation” (RAS)
- Modelo Turbulencia: “kOmega SST” para fluidos incompresibles.

Tiempo de evaluación

- El tiempo de evaluación del modelo fue de 60 segundos

Software de Procesamiento

- El software de procesamiento utilizado fue OpenFoam V4.1 para sistemas multifase con rotación dinámica del mallado.

Software de Post-procesamiento

- Los resultados fueron procesados con el software “Paraview V5.1.2”

6.2.1.3 Resultados del procesamiento

1. Velocidad del fluido dentro del estanque

Las velocidades del fluido dentro del estanque a diferentes niveles, medido desde el fondo del mismo, se presentan en la Figura 29. El sentido de giro de las paletas viene dado por las flechas:

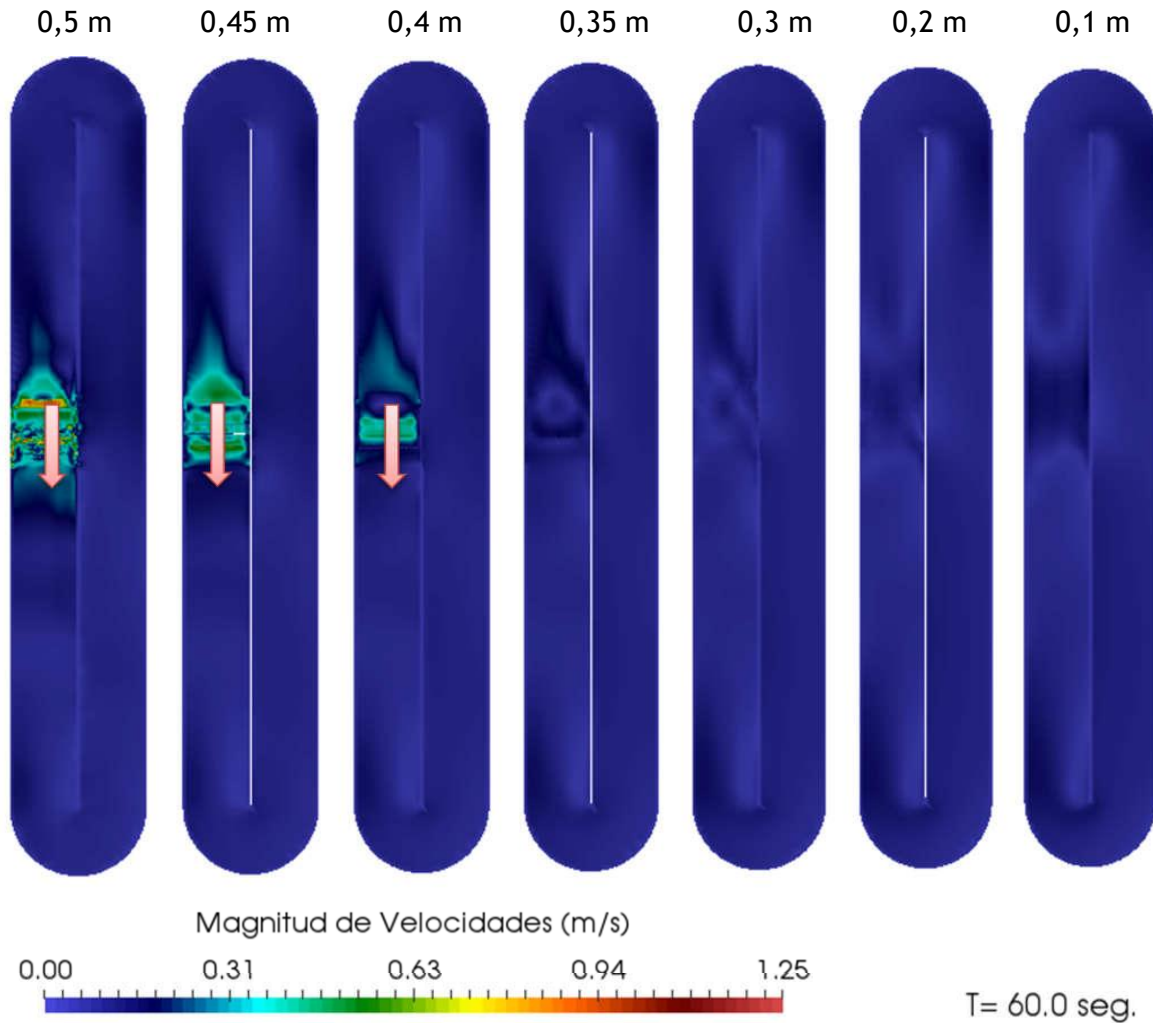


Figura 29. Velocidad del fluido (m/s) a diferentes niveles desde el fondo del estanque.
Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el mayor movimiento de agua se presenta en los estratos superiores, disminuyendo a medida que se acerca al fondo (0,1m), con velocidades que llegan hasta 1.25 m/s. En el sector donde giran las paletas rotatorias, es donde se genera la mayor turbulencia.

Los cortes longitudinales de velocidad del fluido a lo largo del estanque se presentan en las Figuras 30 y 31:

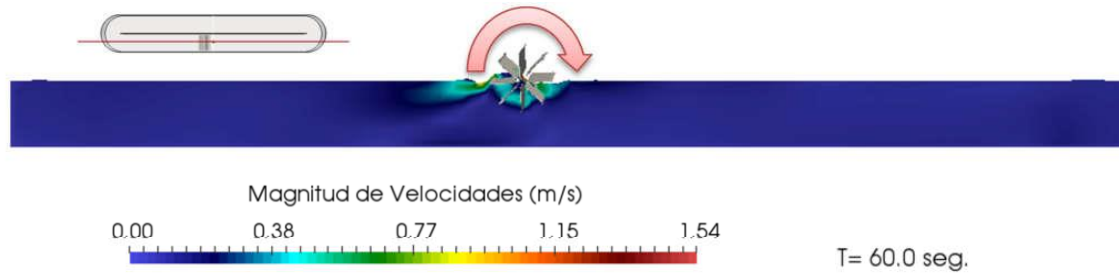


Figura 30. Corte longitudinal de la velocidad del fluido sector paleta rotatoria (m/s).

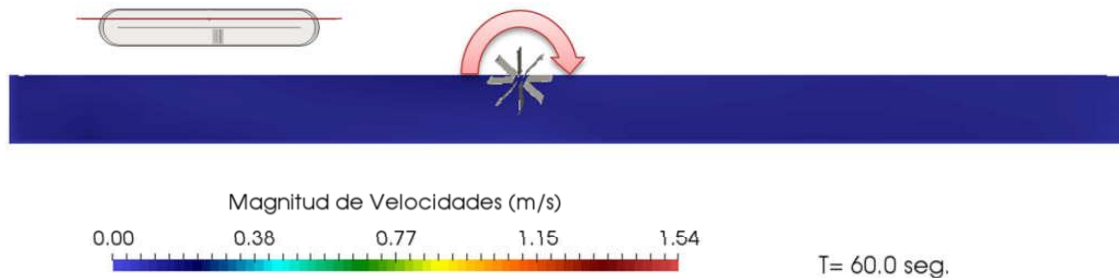


Figura 31. Corte longitudinal de la velocidad del fluido sector sin paleta (m/s).

De acuerdo a las Figuras 30 y 31, las velocidades del fluido dentro del estanque son bastante bajas, salvo el sector de rotación de las paletas.

Las Figuras 32 y 33 presentan el gráfico de velocidades (m/s) del fluido en una línea de corte a una distancia de 0,7 m desde el fondo del estanque. De este gráfico se puede apreciar que las velocidades en la mayor parte del estanque son menores a 0,1 m/s, salvo en los sectores cercanos a la paleta rotatoria. En las Figuras 34 y 35 se presentan los gráficos de velocidades (m/s) del fluido para una línea de un corte a 0,1 m desde el

fondo. En este caso se aprecian velocidades bastante bajas, con un promedio de velocidad de 0,07 m/s.

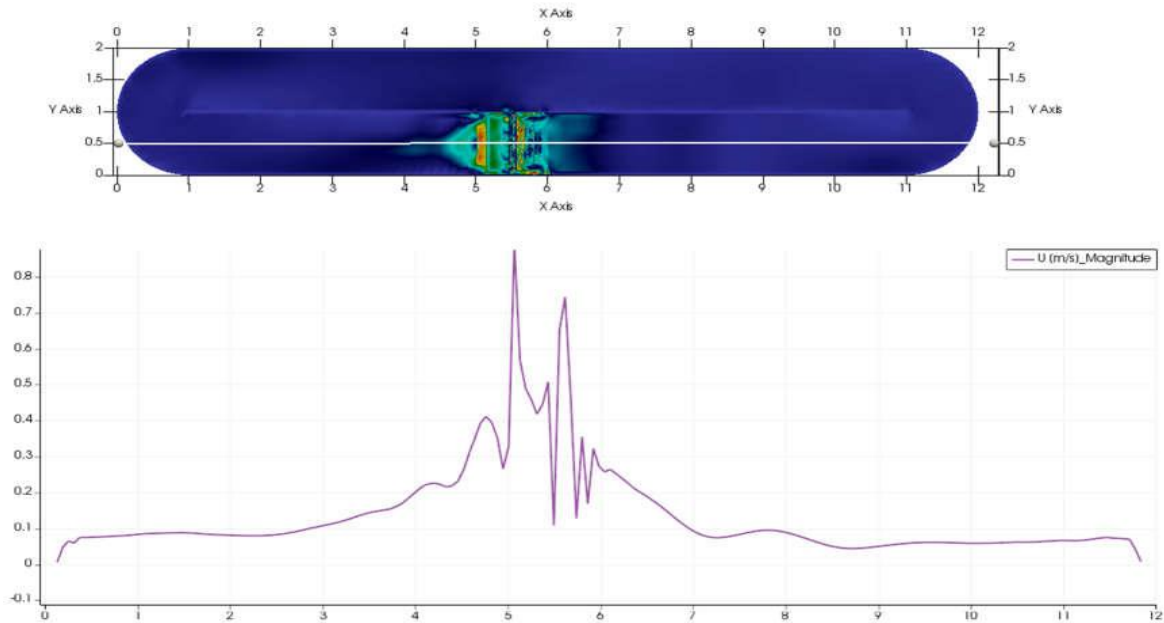


Figura 32. Gráfico de velocidad a 0,7 m desde el fondo del estanque, sector con paleta rotatoria (m/s).

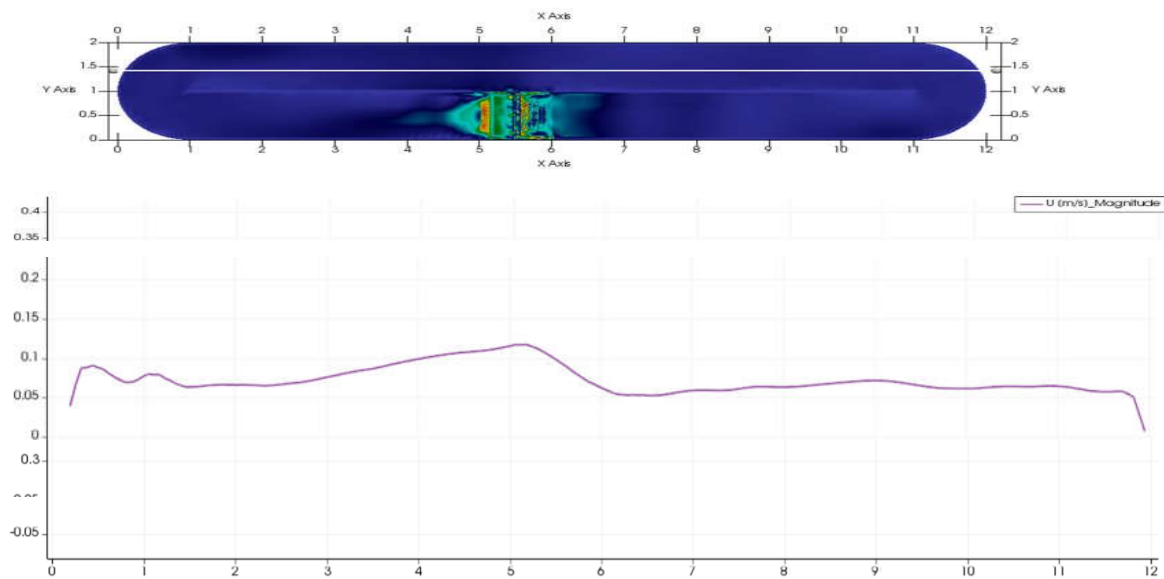


Figura 33. Gráfico de velocidad a 0,7 m desde el fondo del estanque, sector con paleta rotatoria (m/s).

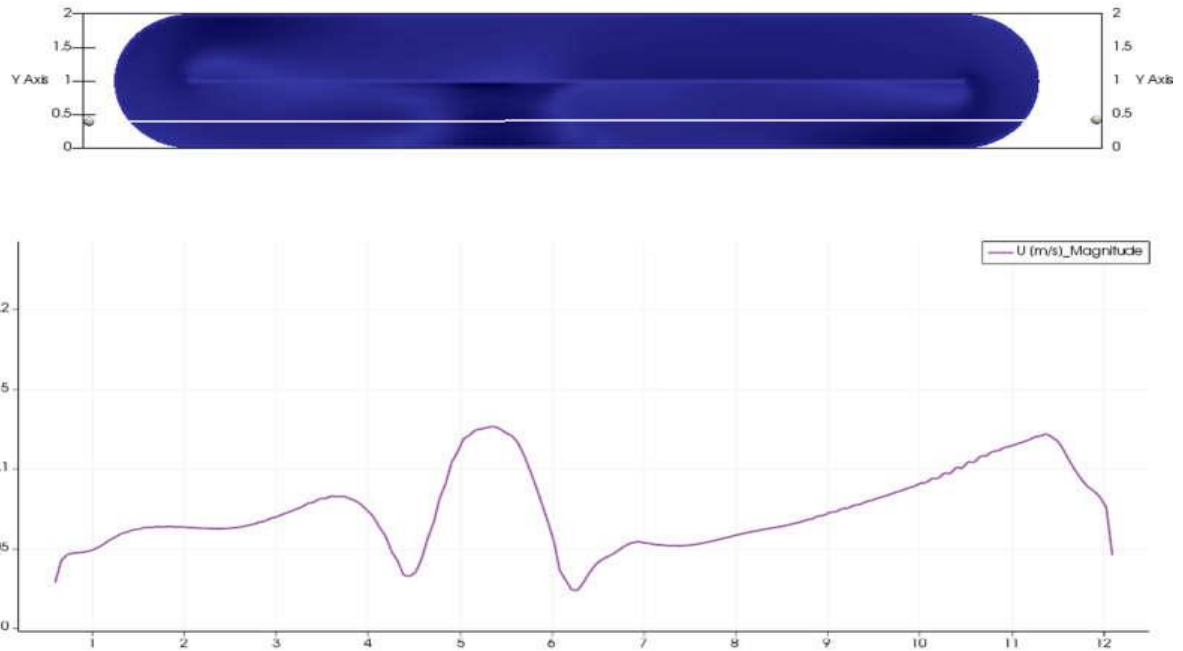


Figura 34. Gráfico de velocidad a 0,1 m desde el fondo del estanque, sector con paleta rotatoria (m/s).

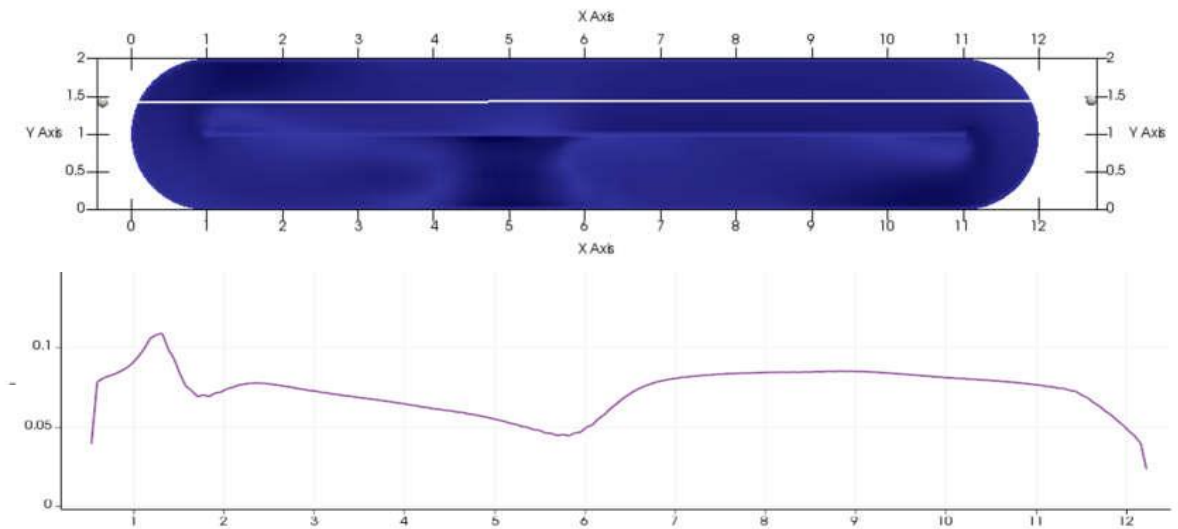


Figura 35. Gráfico de velocidad a 0,1 m desde el fondo del estanque, sector sin paleta rotatoria (m/s).

Fuente: figuras 31 a 35, elaboración propia.

2. Vectores de velocidad

Los vectores de velocidad a diferentes profundidades se presentan a partir de la Figura 36 hasta la Figura 39. El sentido de giro de la paleta rotatoria viene dado por la flecha:

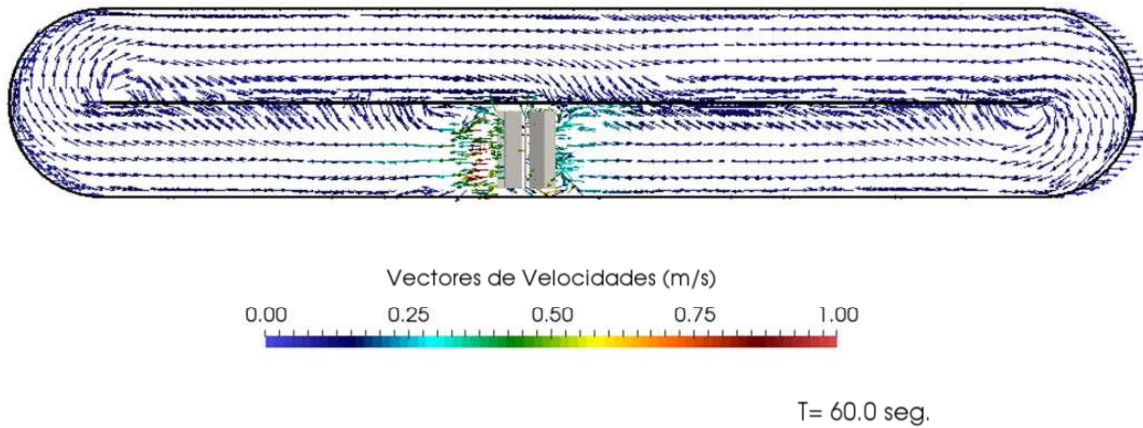


Figura 36. Vectores de velocidad (m/s) a 0,5 m desde el fondo del estanque

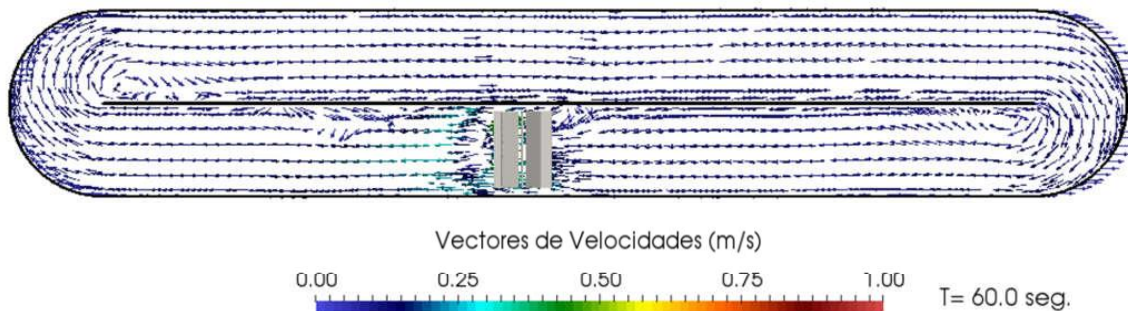


Figura 37. Vectores de velocidad (m/s) a 0,4 m desde el fondo del estanque.

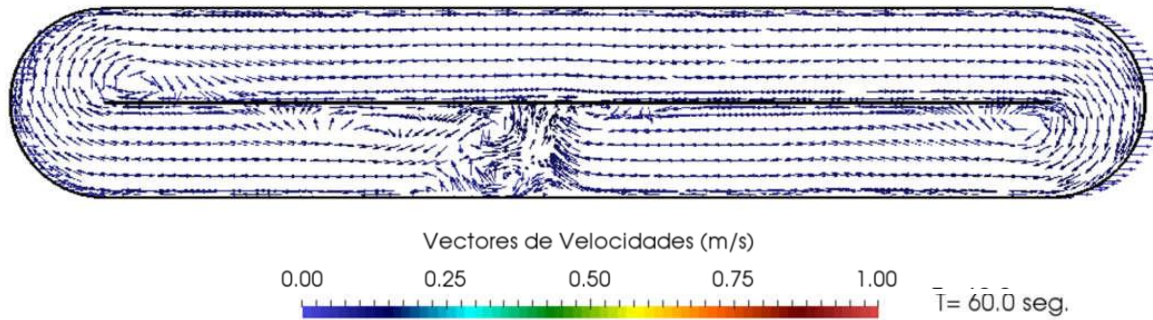


Figura 38. Vectores de velocidad (m/s) a 0,3 m desde el fondo del estanque.

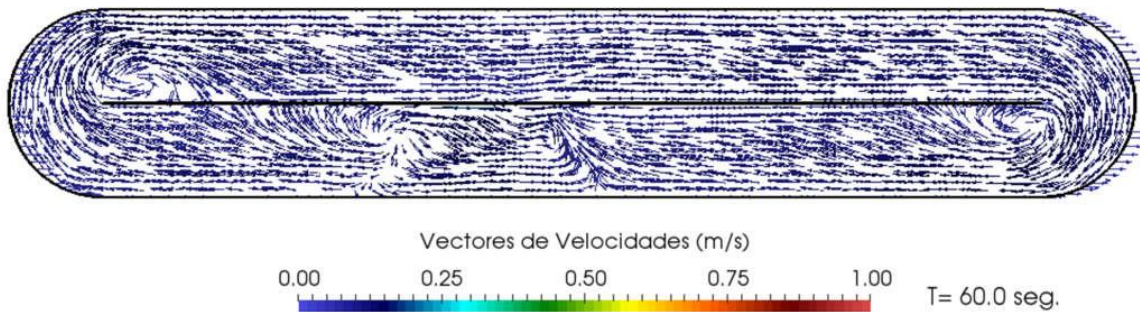


Figura 39. Vectores de velocidad (m/s) a 0,1 m desde el fondo del estanque.

Fuente: figuras 31 a 39 elaboración propia.

Se puede apreciar que los vectores de velocidad son consistentes con la dirección de giro de la paleta rotatoria, alcanzando mayores velocidades en la superficie del estanque (Figura 36) produciéndose una mayor mezcla en el sector de giro de las paletas. Las menores velocidades ocurren en el fondo del estanque (Figura 39).

1. Análisis del movimiento del fluido

En la Figura 40 se muestran los cortes de con los vectores tangentes al flujo (Line Integral Convolution), con el fin de apreciar de mejor forma los vectores de velocidad.

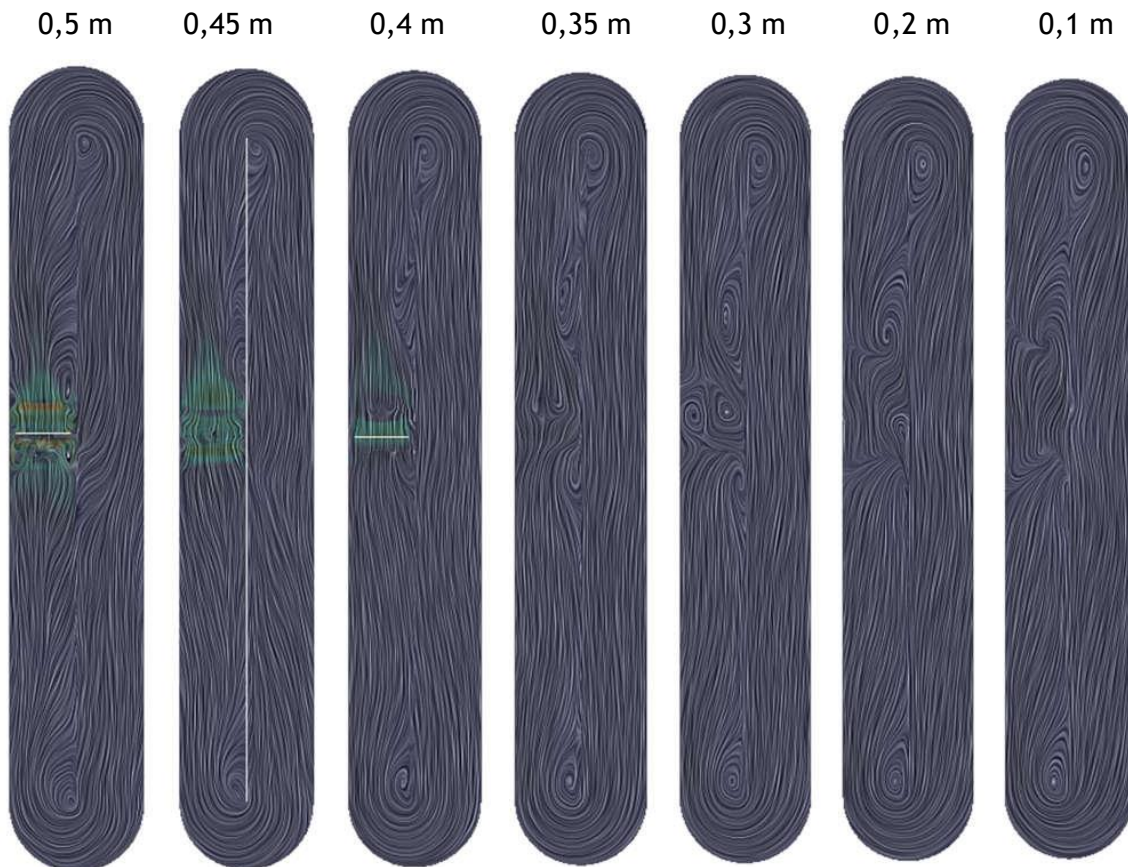


Figura 40. Movimiento del fluido a diferentes niveles desde el fondo del estanque.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que existen lugares donde se forman remolinos, y éstos ocurren mayormente en los extremos finales del estanque. Habrá que tener especial cuidado de monitorear estas zonas, especialmente la más cercana al fondo del estanque, debido a que es un sector en el cual podrían comenzar a decantar partículas. Se recomienda instalar aire en estas zonas para evitar la acumulación de partículas y zonas muertas en el estanque.

2. Trayectoria de partículas

La estimación de la trayectoria de las partículas dentro del estanque se presenta en la Figura 41.

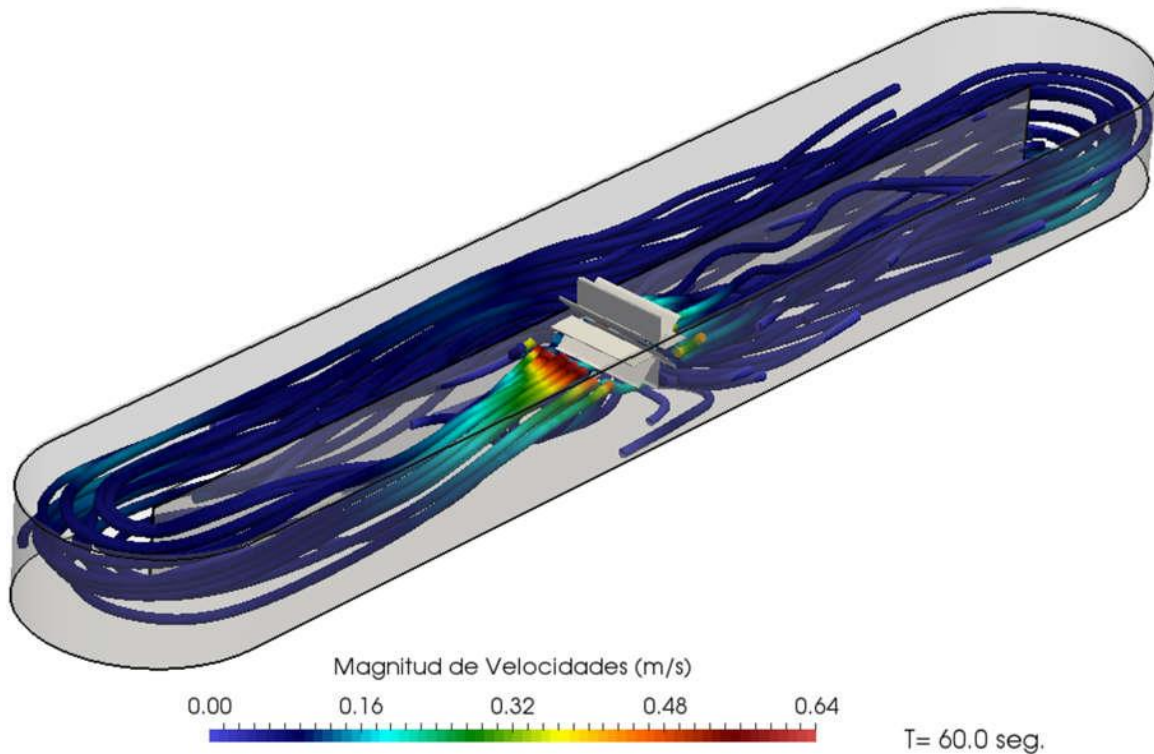


Figura 41. Trayectoria de Partículas dentro del estanque (vista isométrica).

Se observa que las trayectorias son bastante homogéneas no observándose zonas de turbulencia, salvo en el sector de rotación de las paletas. Esto es fundamental para el correcto desarrollo de las microalgas, ya que la exposición a zonas con demasiada turbulencia inhibe el crecimiento de las mismas y favorece la proliferación de materia orgánica en descomposición.

6.2.2 Construcción del estanque de cultivo de microalgas.

Una vez finalizado el diseño y la modelación teórica del prototipo, se procedió a realizar la construcción del estanque de cultivo de microalgas y de sus principales componentes.

6.2.2.1 Estanque de Cultivo de microalgas y paleta de impulsión

Se realizó la construcción e instalación del estanque de cultivo de microalgas en las dependencias del Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama, estanque de cultivo tipo "hipódromo" en fibra de vidrio de 12 metros de longitud, 2 metros de ancho y de 0,5 metros útiles de altura con una división central, además el estanque posee dos zonas de acumulación de sólidos y despiche del mismo mediante "flushing", además el estanque se equipó con un sistema de propulsión mecánica de agua mediante paleta impulsora energizada a través de un motorreductor con corriente trifásica (figura 42). Las características técnicas y requisitos de fabricación se muestran en ANEXO 3.



Figura 42. Estanque Hipódromo para cultivo de microalgas en fotobiorreactor del CIC-UDA.
Fuente: elaboración propia.

6.2.3 Habilitación y puesta en marcha del sistema.

Una vez implementado el sistema de cultivo de microalgas (fotobiorreactor), se procedió a la puesta en marcha, para esto se trabajó con la especie *Phaeodactylum sp.*, se realizaron tres batch con esta especie en los meses de Junio, Julio y Agosto del 2017. Para el cultivo se utilizó agua filtrada a 2 micrones. Los resultados obtenidos para cada batch en cuanto a duración y concentración (células/ml) se muestran en las tablas II, III y IV respectivamente.

Tabla 2. Registro de parámetros en cultivo de *Phaeodactylum sp.* (batch 1)

REGISTRO DE PARAMETROS CULTIVO DE <i>Phaeodactylum sp.</i> (13:00) (batch 1)					
DIA	FECHA	TEMPERATURA (°C)	LUX	OXIGENO (mg/l)	Número de células/ml
1	13-06-2017	16,9	401	7,6	0
2	14-06-2017	15,1	732	8,32	216000
3	15-06-2017	15,7	1310	8,75	366000
4	16-06-2017	15,5	1762	13,9	633000
5	17-06-2017	16,5	1475	9,63	1290000
6	18-06-2017	15,1	1156	7,07	266000
7	19-06-2017	15,6	1165	8,23	400000
8	20-06-2017	13,6	1345	8,66	500000
9	21-06-2017	13	1245	8,55	458000
10	22-06-2017	14,5	1283	8,52	600000
11	23-06-2017	14,8	1380	7,58	833000
12	24-06-2017	15,3	1783	8,81	1250000
13	25-06-2017	15,1	1632	9,1	2033000
14	26-06-2017	15,1	1632	9,1	2063000
15	27-06-2017	14,5	1690	9,65	2350000
16	28-06-2017	14,3	1687	9,45	2600000
17	29-06-2017	16,6	1254	8,85	1500000
18	30-06-2017	14,8	728	8,48	1800000
19	01-07-2017	15,1	698	8,65	830000

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 2 muestra el comportamiento de la microalga *Phaeodactylum sp.* Cultivada en el mes de Junio (batch 1) en el sistema de fotobiorreactor, se aprecia un crecimiento sostenido en el número de células por ml. hasta el día dieciséis de cultivo donde se alcanza el peak de concentración (2,6 millones células/ml), una vez alcanzado este máximo se aprecia un descenso abrupto en la concentración de células.

Tabla 3. Registro de parámetros en cultivo de *Phaeodactylum sp.* (batch 2)

REGISTRO DE PARAMETROS CULTIVO DE <i>Phaeodactylum sp.</i> (13:00) (batch 2)					
DIA	FECHA	TEMPERATURA (°C)	LUX	OXIGENO (mg/l)	Número de células/ml
1	20-07-2017	13,6	730	8,68	0
2	21-07-2017	14	372	8,13	333333
3	22-07-2017	15,8	496	8,82	616667
4	23-07-2017	13,8	109	9,32	850000
5	24-07-2017	14,4	1747	9,37	1600000
6	25-07-2017	14	404	7,44	1800000
7	26-07-2017	13,1	362	7,78	1450000
8	27-07-2017	12,4	413	8,38	1416667
9	28-07-2017	12,5	560	7,75	1500000
10	29-07-2017	13,4	670	8,34	1100000
11	30-07-2017	12,9	956	9,34	600000
12	31-07-2017	13,4	1230	8,45	100000

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3 muestra el comportamiento de la microalga *Phaeodactylum sp.* Cultivada en el mes de Julio (batch 2) en el sistema de fotobiorreactor, se aprecia una disminución importante en la duración y concentración de células en comparación al batch 1, siendo el peak de concentración 1,8 millones de células por ml. (a diferencia de los 2,6 millones de células por ml del batch 1) y la duración del batch solo de 12 días (la duración del batch 1 fue de 19 días). Esto se puede atribuir principalmente a dos factores, la temperatura y la intensidad lumínica, ambos parámetros disminuyeron en el batch 2.

Tabla 4. Registro de parámetros en cultivo de *Phaeodactylum sp.* (batch 3)

REGISTRO DE PARAMETROS CULTIVO DE <i>Phaeodactylum sp.</i> (13:00) (batch 3)					
DIA	FECHA	TEMPERATURA (°C)	LUX	OXIGENO (mg/l)	Número de células/ml
1	08-08-2017	15,8	664	7,96	0
2	09-08-2017	15,4	689	8,01	183333
3	10-08-2017	15,5	698	7,98	200000
4	11-08-2017	15,3	734	9,58	250000
5	12-08-2017	14,8	750	10,3	316667
6	13-08-2017	14,8	670	9,65	516667
7	14-08-2017	14,3	680	9,65	850000
8	15-08-2017	14,8	690	9,55	1100000
9	16-08-2017	14,5	730	9,5	2316667
10	17-08-2017	14,6	720	8,56	3250000
11	18-08-2017	14,6	750	10,5	4150000
12	19-08-2017	14,8	690	9,77	4583333
13	20-08-2017	14,8	665	10,8	4916667
14	21-08-2017	15,7	740	9,38	5516667
15	22-08-2017	15,5	790	9,9	1250000
16	23-08-2017	17,2	770	9,44	1316667
17	24-08-2017	16,6	670	8,56	0

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4 muestra el comportamiento de la microalga *Phaeodactylum sp.* Cultivada en el mes de Agosto (batch 3) en el sistema de fotobiorreactor, a diferencia de los dos batch anteriores, este logró una concentración record de 5,5 millones de células por ml y su duración fue de 17 días. Si bien se logró producir a una concentración considerable, el tiempo de duración de los batch no permite tomar esta microalga como alternativa viable para la producción masiva en el fotobiorreactor (La figura 43 muestra la comparación entre batch), esto dado que los batch de ostión tienen una duración mínima en hatchery de tres meses por lo que se requiere que un batch de microalgas dure a lo menos, 40 días para ser un aporte real al sistema productivo del ostión.

Por esta razón, se decide realizar un cuarto batch con una microalga distinta, en este caso, con la microalga *Nannochloris sp*, la tabla V muestra los resultados obtenidos con *Nannochloris sp*. En cuanto a duración y concentración.

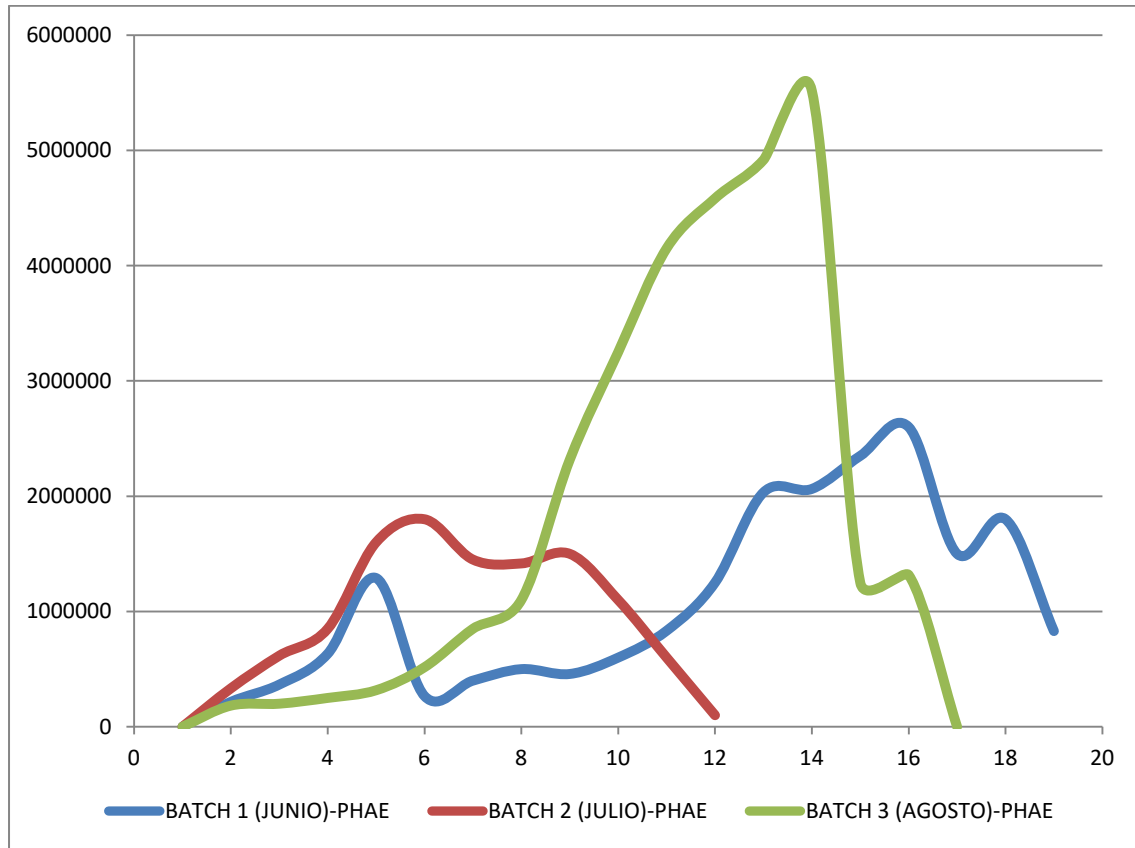


Figura 43. Comparación de tres batch de *Phaeodactylum sp.* Cultivados en fotobiorreactor durante los meses de Junio-Julio-Agosto (x= días de cultivo ; y= Células por ml.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se aprecia claramente que el batch de Agosto tuvo el mayor rendimiento en términos de concentración de células. El menor rendimiento en términos de duración y concentración se obtuvo en el batch 2 (mes de Julio), este rendimiento se explica principalmente por las bajas temperaturas de este mes en particular y por la baja intensidad lumínica de esta época del año.

En términos generales y después de analizar los diferentes batch y el comportamiento de la microalga *Phaeodactylum sp.*, se puede concluir que esta especie no es la indicada para trabajar de forma masiva en el fotobiorreactor debido a la corta vida útil, lo que no se condice con el proceso productivo del ostión del norte.

Tabla 5. Registro de parámetros obtenidos en el cultivo de *Nannochloris sp.* en fotobiorreactor durante los meses de Agosto-Septiembre y Octubre de 2017.

REGISTRO DE PARAMETROS CULTIVO DE <i>Nannochloris sp.</i> (13:00) (batch 4)					
DIA	FECHA	TEMPERATURA (°C)	LUX	OXIGENO (mg/l)	Número de células/ml
1	25-08-2017	16,1	s.i.	10	0
2	26-08-2017	15,7	s.i.	10,2	716667
3	27-08-2017	15,34	s.i.	10,12	723000
4	28-08-2017	15	s.i.	10,37	750000
5	29-08-2017	13,6	s.i.	9,23	1583333
6	30-08-2017	14,1	s.i.	8,99	1750000
7	31-08-2017	13,9	s.i.	9,5	2083333
8	01-09-2017	13,9	s.i.	9,14	4030000
9	02-09-2017	13,8	s.i.	9,38	6980000
10	03-09-2017	14	s.i.	9,65	9530000
11	04-09-2017	13,8	s.i.	9,43	10783333
12	05-09-2017	13,9	s.i.	9,23	12000000
13	06-09-2017	15,6	s.i.	10,23	6080000
14	07-09-2017	15,3	s.i.	9,34	7540000
15	08-09-2017	16	s.i.	9,06	9300000
16	09-09-2017	13,9	s.i.	9,59	9600000
17	10-09-2017	15,6	s.i.	9,29	12300000
18	11-09-2017	15,4	s.i.	9,21	15133333
19	12-09-2017	15,2	s.i.	9,55	17833333
20	13-09-2017	15,8	s.i.	8,88	18400000
21	14-09-2017	16,6	2170	8,73	19666667
22	15-09-2017	16,3	1980	8,91	20083333
23	16-09-2017	16,8	2130	7,83	21766667
24	17-09-2017	15,5	1980	9,54	22533333
25	18-09-2017	15,3	1760	8,98	22900000
26	19-09-2017	15,1	493	8,18	25166667
27	20-09-2017	17	863	9,26	28083333

28	21-09-2017	15,4	1260	8,18	34333333
29	22-09-2017	15,8	428	9,21	26416667
30	23-09-2017	15,7	820	8,23	30666667
31	24-09-2017	15,3	1290	8,21	26366667
32	25-09-2017	14,1	981	8,39	30083333
33	26-09-2017	15,1	493	9,53	30000000
34	27-09-2017	15,1	1380	8,34	33000000
35	28-09-2017	15,3	1090	8,18	35933333
36	29-09-2017	15,4	1450	8,24	36560000
37	30-09-2017	15,6	1460	7,99	34600000
38	01-10-2017	15,3	1230	8,35	33450000
39	02-10-2017	15,8	1340	8,23	30500000
40	03-10-2017	16,2	1540	8,21	31500000
41	04-10-2017	15,6	1220	8,45	29650000
42	05-10-2017	15,9	1080	8,11	27890000
43	06-10-2017	15,3	1100	8,55	27800000
44	07-10-2017	15	1250	8,60	26750000
45	08-10-2017	14,8	1220	8,70	26340000
46	09-10-2017	14,4	1100	7,90	25670000
47	10-10-2017	14,9	1320	8,10	22745000
48	11-10-2017	14,6	1250	8,25	23560000
49	12-10-2017	13,9	965	8,20	22650000
50	13-10-2017	13,3	1250	8,40	21560000
51	14-10-2017	13,4	760	7,95	22345300
52	15-10-2017	13,6	890	8,65	24565000
53	16-10-2017	12,8	950	8,90	21000000
54	17-10-2017	13,7	1100	8,40	18590000
55	18-10-2017	14,2	1130	8,80	18450000
56	19-10-2017	14	1340	8,10	16750000
57	20-10-2017	14,3	1250	7,90	15650000
58	21-10-2017	13,8	1060	8,30	13450000
59	22-10-2017	13,9	1245	8,45	12345000
60	23-10-2017	13,9	1560	8,55	11565000
61	24-10-2017	14,2	1320	8,40	11989000

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 5 muestra la duración y concentraciones obtenidas con la especie *Nannochloris sp.* Claramente se aprecia que en términos de rendimiento y duración, la especie cumple con los requerimientos productivos del cultivo de ostión del norte, ya que la duración de un solo batch fue de 61 días, lo que permite cubrir más del 70% del ciclo productivo del ostión del norte en su etapa de Hatchery, además, se aprecia que la concentración máxima obtenida, supera en 7 veces la concentración máxima obtenida con la especie *Phaeodactylum sp.* La figura 44 muestra la comparación entre los tres batch de *Phaeodactylum sp.* Y el batch de *Nannochloris sp.*:

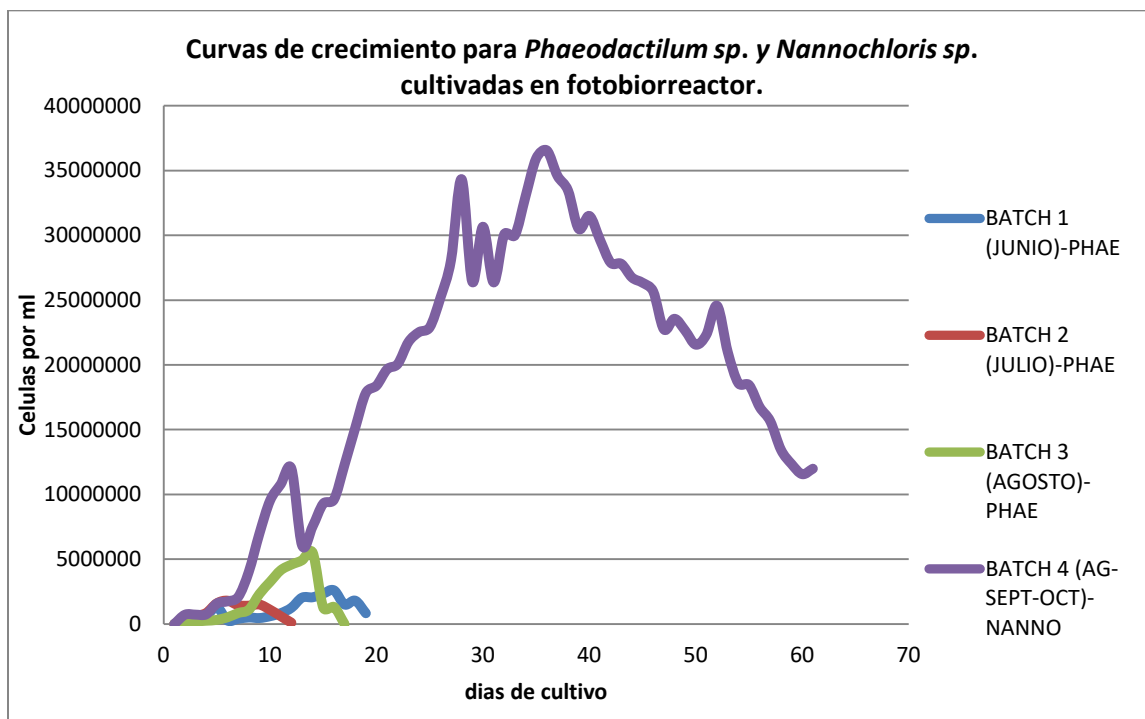


Figura 44. Curvas de crecimiento para *Phaeodactylum sp.* y *Nannochloris sp.* Cultivadas en fotobiorreactor.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura se aprecia de forma clara la diferencia entre las dos especies de microalgas, para el caso de *Phaeodactylum sp.* el máximo obtenido (batch 3) fue de 5 millones de células por ml y la duración máxima (batch 1) fue de 20 días, esto contrasta con los resultados obtenidos con la especie *Nannochloris sp.* (batch 4) donde la mayor concentración se obtuvo a los 35 días y fue de 35 millones de células por ml, la duración total del batch fue de 61 días. Por este antecedente se determinó que la especie idónea para ser reproducida de forma masiva en el fotobiorreactor para fines productivos, es *Nannochloris sp.* (Figura 45), dejando el cultivo de *Phaeodactylum sp.* en Kallwall y botellas (método tradicional).



Figura 45. Cultivo masivo de la especie *nannochloris sp.* en estanque tipo hipódromo (batch 4).
Fuente: Elaboración propia.

6.3 *Evaluar en términos comparativos el sistema tradicional de cultivo versus el sistema implementado en ambiente controlado.*

6.3.1 Comparación estadística de crecimiento promedio y retorno de semillas

Previa verificación de cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se realizó una comparación, entre el crecimiento promedio en milímetros de las semillas de ostión del norte obtenidas utilizando la metodología tradicional de cultivo (fijación en estanques para posterior traslado a líneas de cultivo en mar), con aquellas obtenidas a través de la nueva tecnología de cultivo en tierra con ambiente controlado (estanque tipo hipódromo con aspas impulsoras). Se realizó el mismo procedimiento para la comparación en términos de retorno de semilla o sobrevivencia para las dos metodologías de cultivo.

Estas comparaciones se realizaron a través de un contraste de medias basado en el estadístico “t” de Student, estadístico de prueba utilizado en este tipo de problemas donde se tiene solo dos tratamientos (Moliner, 2003). Este tipo de estadístico se utiliza cuando cada serie de datos se recoge en los mismos sujetos bajo condiciones diferentes (Berry, 1994). La ecuación (1) muestra el test t de Student.

$$(1) \quad t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)\hat{S}_1^2 + (m-1)\hat{S}_2^2}{n+m-2}} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}}$$

Dónde:

\bar{X} = Tasa de crecimiento o retorno de semillas (según sea el factor a analizar) promedio utilizando la metodología tradicional de cultivo de post-larvas y semillas de ostión del norte.

\bar{Y} = Tasa de crecimiento o retorno de semillas (según sea el factor a analizar) promedio utilizando la nueva metodología de cultivo a través de ambiente controlado.

$n = m$ = Número de datos por grupo (número de semillas medidas o número de semillas contadas por colector según sea el factor a analizar).

\hat{S}_1^2 = *Cuasivarianza muestral* para tasas de crecimiento o retorno de semillas utilizando la metodología tradicional de cultivo.

\hat{S}_2^2 = *Cuasivarianza muestral* para tasas de crecimiento o retorno de semillas utilizando la nueva tecnología de cultivo.

Las ecuaciones (2) y (3) muestran las respectivas *cuasivarianzas muestrales* para las tasas de crecimiento o retorno de semillas (según sea el caso a analizar):

$$(2) \hat{S}_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (3) \hat{S}_2^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2$$

6.3.1.1) Hipótesis de aplicación del estadístico

Para realizar una comparación en términos de un único parámetro utilizando el valor medio, se deben cumplir los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Berry, 1994) (Fig. 46).

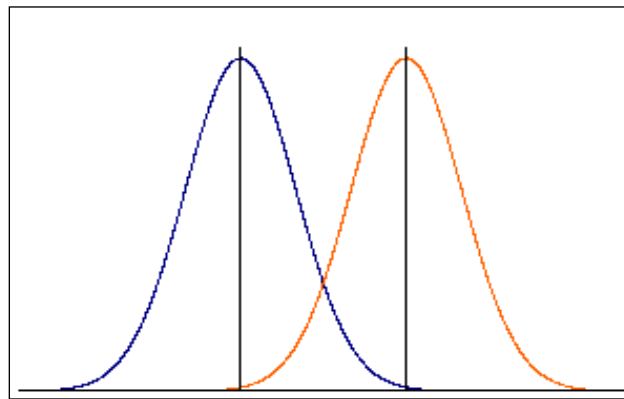


Figura 46. Poblaciones normales con igual varianza y medias distintas.
Fuente: Berry (1994).

6.3.1.2) Contraste de hipótesis

Normalmente, para éste tipo de análisis, se establece una hipótesis de partida (hipótesis nula), que generalmente asume que el efecto de interés es nulo (Molinero, 2003).

El “valor-p” que proporciona cada test estadístico evalúa la probabilidad de haber obtenido los datos observados si esa hipótesis es correcta, de modo que cuanto menor sea éste valor, más improbable resulta que la hipótesis nula se verifique (Berry, 1994).

Si el valor-p resulta ser mayor al porcentaje de error (α) se acepta la hipótesis nula, de caso contrario se rechaza la hipótesis nula, de igual forma si el estadístico t calculado mediante la ecuación (1) resulta ser mayor al estadístico t obtenido de tabla con $m+n-2$

grados de libertad y 95% de confianza ($1-\alpha$) se rechaza la hipótesis nula, de caso contrario se acepta la hipótesis de nulidad.

La figura 47 muestra las zonas de aceptación y de rechazo de la hipótesis de nulidad en función del valor-P para la distribución t de Student.

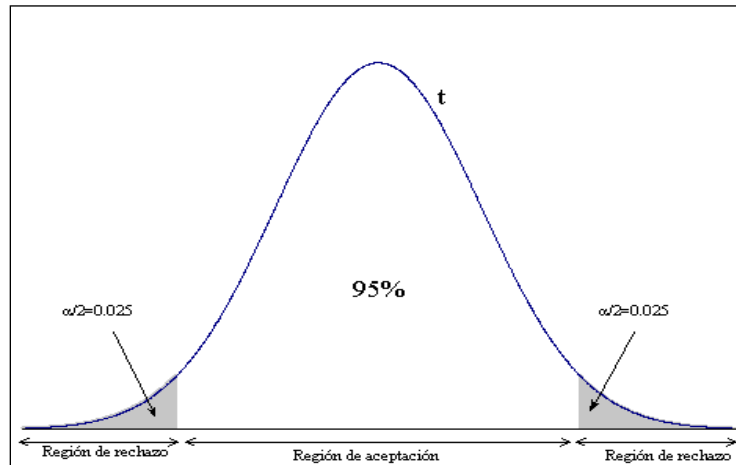


Figura 47. Regiones de rechazo y aceptación de la hipótesis nula en función del valor-p.
Fuente: Berry, 1994.

Para determinar en términos concretos los efectos de la utilización de la nueva tecnología de cultivo de post-larvas y semillas de ostión del norte (*Argopecten purpuratus*), se realizó una comparación entre el crecimiento promedio y retorno de semillas obtenidas, con la forma tradicional de cultivo versus el crecimiento promedio y retorno de semillas obtenidos a través de la nueva tecnología de cultivo en ambiente controlado. Para esto, se elaboraron registros de talla promedio (en micrones) obtenidos en cada sistema de cultivo (tradicional y ambiente controlado) de forma paralela y simultánea, para minimizar el error en la muestra y finalmente se contabilizó el retorno de semilla para cada sistema de cultivo (tradicional y ambiente controlado).

Estas comparaciones se realizaron con 2 batchs de invierno (uno del año 2017 y otro del año 2018), esto con el fin de analizar los resultados basándose en la peor situación ambiental posible dentro del ciclo productivo del ostión del norte, con la finalidad de determinar si la tecnología de cultivo en tierra puede ser una alternativa de producción eficiente para esta época del año.

Las comparaciones de crecimiento promedio y retorno de semillas se realizaron a través de un contraste de medias basado en el estadístico “t” de Student.

6.3.1.3) Hipótesis

H₀ (hipótesis nula): La tasa de crecimiento promedio o retorno de semillas para la metodología tradicional de cultivo es igual a la tasa de crecimiento promedio o retorno de semillas obtenidas con la nueva tecnología de cultivo en ambiente controlado.

H_a (Hipótesis alternativa): La tasa de crecimiento promedio o retorno de semillas para la metodología tradicional de cultivo es distinta a la tasa de crecimiento promedio o retorno de semillas obtenidas con la nueva tecnología de cultivo en ambiente controlado.

6.3.1.4) Regla de decisión

- Se rechazará la Hipótesis nula si el estadístico de prueba t de student calculado es mayor al valor t de tabla para un nivel de confianza de 95% con m+n-2 grados de libertad, igualmente se rechazará la hipótesis nula si el valor crítico de t (valor p) es menor a 0,05 (α).
- Se aceptará la Hipótesis nula si el estadístico de prueba t calculado es menor al valor t de tabla para un nivel de confianza de 95% con m+n-2 grados de libertad o si bien el valor crítico de t (valor p) es mayor o igual a 0,05 (α).

6.3.2 Comparación de crecimiento promedio y retorno de semillas de ostión del norte.

Para realizar la comparación de crecimiento promedio y retorno de semillas de ostión del norte utilizando la tecnología tradicional de cultivo versus la nueva tecnología propuesta en este proyecto, se realizaron dos batch de larvas, uno en el mes de Abril del año 2017 y el otro en el mes de Enero de 2018. Cada uno de estos batch se realizó bajo la misma metodología de cultivo de larvas utilizada normalmente en el Centro de Investigaciones Costeras (CIC-UDA) hasta el momento de la fijación. Una vez fijadas las post-larvas en los sistemas de fijación (figura 48), estas fueron separadas en dos grupos,

el primer grupo se trasladó a mar para seguir su cultivo de forma tradicional (cultivo en colectores en mar), El segundo grupo se trasladó al sistema de cultivo en tierra con ambiente controlado (Ostión tech) (figura 49). Para cada batch los tiempos de cultivo variaron, esto con el fin de determinar si el tiempo de cultivo en el sistema de ambiente controlado influye en el rendimiento final del batch de producción, por esta razón cada batch se comparó de forma independiente entre la metodología tradicional de cultivo y el sistema de cultivo en tierra con ambiente controlado.



Figura 48. Sistema de fijación con post-larvas fijadas
Fuente: Elaboración propia.



Figura 49. Sistemas de fijación con post-larvas en estanque de cultivo en tierra con ambiente controlado.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2.1) Comparación de crecimiento promedio batch año 2017 (Abril 2017).

El desove de este batch se realizó el día 01 de Abril del año 2017 (batch 010417). La fijación a los sistemas de cultivo se logró realizar en un periodo de 47 días de cultivo (18 de mayo de 2017), a los 5 días post-fijación se procedió a separar el batch en los dos grupos destinados para este estudio, el primer grupo fue sembrado en líneas de cultivo en mar y el segundo grupo se sembró en el sistema de cultivo en tierra con ambiente controlado. Luego de cuatro meses de cultivo en mar y en ambiente controlado se procedió a realizar el muestreo de tallas para ambos sistemas de cultivo, el registro de tallas para ambos sistemas de cultivo se encuentra adjunto en el ANEXO 4. La figura 50 muestra la comparación de tallas obtenidas para cada sistema de cultivo. La tabla 6, muestra las tallas promedio obtenidas para cada sistema de cultivo:

Tabla 6. Tallas promedio (mm.) para ostión del norte cultivado por 4 meses post fijación de forma tradicional y ambiente controlado (batch 010417) (n=187).

	Método de cultivo	
	Tradicional	Ostión tech
Talla promedio (mm.)	10,18	7,80
N	187	187

Fuente: Elaboración propia

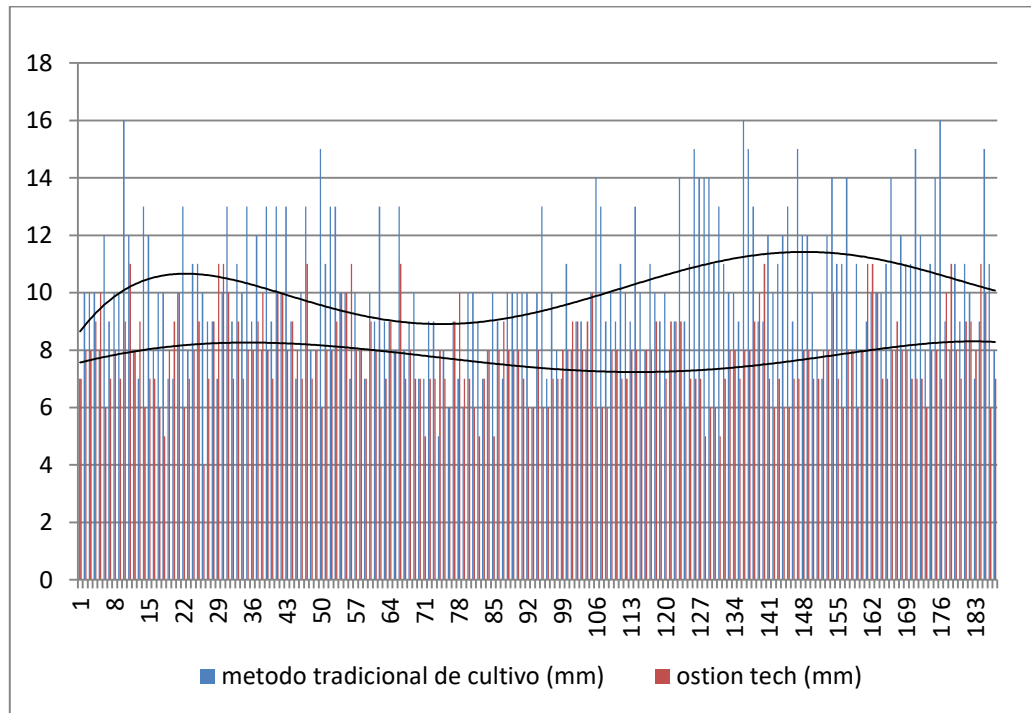


Figura 50. Tallas en mm. Para ostión del norte cultivado de la forma tradicional de cultivo versus la nueva metodología de cultivo en ambiente controlado (batch 010417). $x=n$; $y=$ talla (mm.)
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se aprecia que la forma tradicional de cultivo posee mayores tallas que el sistema en ambiente controlado. Para validar esta diferencia estadísticamente significativa, se realizó la comparación de medias a través del estadístico de prueba T de student (tabla 7).

Tabla 7. Resultados del contraste de tallas medias basado en la T de Student para el cultivo comparativo de ostión del norte en forma tradicional versus ambiente controlado (batch 010417).

Contraste de tallas medias (mm.) a través del estadístico de prueba T de Student					
GL	T CALCULADO	T TABLA	VALOR-P	ALFA	DECISIÓN H0
372	12,04	1,64	2,05053E-28	0,05	RECHAZA

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para la comparación de tallas medias obtenidas en la forma tradicional de cultivo versus el cultivo en ambiente controlado, demuestran con un 95% de confianza que existen diferencias estadísticamente significativas entre las tasas de crecimiento en cada sistema de cultivo, siendo el cultivo en mar (forma tradicional de cultivo) la que posee tallas promedio superiores ($p < 0,05$). La figura 51, muestra esta diferencia de manera gráfica a través de la comparación de distribución normal de frecuencia de tallas para cada sistema de cultivo (se cumple supuesto de homocedasticidad):

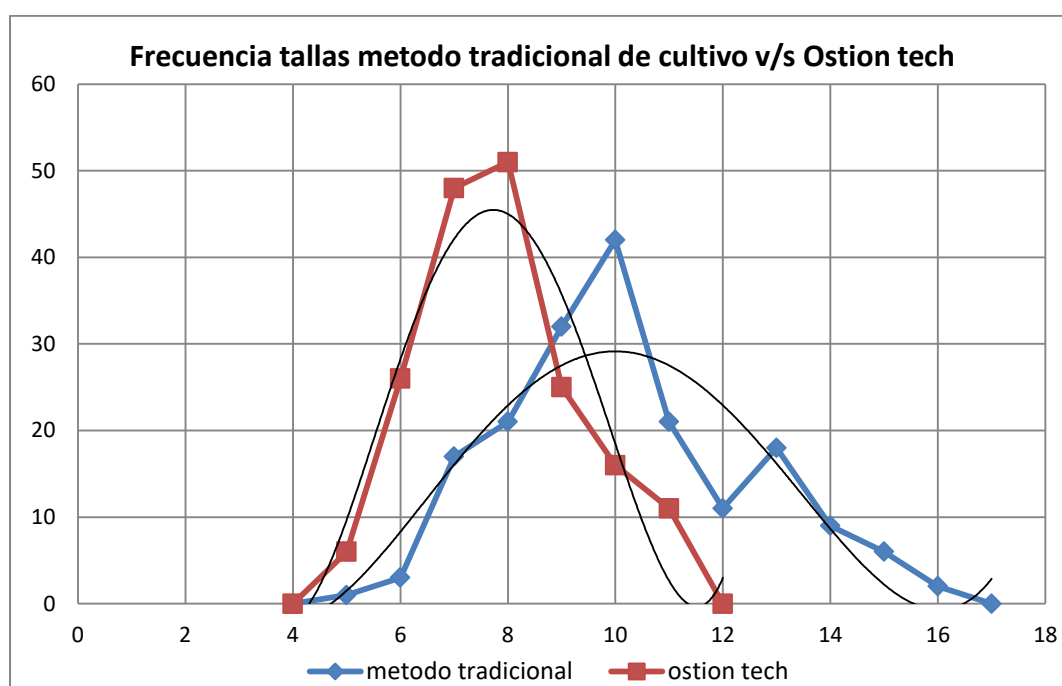


Figura 51. Frecuencia de tallas para forma tradicional de cultivo y sistema en ambiente controlado (x= talla mm.; y= Número de individuos).
Fuente: Elaboración propia.

La figura 51 muestra claramente la diferencia en la distribución de tallas entre el sistema tradicional de cultivo y el sistema en ambiente controlado, también es importante visualizar la amplitud de las dos distribuciones ya que si bien el método tradicional de cultivo posee mayores tallas, también posee una mayor dispersión de tallas en comparación al sistema en ambiente controlado, este factor es muy importante ya que lo esperado, es que el rango de dispersión de tallas sea lo menor posible para

evitar el exceso de descarte y categorías de producción. En resumen, una menor dispersión se traduce en una mejor estandarización de la producción.

Como conclusión de este análisis, se puede inferir que la talla media en mar es estadísticamente superior a la talla media en tierra pero posee una mayor dispersión.

6.3.2.2) Comparación de retorno de semillas batch año 2017 (Abril 2017)

Luego de cuatro meses de cultivo en mar y en ambiente controlado se procedió a realizar el conteo del batch 01041017. Se muestrearon aleatoriamente siete (7) colectores cultivados en mar y siete (7) colectores cultivados en tierra con ambiente controlado, la tabla VII muestra el número de semillas de ostión del norte por sistema de fijación para cada metodología de cultivo (tradicional y ambiente controlado), la figura 52 muestra la representación gráfica de este conteo.

Tabla 8. Número de semillas de ostión del norte por sistema de fijación para cada metodología de cultivo (tradicional y ambiente controlado).

Conteo de semillas por sistema de fijación (4 meses de cultivo)		
método tradicional		ostión tech
bolsa	ostión/bolsa (xi)	ostión/bolsa (yi)
1	1.101	1675
2	1.250	1887
3	1.002	1253
4	976	1578
5	971	1217
6	1.005	1786
7	502	890
PROMEDIO	973	1.469
	Xprom	Yprom

Fuente: Elaboración propia.

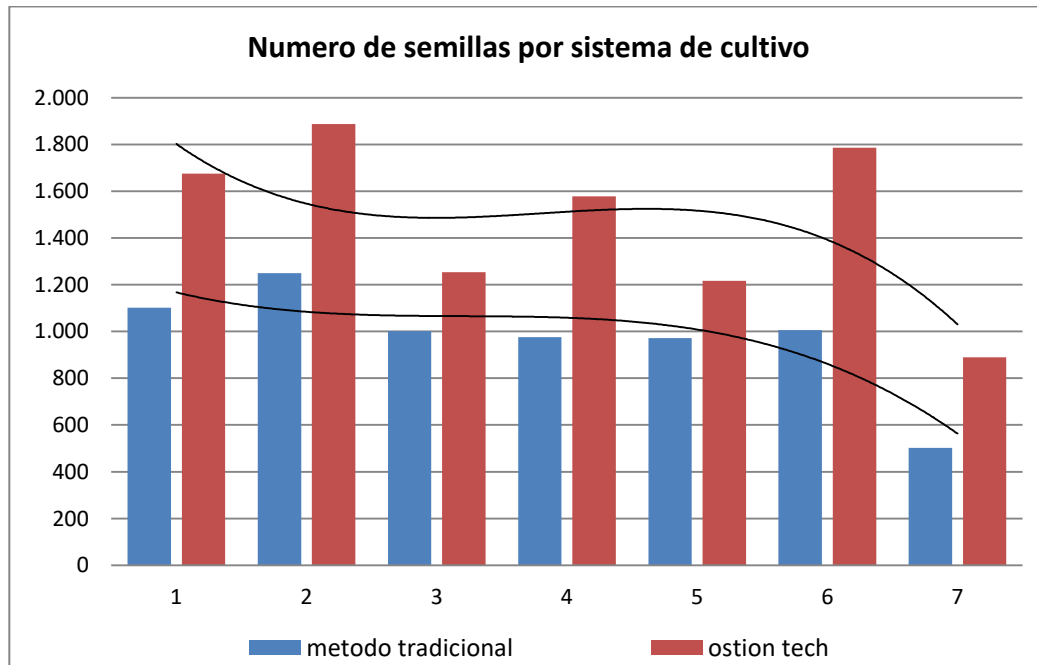


Figura 52. Número de semillas obtenidas por sistema de fijación luego de 4 meses de cultivo en mar y en ambiente controlado (ostión tech) (batch 010417).
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se aprecia que la forma tradicional de cultivo posee menor número de semillas por sistema de fijación en comparación con el sistema en ambiente controlado. Para validar esta diferencia estadísticamente significativa, se realizó la comparación del número de semillas promedio por sistema de cultivo a través del estadístico de prueba T de student (tabla VIII).

Tabla 9. Resultados del contraste de retorno de semillas basado en la T de Student para el cultivo comparativo de ostión del norte en forma tradicional versus ambiente controlado (batch 010417)

Contraste de retorno de semillas promedio (mm.) a través del estadístico de prueba T de Student (batch 010417).					
GL	T CALCULADO	T TABLA	VALOR-P	ALFA	DECISIÓN H0
12	3,08	1,78	0,0095	0,05	RECHAZA

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para la comparación de retorno de semillas promedio obtenidas en la forma tradicional de cultivo versus el cultivo en ambiente controlado, demuestran con un 95% de confianza que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos sistemas de cultivo, siendo el cultivo en tierra en ambiente controlado (osti6n tech) el que posee un retorno promedio de semillas de osti6n del norte superior ($p < 0,05$).

6.3.2.3) Comparaci6n de crecimiento promedio batch a6o 2018 (batch 1801).

El desove de este batch se realiz6 el d6a 29 de Enero del 2018 (batch 1801). La fijaci6n a los sistemas de cultivo se logr6 en un periodo de 44 d6as de cultivo (14 de Marzo de 2018). A los 5 d6as post-fijaci6n, se procedi6 a separar el batch en los dos grupos destinados para este estudio, el primer grupo fue sembrado en l6neas de cultivo en mar y el segundo grupo se sembr6 en el sistema de cultivo en tierra con ambiente controlado.

Luego de cuatro meses de cultivo en mar y en ambiente controlado (5 de Mayo de 2018) se procedi6 a realizar el muestreo de tallas para ambos sistemas de cultivo, el registro de tallas para ambos sistemas de cultivo se encuentra en adjunto en (ANEXO 4). La figura 53 muestra la comparaci6n de tallas obtenidas para cada sistema de cultivo y la tabla 10 muestra las tallas promedio obtenidas para cada sistema de cultivo.

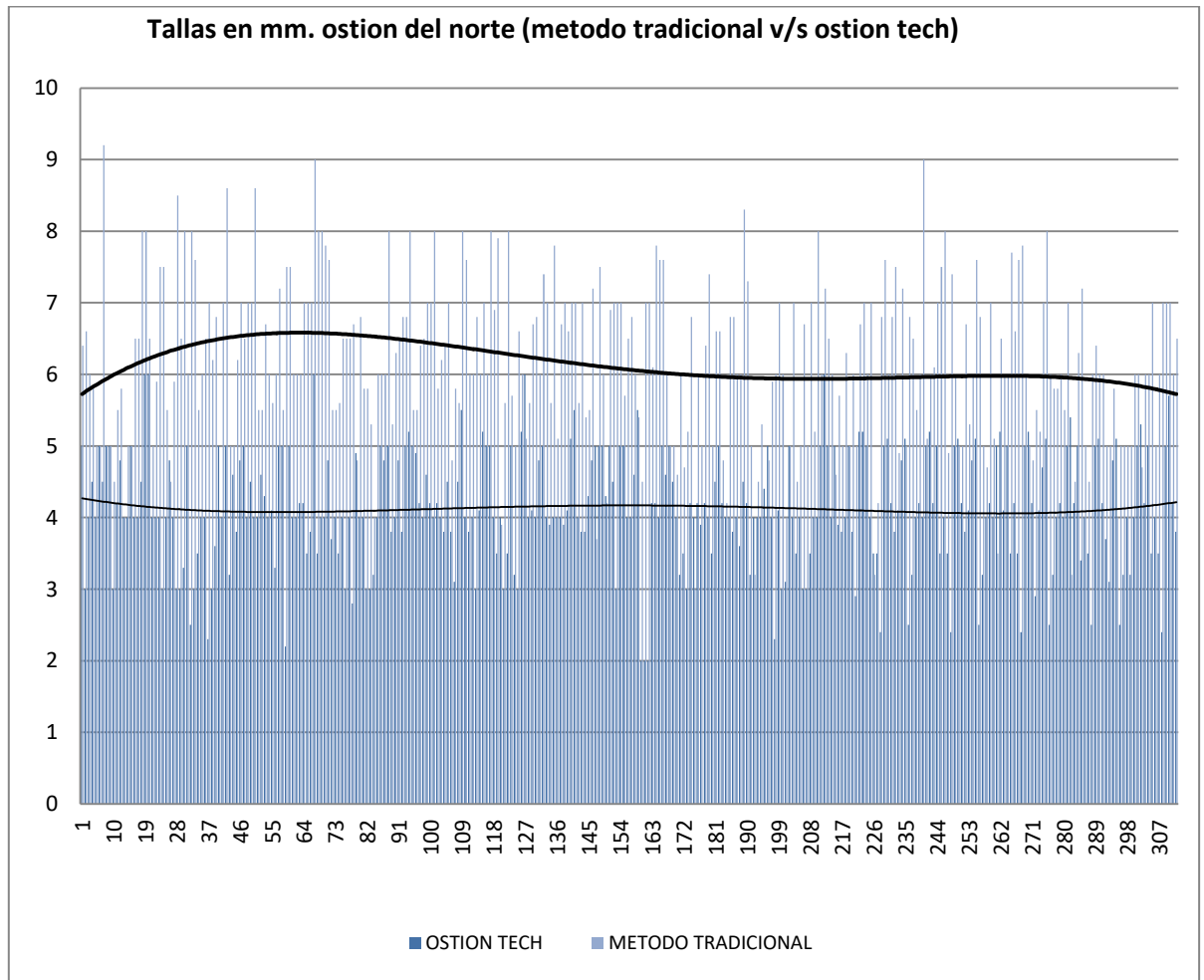


Figura 53. Tallas en mm. Para ostión del norte cultivado de la forma tradicional de cultivo versus la nueva metodología de cultivo en ambiente controlado (batch 010417). x=n; y= talla (mm.)
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Tallas promedio (mm.) para ostión del norte cultivado por 4 meses post fijación de forma tradicional y ambiente controlado (batch 010417) (n=187).

	Método de cultivo	
	Tradicional	Ostión tech
Talla promedio (mm.)	6,14	4,13
N	312	312

Fuente: Elaboración propia.

Tanto en la figura 53 como en la tabla 10 se aprecia que la forma tradicional de cultivo posee mayores tallas que el sistema en ambiente controlado. Para validar esta diferencia estadísticamente significativa, se realizó la comparación de medias a través del estadístico de prueba T de student (tabla 11).

Tabla 11. Resultados del contraste de tallas medias basado en la T de Student para el cultivo comparativo de ostión del norte en forma tradicional versus ambiente controlado (batch 1801).

Contraste de tallas medias (mm.) a través del estadístico de prueba T de Student					
GL	T CALCULADO	T TABLA	VALOR-P	ALFA	DECISIÓN H0
631	26,11	1,64	1,9311E-102	0,05	RECHAZA

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para la comparación de tallas medias obtenidas en la forma tradicional de cultivo versus el cultivo en ambiente controlado, demuestran con un 95% de confianza que existen diferencias estadísticamente significativas entre las tasas de crecimiento en cada sistema de cultivo, siendo el cultivo en mar (forma tradicional de cultivo) la que posee tallas promedio superiores ($p < 0,05$). La figura 54 muestra esta diferencia de manera gráfica a través de la comparación de distribución normal de frecuencia de tallas para cada sistema de cultivo (se cumple supuesto de homocedasticidad):

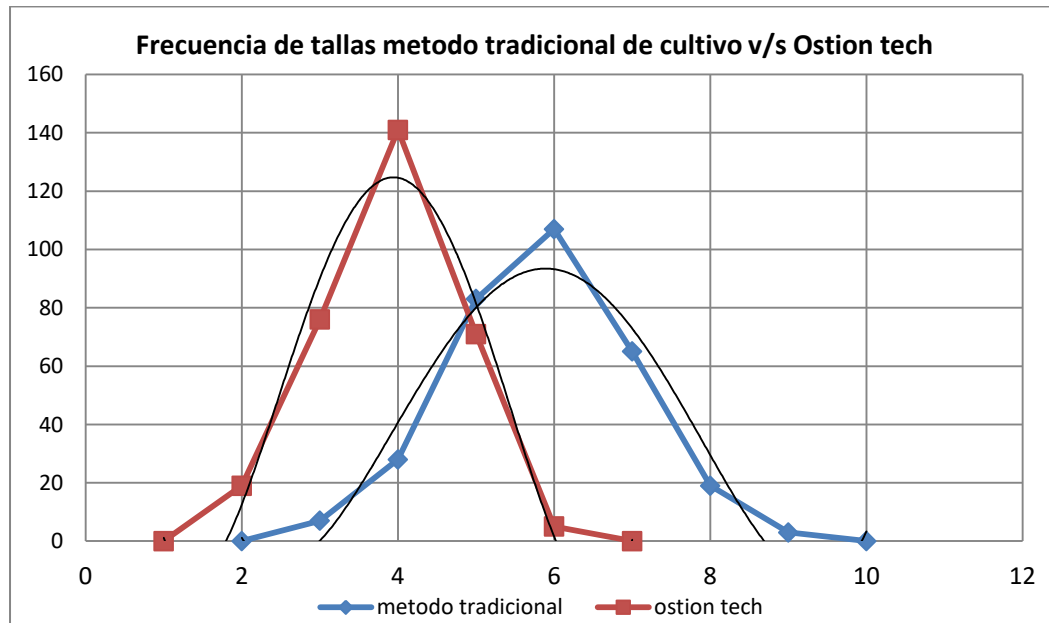


Figura 54. Frecuencia de tallas para forma tradicional de cultivo y sistema en ambiente controlado (x= talla mm.; y= Número de individuos).
Fuente: Elaboración propia.

La figura 54 muestra claramente la diferencia en la distribución de tallas entre el sistema tradicional de cultivo y el sistema en ambiente controlado. Es importante visualizar la amplitud de las dos distribuciones, ya que si bien el método tradicional de cultivo posee mayores tallas, también posee una mayor dispersión en comparación al sistema en ambiente controlado (igual resultado que el obtenido en batch 010417). Como se mencionó anteriormente, este factor es muy importante ya que lo esperado, es que el rango de dispersión de tallas sea lo menor posible para evitar el exceso de descarte y categorías de producción. En resumen una menor dispersión se traduce en una mejor estandarización de la producción.

Como conclusión de este análisis se puede inferir que la talla media en mar es estadísticamente superior a la talla media en tierra pero posee una mayor dispersión.

6.3.2.4 Comparación de retorno de semillas batch año 2018 (Enero 2018).

Luego de cuatro meses de cultivo en mar y en ambiente controlado del batch 1801, se procedió a realizar el conteo aleatorio de siete (7) colectores cultivados en mar y siete (7) colectores cultivados en tierra con ambiente controlado. La tabla 12 muestra el número de semillas de ostión del norte por sistema de fijación para cada metodología de cultivo (tradicional y ambiente controlado). La figura 55 muestra la representación gráfica de este conteo.

Tabla 12. Número de semillas de ostión del norte por sistema de fijación para cada metodología de cultivo (tradicional y ambiente controlado).

Conteo de semillas por sistema de fijación (4 meses de cultivo)		
método tradicional		ostión tech
N	ostión/bolsa (xi)	ostión/bolsa (yi)
1	2.280	4857
2	5.800	3143
3	3.300	4429
4	1.575	4672
5	2.552	3916
6	1.317	4685
7	1.895	3213
PROMEDIO	2.674	4.131
	Xprom	Yprom

Fuente: Elaboración propia.

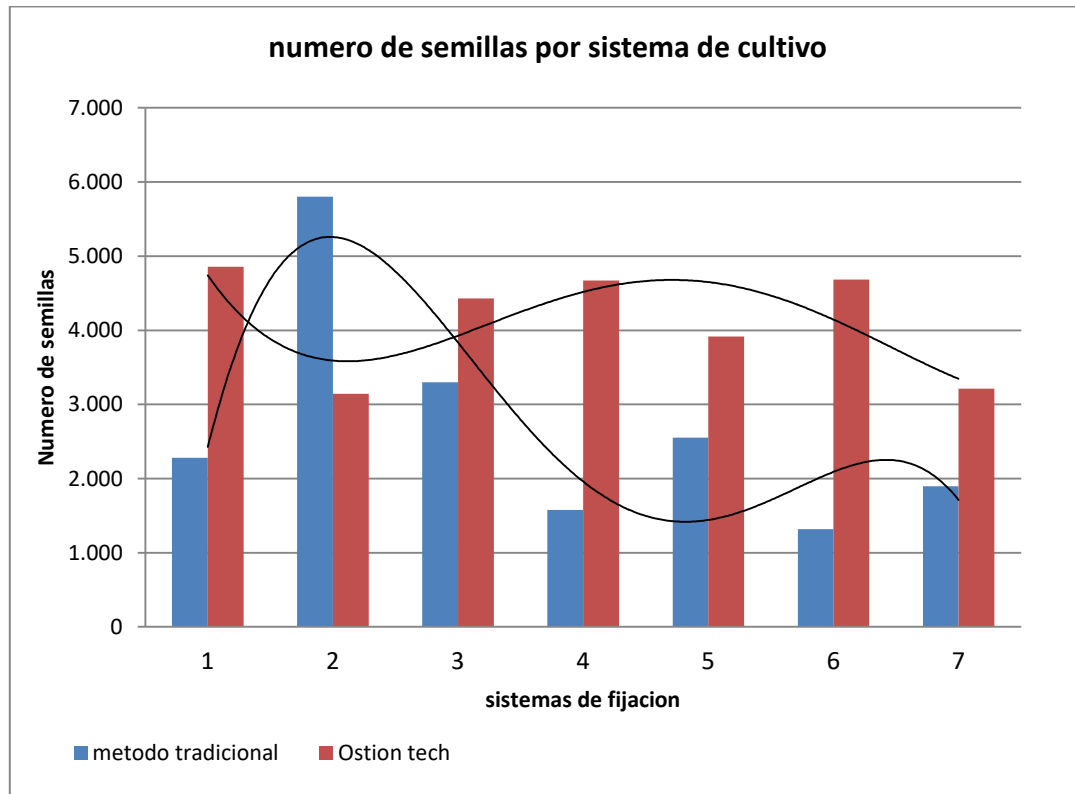


Figura 55. Número de semillas obtenidas por sistema de fijación luego de 4 meses de cultivo en mar y en ambiente controlado (ostión tech) (batch 1801).
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se aprecia que la forma tradicional de cultivo posee menor número de semillas por sistema de fijación que el sistema en ambiente controlado. Para validar esta diferencia estadísticamente significativa, se realizó la comparación del número de semillas promedio por sistema de cultivo a través del estadístico de prueba T de student (tabla 13).

Tabla 13. Resultados del contraste de retorno de semillas basado en la T de Student para el cultivo comparativo de ostión del norte en forma tradicional versus ambiente controlado (batch1801)

Contraste de retorno de semillas promedio (mm.) a través del estadístico de prueba T de Student					
GL	T CALCULADO	T TABLA	VALOR-P	ALFA	DECISIÓN H0
12	2,28	1,78	0,04	0,05	RECHAZA

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para la comparación de retorno de semillas promedio obtenidas en la forma tradicional de cultivo versus el cultivo en ambiente controlado, demuestran con un 95% de confianza que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos sistemas de cultivo, siendo el cultivo en tierra en ambiente controlado (ostión tech) el que posee un retorno promedio de semillas de ostión del norte superior ($p < 0,05$).

6.4 Evaluación económica del nuevo sistema OTU, versus la metodología tradicional de cultivo.

En este análisis económico, se determinó el impacto de implementar el procedimiento común de cultivo de semillas de ostion del norte, de un hatchery tipo, con 300.000 litros de capacidad, con una producción nominal al año de 20.000.000 de semillas de 5 mm. cada una. Para el análisis, se consideraron las inversiones, depreciaciones, gastos fijos y variables, los cuales inciden en la evaluación del costo por semilla producida en el período antes mencionado. Se determinaron gastos supuestos de operación, mantención, fletes, entre otros. Se valorizaron las inversiones incluyendo infraestructuras en tierra, embarcaciones, atracadero y concesiones de mar, avaluadas y depreciadas según tablas usuales para este tipo de evaluaciones, con depreciación en 20 años lineales por mes. Dentro de los supuestos, en el gasto del personal se incluyen a los profesionales, técnicos y operadores de día y noche, los que mantienen las operaciones en los períodos determinados como productivos para un cultivo tipo. Se puede mencionar que dentro de esta evaluación se determinan los gastos mayores y se rebajan los gastos variables en el período de baja de producción.

6.4.1 Distribución de gastos

En este análisis comparativo de distribución de gastos asociados a la producción de semillas de ostión del norte, se puede mencionar que el principal impacto económico, está dado por la variación del costo de producción de la semilla, dando como resultado, un menor costo de producción al aumentar la cantidad producida con la infraestructura inicial. Solo se contempla el extra de las inversiones en estanques hipódromos del sistema “OSTION TECH CIC-UDA” llamado OTU y su determinada depreciación.

A continuación, se exponen las tablas resúmenes y gráficos de resultados, para el cultivo de ostión del Norte en 300 m³ de capacidad instalada con el método tradicional de cultivo y el sistema OTU, “OSTION TECH CIC-UDA”:

Tabla 14. Resumen de análisis del método tradicional de cultivo v/s el sistema OTU en hatchery de 300 metros cúbicos de capacidad instalada.

ITEM DE GASTO	METODO TRADICIONAL	SISTEMA OTU	VARIACION CLP\$	% VARIACION
GASTOS DE PERSONAL	60.000.000	66.000.000	6.000.000	10%
ENERGIA ELECTRICA	3.000.000	10.300.000	7.300.000	243%
DEPRECIACION	61.500.000	88.499.988	26.999.988	44%
MATERIALES Y REPUESTOS	1.800.000	1.800.000	0	0%
SERVICIOS EXTERNOS	1.200.000	1.200.000	0	0%
MANTENCIÓN Y REPARACIÓN	1.800.000	3.000.000	1.200.000	67%
COMBUSTIBLES	3.000.000	3.000.000	0	0%
COMPRA DE MICROALGAS Y FERT	800.000	1.000.000	200.000	25%
ARRIENDOS OPERACIONALES	3.000.000	3.000.000	0	0%
LAVADO MALLAS Y REDES	285.714	361.905	76.190	27%
GASTOS ADM.Y COMUNICACIONES	12.000.000	12.000.000	0	0%
PATENTES	1.200.000	1.200.000	0	0%
MOVIMIENTO INTERNO Y FLETES	1.200.000	1.200.000	0	0%
SEGUROS	1.200.000	1.200.000	0	0%
GASTOS VIAJES Y VIATICOS	3.000.000	3.000.000	0	0%
TOTAL GASTOS	154.985.714	196.761.893	41.776.178	27%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra las principales variaciones de costo entre el sistema OTU y el método tradicional de cultivo, las que están dadas principalmente, en el consumo de energía eléctrica y la inversión inicial al aplicar el sistema OTU las que hacen aumentar el gasto en estos ítems en un 243% y un 44% respectivamente (el aumento en la inversión se ve reflejado en la depreciación anual de los activos), la variación del costo total de producción entre el sistema tradicional de cultivo y el sistema OTU es de un 27%.

Las figuras 56 y 57 muestran la distribución de gastos del método tradicional de cultivo y el sistema OTU respectivamente. La figura 58, muestra la distribución porcentual de gasto de cada ítem de costo para el método tradicional de cultivo y el sistema OTU:

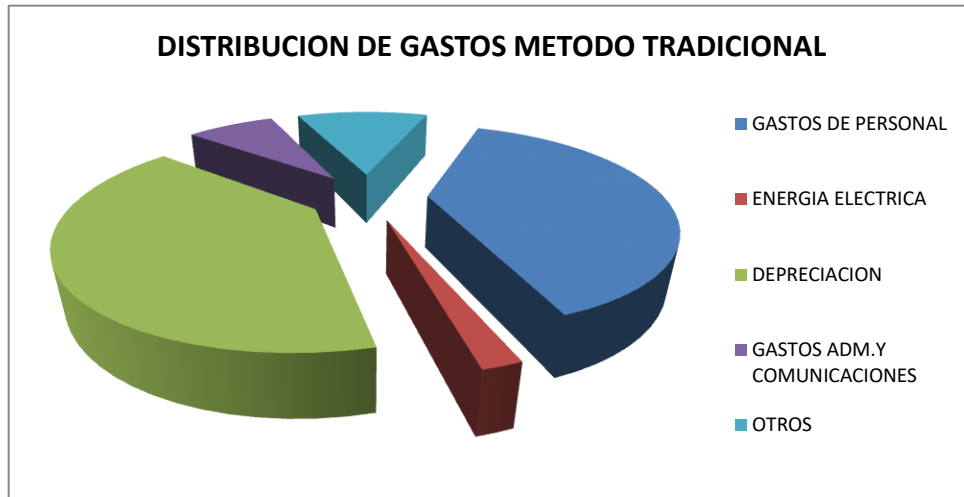


Figura 56. Distribución de gastos método tradicional de cultivo.
Fuente: Elaboración propia.

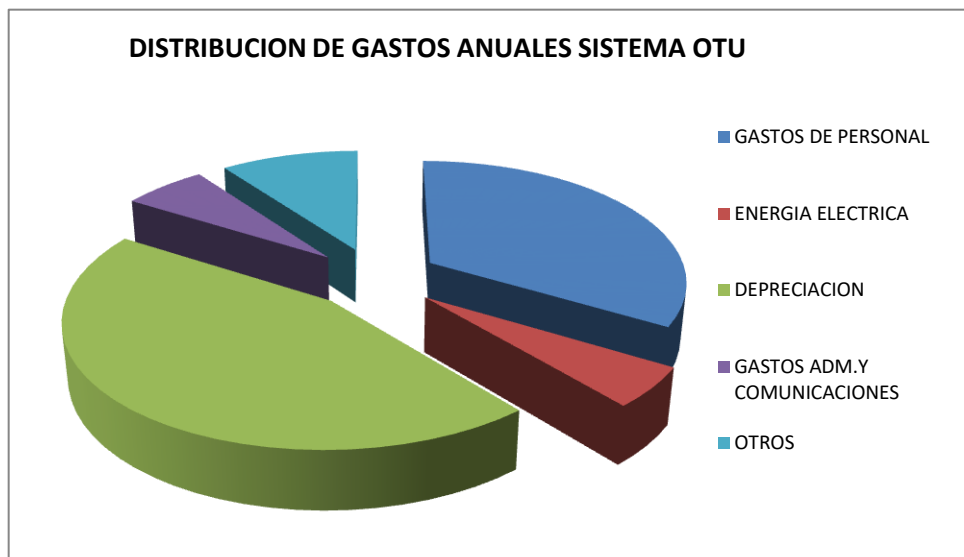


Figura 57. Distribución de gastos anuales sistema OTU.
Fuente: Elaboración Propia

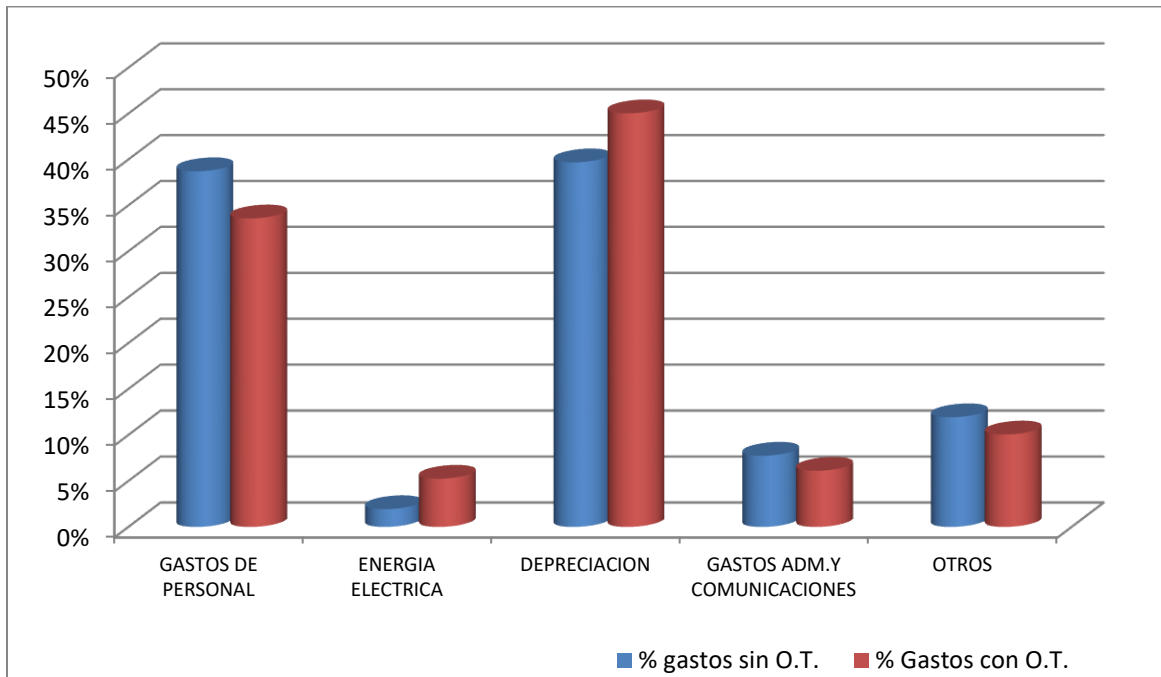


Figura 58. Distribución porcentual de gasto de cada ítem de costo para el método tradicional de cultivo y el sistema OTU.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras, se aprecia que los principales factores de gasto que influyen en la producción de semillas, en ambos sistemas de cultivo, son el personal y la depreciación, seguidos por los ítems administración y energía eléctrica. El ítem “otros”, no se considera como grupo influyente de gastos, ya que está compuesto por 10 ítems de costos y se agrupó con la finalidad de simplificar el análisis de los grupos de gasto más influyentes, la tabla 15 muestra el desglose del grupo “otros” y el aporte porcentual a la estructura de costos en ambos sistemas de cultivo:

Tabla 15. Desglose del grupo “otros” y el aporte porcentual a la estructura de costos en ambos sistemas de cultivo

APORTE PORCENTUAL A ESTRUCTURA DE COSTOS ITEM "OTROS"		
ITEM DE GASTO	METODO TRADICIONAL	SISTEMA OTU
GASTOS VIAJES Y VIATICOS	2%	1,5%
MATERIALES Y REPUESTOS	1%	0,9%
SERVICIOS EXTERNOS	1%	0,6%
MANTENCIÓN Y REPARACIÓN	1%	1,5%
COMBUSTIBLES	2%	1,5%
COMPRA DE MICROALGAS Y FERT	1%	0,4%
ARRIENDOS OPERACIONALES	2%	1,5%
LAVADO MALLAS Y REDES	0%	0,2%
PATENTES	1%	0,6%
MOVIMIENTO INTERNO Y FLETES	1%	0,6%
SEGUROS	1%	0,6%

Fuente: Elaboración propia.

6.4.2 Análisis comparativo de productividad entre el método tradicional de cultivo versus el sistema OTU.

Como se mencionó anteriormente, el sistema OTU incrementa el costo de las operaciones del Hatchery en un 27%, este aumento del gasto no se puede analizar por sí solo ya que este cambio tecnológico genera un aumento en la productividad del sistema y por consecuencia, rentabiliza la instalación, generando mayor número de semillas de ostión del norte por unidad de volumen de agua y por unidad de tiempo, ya que aumenta la temporada de producción de semillas a 10 meses del año (a diferencia de los 6 meses de producción con el método tradicional de cultivo). La tabla 16, muestra la variación de costos y producción de semillas de ostión del Norte para ambos sistemas de cultivo. La figura 59, muestra la distribución anual de gastos y de producción de semillas para ambos sistemas de cultivo:

Tabla 16. Resumen de análisis de producción de semillas de ostión del Norte y costo total de producción para el método tradicional de cultivo y el sistema OTU.

GASTOS ASOCIADOS	METODO TRADICIONAL	SISTEMA OTU	VARIACION CLP \$	% VARIACION
GASTOS HATCHERY	154.985.714	196.761.893	41.776.178	27%
SEMILLAS PROYECTADAS	20.000.000	38.000.000	18.000.000	90%

Fuente: Elaboración propia

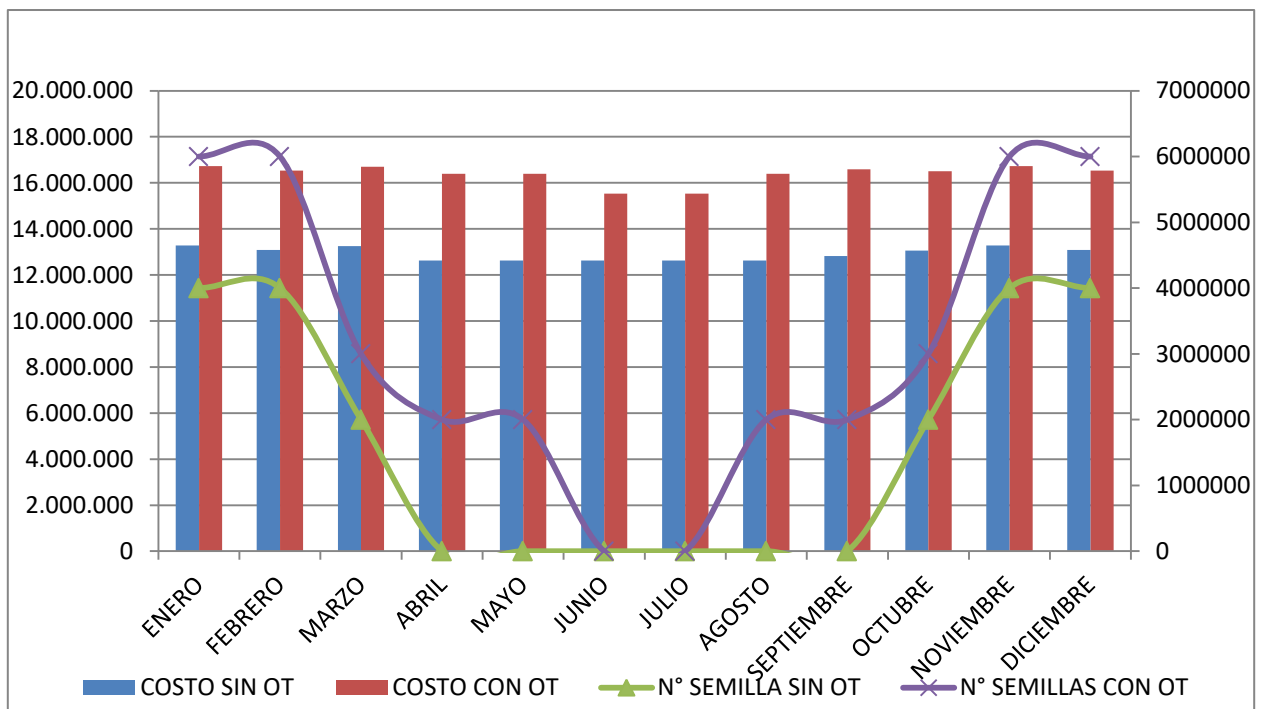


Figura 59. Distribución Anual de gastos y producción de semillas de ostión del Norte para el método tradicional de cultivo y el sistema OTU.

X= Meses; Y1= Costo mensual de producción CLP\$; Y2= Numero mensual de semillas producidas.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura, se aprecia la distribución mensual de costos de producción (gráfica de barras) y la producción mensual de semillas de ostión del Norte (gráfica de línea), para ambos sistemas de cultivo. Claramente, la mejora tecnológica rentabiliza las instalaciones ya que el aumento en el costo de producción resulta casi marginal en comparación al aumento en la producción de semillas. En términos concretos, un aumento en el costo de producción en un 27% genera un aumento en la producción de semillas en un 90%. Las figuras 60 y 61 muestran la magnitud de la variación de costos y variación de la producción respectivamente:

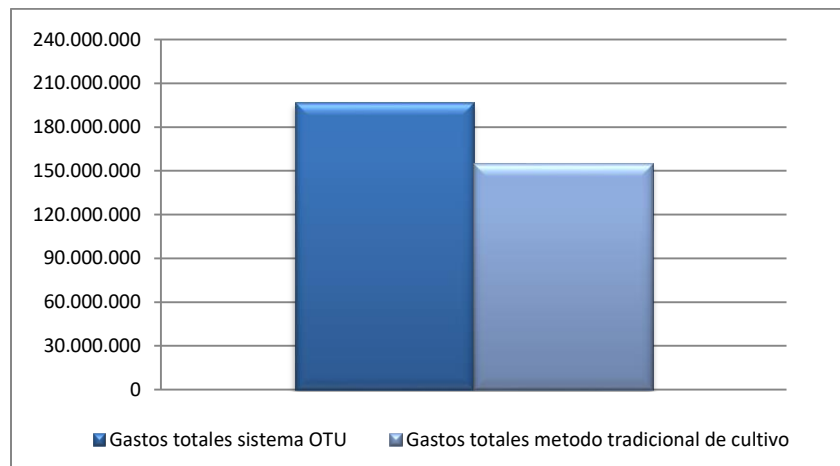


Figura 60. Gasto Anual CLP\$ sistema OTU y método tradicional de cultivo.

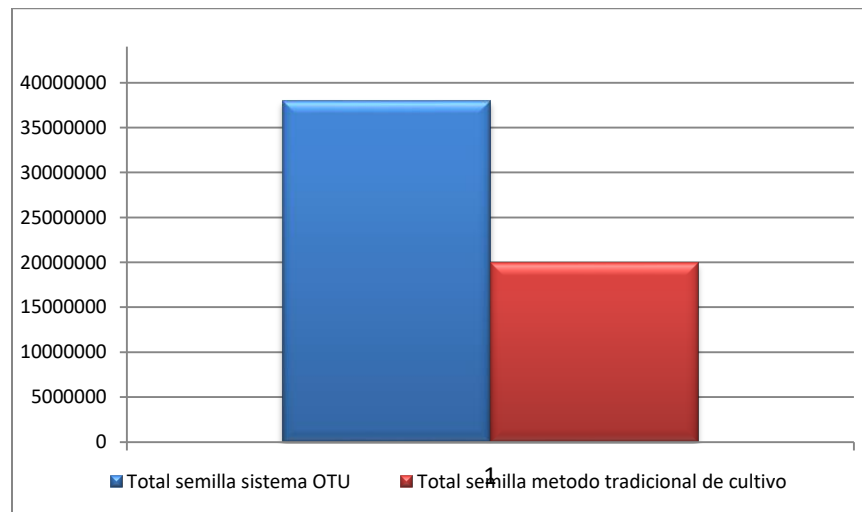


Figura 61. Producción anual de semillas sistema OTU y método tradicional de cultivo.
Fuente figuras 61 y 62: Elaboración Propia.

Estas gráficas, muestran el impacto de la innovación tecnológica, que incrementa la productividad del sistema y por consecuencia rentabiliza las instalaciones haciendo despreciable el aumento en los costos de producción, ya que el valor crítico para este análisis y el que finalmente influye en la toma de decisión sobre la estrategia de producción a utilizar es el costo unitario de producción de semilla de ostión del norte. Este valor es significativamente inferior en el sistema OTU, la tabla 17 muestra este resultado:

Tabla 17. Costo unitario de semilla (CLP\$) y variación porcentual en el costo unitario de semilla para el método tradicional de cultivo y el sistema OTU.

GASTOS ASOCIADOS	METODO TRADICIONAL	SISTEMA OTU	VARIACION	% VARIACION
COSTO SEMILLA / UN.	7,75	5,18	-2,57	-33,18%

Fuente: Elaboración Propia.

7. DIFUSION DEL PROYECTO

Nombre actividad	Descripción	Medio de verificación (Anexos)	% de cumplimiento
Perfil en www.cridesat.cl	Se incorpora a la página del CRIDESAT, el link del proyecto con la finalidad de informar a los beneficiarios y a la ciudadanía, respecto a las principales acciones del proyecto. Asimismo, es un soporte digital para publicaciones, notas de prensa, columnas, entrevistas, fotografías, videos, folletos, invitaciones a eventos, talleres y cursos, entre otros.	Proyectos: http://www.cridesat.uda.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=355&Itemid=115 Ostión Tech: http://www.cridesat.uda.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=541:fic-ostion-tech&catid=40:proyectos	100
Inauguración	Se realiza actividad de lanzamiento del proyecto en las dependencias del CIC-UDA, sector el morro, Bahía Inglesa., el día 07 de septiembre del 2016. En dicha actividad se realiza la presentación del proyecto. Son invitadas las autoridades (públicas, académicas y sociales, relacionadas con la iniciativa), los beneficiarios y la comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> · Invitación · Programa · Inscripción de asistentes · Fotografías · Libreto · Nota de prensa 	100
Taller de Avance	El día 07 de junio del 2017 se realiza una Jornada de presentación de avance del proyecto. Se exponen los resultados preliminares obtenidos hasta la fecha, aciertos, dificultades y el progreso de la iniciativa principalmente a integrantes del CORE Atacama, productores, investigadores y al equipo CRIDESAT-UDA.	<ul style="list-style-type: none"> · Invitación · Programa · Acta de jornada · Fotografías · Nota de prensa 	100

Cierre	Programado. Actividad de finalización del proyecto. Serán invitadas autoridades (públicas, académicas y sociales), beneficiarios y la comunidad en general. Se demostrarán los resultados finales de la iniciativa. Se realizará una nota de prensa que será publicada en las plataformas web de CRIDESAT y de la UDA. Además, será enviada a medios locales y especializados. Asimismo, se realizará un archivo audiovisual y fotográfico de la actividad.	<ul style="list-style-type: none"> · Invitación · Programa · Inscripción de asistentes · Fotografías · Libreto · Nota de prensa 	
Ferias y exposiciones	Exposición del proyecto en el FOREDE Atacama.	<ul style="list-style-type: none"> · Fotografías · Nota de prensa 	100
Creación de Logotipo	Se realizó la creación del Logotipo del proyecto, el que fue utilizado, junto a los logotipos del Gobierno Regional, de la Universidad de Atacama y del CRIDESAT-UDA, en todos los soportes comunicacionales: digitales (perfil web), impresos (pequeños y grandes formatos), papelería, textiles, audiovisuales y otras plataformas.	<ul style="list-style-type: none"> · Logo del proyecto · Pendón del proyecto 	100
Video promocional	Se realizó un registro audiovisual promocional del proyecto, que presenta su desarrollo desde el inicio hasta el término del mismo.	<ul style="list-style-type: none"> · Link del video 	100
Publicación	Publicación realizada el día domingo 25 de marzo 2018 en el diario Chañarcillo de carácter regional. Se	<ul style="list-style-type: none"> · Texto publicado 	100

	publican los alcances y resultados del proyecto.		
Visitas a medios de comunicación	Visita del director del proyecto, Rafael Crisóstomo y del profesional Jorge mendez a la radio de la Universidad de Atacama con la finalidad de Informar acerca del proyecto, sus alcances y su aplicación. Dar cuenta de las actividades, avances, transferencia tecnológica, visitas y beneficiarios del proyecto.	· Fotografías	100

* Medios de verificación en anexos.

8. PRINCIPALES IMPACTOS DEL PROYECTO

- **Impacto en el turismo regional.** Se obtuvo un aumento significativo en la oferta de Ostión en la comuna de Caldera (20% aproximado) lo que repercutirá de manera directa en la economía local y el turismo de la región ya que, los últimos años el turismo asociado al consumo del ostión del norte se ha incrementado considerablemente.
- **Impacto en las empresas locales del sector.** Disminución en un 15% en el periodo total de cultivo hasta cosecha en comparación a la forma tradicional de cultivo, lo que se traduce en bajas en los costos de producción y aumento de las utilidades de los productores.
- **Impacto en la investigación regional,** incentivo a la innovación e investigación aplicada a los procesos productivos, los que podrán ser publicables e incluso patentables como nuevos sistemas de producción acuícolas.
- **Impacto en la infraestructura universitaria,** ya que con este sistema de producción, el hatchery de la Universidad de atacama podrá aumentar la producción de semillas de ostión y así sustentar los requerimientos de las empresas regionales y nacionales de producción de ostión.

9. CONCLUSIONES FINALES.

9.1 *Diseño e implementación del nuevo sistema de cultivo de semillas de ostión para la fijación y crecimiento de post-larvas.*

El análisis del comportamiento del fluido dentro del estanque para cultivo larval de ostión del Norte, presenta un comportamiento homogéneo de velocidades en la mayor parte del estanque, excepto en la zona de giro de las paletas rotatorias, donde ocurre una mayor turbulencia.

Existe la formación de remolinos dentro del estanque, especialmente en los extremos, lo que es un indicativo de los lugares en los cuales ciertas partículas tenderán a decantar. Esto genera zonas muertas en el estanque las cuales son intervenidas con aireación para evitar este efecto adverso para la producción de semillas de ostión del Norte, además permiten identificar las zonas donde se debe realizar el retiro de la materia orgánica dentro del estanque mediante sifoneo.

El caudal promedio dentro del estanque (fluido en movimiento) se estimó en 307 m³/h.

El diseño del estanque cumple con el objetivo para el cultivo de larvas de ostión del Norte. Sin embargo, se deberán ajustar algunos parámetros para optimizar el sistema, como la velocidad de rotación de las paletas y/o modificar su posición, con el fin de adecuarlo a los requerimientos biológicos.

9.2 *Diseño e implementación del sistema de foto-bioreactores para el cultivo de microalgas en ambiente controlado para la alimentación de post-larvas de ostión.*

El análisis del comportamiento del fluido dentro del estanque de microalgas indica que la velocidad en la mayor parte del mismo no sobrepasará los 0,1 m/s en la superficie (6 m por minuto).

El caudal estimado que circula por el estanque (movimiento de agua) es de 199 m³/h.

Existe la formación de pequeños remolinos dentro del estanque en todos los estratos analizados. Estos remolinos se podrían clasificar como zonas muertas donde las velocidades del fluido tienden a cero, lo que indica que si existen componentes de mayor densidad en el fluido, tenderán a decantar en estas zonas, especialmente las más cercanas al fondo.

En la mayor parte del estanque el flujo de agua es homogéneo, excepto en el sector donde gira la paleta rotatoria donde se genera una mayor turbulencia.

El estanque está diseñado de manera correcta para lograr el objetivo para el cuál se evaluó, cultivar microalgas, debido a que no quedan zonas estratificadas en el mismo. Sin embargo, deberán ajustar algunos parámetros para optimizar la operación del sistema para adecuarlo al tipo de cultivo, como la velocidad de rotación de las paletas y/o modificar la posición de las mismas.

9.3 Evaluación en términos comparativos el sistema tradicional de cultivo versus el sistema implementado en ambiente controlado.

La forma tradicional de cultivo posee mayores tallas promedio que el sistema en ambiente controlado, para poder validar esta diferencia de forma estadísticamente significativa, se realizó la comparación de medias a través del estadístico de prueba T de Student demostrando con un 95% de confianza este resultado. Esta diferencia se explica principalmente por la disponibilidad de alimento en el ambiente natural el cual es superior en cuanto a cantidad y variedad que lo producido en ambiente controlado.

En términos prácticos, esta diferencia en talla no afecta la producción ya que una vez retirados los sistemas del ambiente controlado e iniciando su cultivo en mar, debieran igualar la tasa de crecimiento obtenida de los ejemplares cultivados bajo el método tradicional de cultivo.

La forma tradicional de cultivo posee menor retorno en número de semillas por sistema de fijación que el sistema en ambiente controlado, para poder validar esta diferencia de forma estadísticamente significativa, se realizó la comparación de número de semillas promedio por sistema de cultivo a través del estadístico de prueba T de student demostrando con un 95% de confianza este resultado. Esta diferencia se explica principalmente por dos factores:

- 1- El control de los factores abióticos dentro del sistema (Temperatura, oxígeno disuelto y pH) lo que permite entregar condiciones favorables de cultivo para las post-larvas y por consecuencia menores tasas de mortalidad que en el sistema tradicional de cultivo.
- 2- El sistema de filtración de cultivo en ambiente controlado, el cual impide el acceso al sistema de fauna acompañante y depredadores de las post larvas de ostión, este factor no se puede controlar en el método tradicional de cultivo.

10. REFERENCIAS

- Alfonso N., Martínez M., y Lodeiros C. S., 2009. Biología y Cultivo de los Moluscos Pectínidos del Género *Nodipecten*. preengorde, cultivo intermediod y engorde de los pectínidos *Nodipecten nodosus* Y N. *Subnodosus*. Cap. 11, 275-312.
- Berry G., Armitage P. (1994). *Statistical Methods in Medical Research*. 3 rd. ed. Oxford: Blackwell Science. 5-9 pp.
- Farías, A. 2001. Nutrición en moluscos pectínidos. Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura. Limusa, Mexico, pp. 89-104.
- Gallager, S.M. & Mann, R. 1986. Growth and Survival of larvae of *Mercenaria mercenaria* (L.) and *Crassostrea virginica* (Gmelin) relative to broodstock conditioning and lipid content of eggs. *Aquaculture*, 56 :105-121.
- Heasman M.P., O'Connor W.A., Frazer A.W., Languet Y., O'Connor S.J., 2002. Alternative means of nursery culture for commercial scallop (*Pecten fumatus* Reeve) spat. *Aquaculture* 213: 323-338
- Helm, M.M., Bourne, N., Lovatelli, A., 2004. Hatchery culture of bivalves. A Practical Manual. FAO Fisheries Technical Paper. No. 471. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Lodeiros CJM & Himmelman JH (2000) Identification of factors affecting growth and survival of tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture* 182: 91-114.
- Magnesen, T., Christophersen G., 2007. Large-scale raceway nursery for improved scallop (*Pecten maximus*) spat production. *Aquacultural Engineering* 36: 149-158
- Molinero M. (2003). *Análisis de Varianza*. 1-5 pp.

Morris JP, Thatje S, Hauton C (2013) The use of stress-70 proteins in physiology: a re-appraisal. *Mol Ecol* 22: 1494–1502.

Saltarini, D. (2001), Evaluación técnico económica comparativa en 2 modelos de sistemas de cultivo para el abalón japonés (*Haliotis discus hannai*). Tesis de grado. Universidad Católica de Temuco. 111 pp.

Uriarte, I. y Farías, A. 1999. The effect of dietary protein on growth and biochemical composition of Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (L.) postlarvae and spat. *Aquaculture*, (180): 119-127.

ANEXO N° 1: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y REQUISITOS DE FABRICACIÓN DEL ESTANQUE DE CULTIVO TIPO HIPÓDROMO

Términos Técnicos de Referencia (TTR)

Servicio de construcción e instalación de sistema de cultivo en tierra de ostión, el sistema consta de los siguientes componentes:

1- Ingeniería del sistema

1.1 Modelación de fluidos asistida por computadora para estanque de fijación de ostión del Norte:

- Evaluación del comportamiento hidráulico de un estanque para la fijación de larvas de ostión del Norte el cual consiste en un estanque tipo "hipódromo" de 12 m de longitud, 2 m de ancho y de 0.7 m útiles de altura con una división central, el movimiento del agua dentro del estanque será generado por un sistema de paletas rotatorias con motorreductor.
- El pre procesamiento del modelo se debe realizar con el software **Salomé V 7.5.1**. La generación de la malla se debe realizar con el software "**SnappyHexMesh**", el procesamiento con el software de análisis de fluidos "**OpenFoam**" y el post procesamiento de los resultados se debe realizar con los software "**Paraview**" y "**Visit**".
- El modelo que se debe utilizar es uno multifase (aire y agua), utilizando un modelo físico de turbulencia para flujos no laminares incompresibles "**KOmega SST**". Adicionalmente se debe analizar el efecto que poseen las paletas en el estanque girando con una y con dos unidades a una velocidad de giro promedio de $\pi/2$ radianes por segundo ($90^\circ/s$).
- Con esta información se debe proporcionar la distribución del flujo dentro del estanque, zonas muertas, perfil de velocidades en la columna de agua y líneas de corriente.
- Se debe entregar informe detallado con todos los resultados del análisis generado por este modelamiento.

2- Construcción e instalación del estanque de cultivo

Se debe realizar construcción e instalación en las dependencias del Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama un estanque de cultivo tipo "hipódromo" en fibra de vidrio de 12 metros de longitud, 2 metros de ancho y de 0.7 metros útiles de altura con una división central, además el estanque debe poseer dos zonas de acumulación de sólidos y despiche del mismo mediante "flushing"

2.1 Requisitos para la construcción del estanque:

La empresa postulante al servicio de construcción del estanque deberá cumplir de forma obligatoria con los siguientes requisitos:

- Espesor del estanque en base a norma NBS para productos estandarizados PS 15-69
- Ficha técnica resina calidad alimenticia.
- Certificación de los maestros constructores del estanque en CIP CHILE.

3- Componentes del sistema

- Además del estanque de cultivo, el sistema debe poseer 2 componentes que son fundamentales para el cultivo en tierra de ostión:
 - Bomba de calor o heater.
 - Aspas impulsoras con motorreductor.

3.1- características técnicas de la bomba de calor o heater:

La bomba de calor debe tener la capacidad de mantener la temperatura del agua del estanque de cultivo dentro de un rango de 17 a 19 grados Celsius durante todo el año, para esto la bomba de calor debe tener las siguientes características:

- 6 Kilowatts
- 220 voltios
- Energía trifásica
- 16 amperes
- Carcasa a prueba de agua de mar y minerales propios del ambiente salino

- Panel electrónico para rango de temperaturas
- Sensores de temperatura para límite superior e inferior para prevenir sobrecalentamiento o enfriamiento del agua
- Swicht de flujo reversible para cambio de dirección del flujo de agua

3.2- Aspas impulsoras con motorreductor

La principal función de las aspas es mantener un movimiento del agua continuo dentro del estanque, se requiere la construcción de tres (3) sistemas de aspas impulsoras con motorreductor, las características técnicas se detallan a continuación (características para la confección de un sistema de impulsión):

- Motorreductor marca SEW coaxial con eje hueco de 20 mm de diámetro , con brazo de torque
- Potencia 0.37 KW, 1380 RPM, Tensión 220-380 V
- 6 Aspas en fibra , confección de eje en cañería inoxidable 316, SCH-40
- 18 Soportes de aspa en pletina inoxidable de 300x30x10 mm con dos (2) perforaciones de 10 mm de diámetro
- Confección de flange de unión con motorreductor
- Descanso de pie P-208
- Confección de soporte para motorreductor en plancha de 8 mm con perforaciones de 14 mm
- Armado conjunto completo, decapado y pulido de inoxidable
- Instalado en estanque de cultivo

ANEXO N° 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA DE CALOR.

CARACTERÍSTICAS COMPACT PLUS OPTIMA

- Robusto y durable
- Supera los estándares globales de seguridad y fiabilidad.
- Compatibilidad con sistemas BMS.
- Funcionamiento silencioso
- Resistencias con efecto vórtice limpiador y anticorrosivo.
- Controlador táctil e inteligente
- Función prioridad de calentamiento
- Montaje mural o al suelo
- Función minuterero
- No mantenimiento necesario
- Garantía: 3 años
- Eficacia operacional del 100% durante toda la vida del producto
- Termostato de control alternativo:
 - a. Numérico (estándar): diferencial de 0.5°C
 - b. Mecánico : diferencial de 1.0°C

La gama Optima Compact es compatible con los sistemas de gestión de edificios (BMS), esta también equipada de resistencias de titanio. El aparato ofrece gran robustez y durabilidad.

El calentador Optima Compact es diseñado y construido en nuestra fábrica Inglesa del condado de Hertfordshire y prestamos mucha importancia en seguir normas de calidad estrictas. Una construcción compacta, fiable y robusta, garantiza la dureza de un calentador capaz de favorecer una temperatura de baño perfecta y una programación fácil.

Todos los calentadores Elecro abarcan resistencias en formas de resortes únicas y probadas a través de las cuales el agua fluya formando un vórtice. Esta tecnología proporciona una eficiencia superior y una esperanza de vida prolongada para el producto, permitiéndole impedir la formación de depósitos sobre las resistencias.

La gama Optima Compact se utiliza fácilmente a través del controlador numérico (diferencial de 0.5°C). Puede ser añadido a vuestro sistema de gestión de edificios. El colector de salida aloja un detector de flujo que emite una señal con destino al panel de control mientras el colector de entrada reparte el agua igualmente entre los tres tubos para eliminar los riesgos de formación de burbujas de aire. La seguridad y la protección

del equipo se proporcionan gracias al detector de flujo y un termostato de seguridad manual impide el sobrecalentamiento.

El Aparato se puede montar verticalmente o horizontalmente gracias a los soportes y la base proporcionados

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Flujo

Flujo mínimo: 3-6kW = 1m³ / h 9-24kW = 4m³/ h

Flujo máximo: 17m³ / h

Caudal recomendado: 10 m³/h

Resistencias

Titanio, baja densidad

Tubos

Optima Compact = BS 316L Acero inoxidable (EN1.4432)

Optima Compact plus = Titanio

Contactora

Dos contactores Schneider Electric montados en cascada

Termostato

55° C (reset manual)

Detector de flujo

Hilo de contacto cubierto de una capa fina de oro y eje de titanio

Cableado

Con alta temperatura, funda de silicona y conductores de cobre trenzado

Juntas

Formula especial de polímero de alta temperatura

Conexiones de agua

Conexión hembra 1.5" BSP, con adaptador ABS para tuberías de 1.5" hasta 50mm

Presión durante el funcionamiento

4bar máximo

Instalación

Fijación en el suelo o en la pared

Aplicación de las normas

European Electromagnetic Compatibility directive 89/336/EEC and 93/068/EEC

Normas estandarizadas

EN 55014 - EN55104, EN5501, EN5502, CEI 801-4, CEI 801-2, CEI 801-3. The European Low Voltage Directive 72/23/EEC The Harmonised Standard EN 60335-2-35

DIMENSIONES (mm)

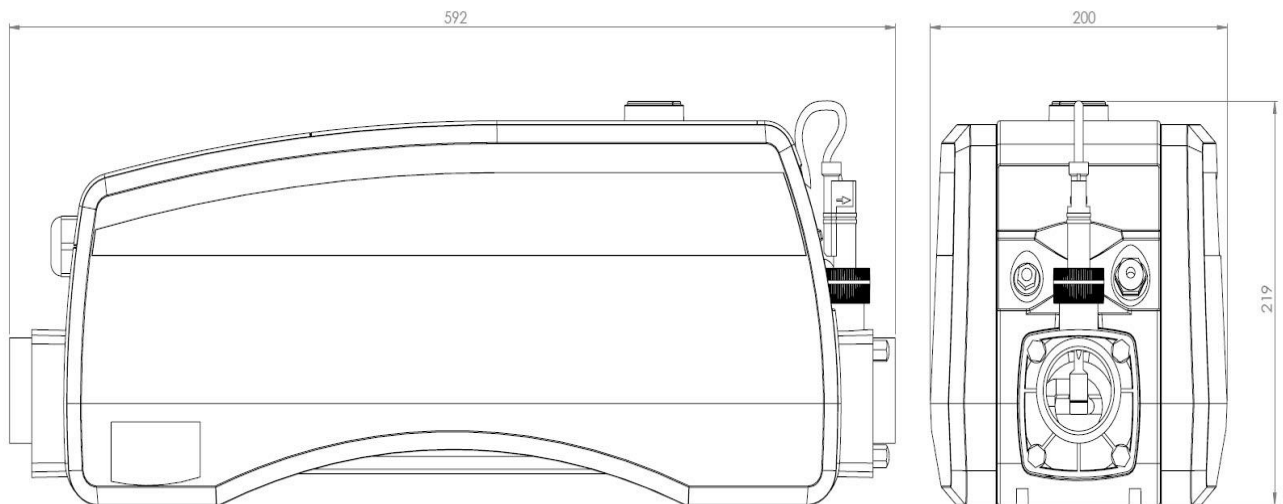
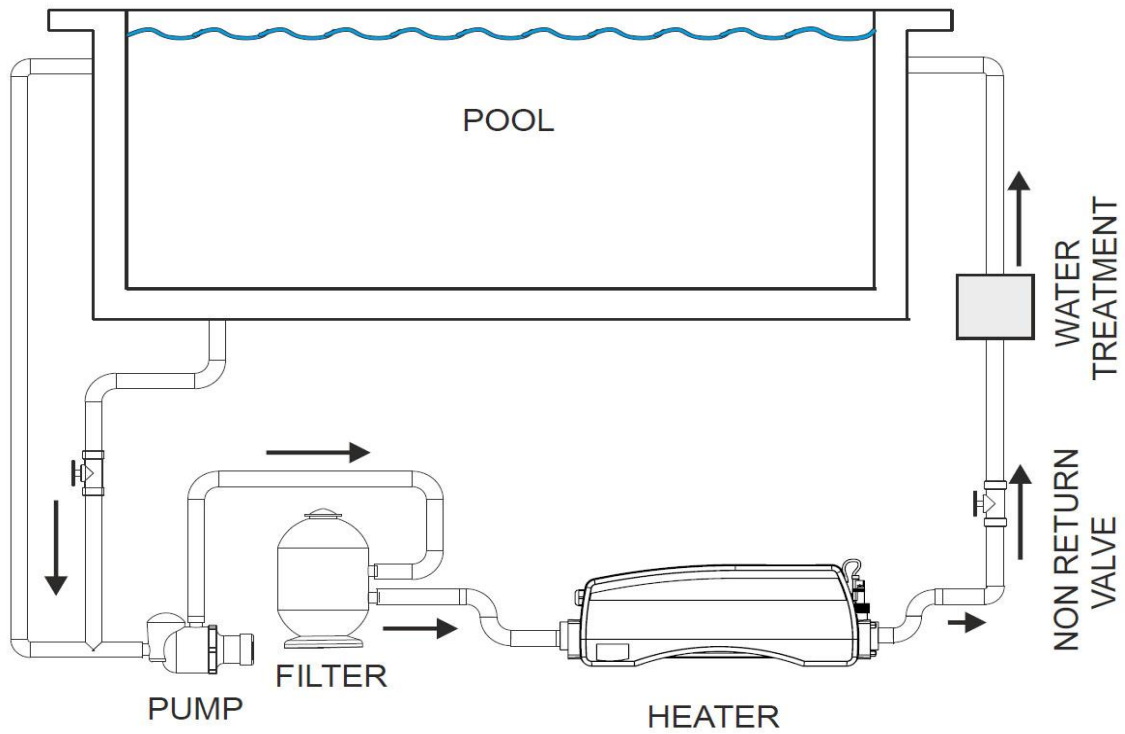


DIAGRAMA DE USO



ANEXO N° 3: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y REQUISITOS DE FABRICACIÓN DEL ESTANQUE DE CULTIVO DE MICROALGAS.

Términos Técnicos de Referencia (TTR)

Servicio de construcción e instalación de sistema de cultivo en tierra de microalgas, el sistema consta de los siguientes componentes:

Ingeniería del sistema

Modelación de fluidos asistida por computadora para estanque de fijación de ostión del Norte:

- Evaluación del comportamiento hidráulico de un estanque para el cultivo de microalgas el cual consiste en un estanque tipo "hipódromo" de 12 m de longitud, 2 m de ancho y de 0.5 m útiles de altura con una división central (figura 1), el movimiento del agua dentro del estanque será generado por un sistema de paletas rotatorias con motorreductor.
- El pre procesamiento del modelo se debe realizar con el software **Salomé V7.5.1**. La generación de la malla se debe realizar con el software "**SnappyHexMesh**", el procesamiento con el software de análisis de fluidos "**OpenFoam**" y el postprocesamiento de los resultados se debe realizar con el software "**Paraview**" y "**VisIt**".
- El modelo que se debe utilizar es uno multifase (aire y agua), utilizando un modelo físico de turbulencia para flujos no laminares incompresibles "**KOmega SST**". Adicionalmente se debe analizar el efecto que poseen las paletas en el estanque girando con una y con dos unidades a una velocidad de giro promedio de $\pi/2$ radianes por segundo ($90^\circ/s$).
- Con esta información se debe proporcionar la distribución del flujo dentro del estanque, zonas muertas, perfil de velocidades en la columna de agua y líneas de corriente.
- Se debe entregar informe detallado con todos los resultados del análisis generado por este modelamiento.

Construcción e instalación del estanque de cultivo

Se debe realizar construcción e instalación en las dependencias del Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama un estanque de cultivo para microalgas tipo "hipódromo" en fibra de vidrio de 12 metros de longitud, 2 metros de ancho y de 0,5 metros útiles de altura con una división central, además el estanque debe poseer dos zonas de acumulación de sólidos y despiche del mismo mediante "flushing"

Requisitos para la construcción del estanque:

La empresa postulante al servicio de construcción del estanque deberá cumplir de forma obligatoria con los siguientes requisitos:

- Espesor del estanque en base a norma NBS para productos estandarizados PS 15-69
- Ficha técnica resina calidad alimenticia.
- Certificación de los maestros constructores del estanque en CIP CHILE.

ANEXO N° 4: REGISTRO DE TALLAS PARA AMBOS SISTEMAS DE CULTIVO

ANALISIS DE DATOS OSTION TECH

1- Análisis tallas batch 010417

Tabla I: Resumen desdoble y siembra batch 010417

DESDOBLE			SIEMBRA							
FECHA	batch	BOLSAS	PUNTO	DENSIDAD POR PISO	TALLA (mm)	N° LINT.	Malla	PISOS	TOTAL OSTIONES	ost/bolsa
07-09-2017	100417	67	1	217	9,4	34	4	10	73.780	1.101
11-09-2017	100417	70	1	250	8,6	35	4	10	87.500	1.250
12-09-2017	100417	68	1	235	10,5	29	4	10	68.150	1.002
25-09-2017	100417	70	1	201	9,5	34	4	10	68.340	976
02-10-2017	100417	70	1	200	11,2	34	4	10	68.000	971
16-10-2017	100417	70	1	207	12,0	34	4	10	70.380	1.005
17-10-2017	100417	82	1	206	10,8	20	4	10	41.200	502
		497				220			477.350	960

Fuente: Elaboración propia.

1.1 Tallas medidas en método tradicional de cultivo batch 010417

TALLAS (mm) batch 010417 sembrado en mar (método tradicional de cultivo) (Xi)						
N	01-09-2017	07-09-2017	11-09-2017	12-09-2017	15-09-2017	16-09-2017
1	7	13	7	11	14	15
2	10	10	9	8	14	12
3	10	13	9	9	11	8
4	10	9	5	9	13	11
5	8	7	8	8	11	14
6	12	10	6	10	10	16
7	9	13	9	14	10	9
8	10	8	7	13	9	8
9	10	8	6	9	16	11
10	16	15	10	10	15	9
11	12	11	10	9	13	11
12	8	13	9	11	9	10
13	7	13	7	10	9	7
14	13	10	8	9	12	9
15	12	10	10	13	10	15
16	8	7	9	10	11	11
17	10	10	7	8	12	8
18	10	8	10	11	13	
19	7	7	10	10	9	

20	7	10	10	9	15	
21	10	9	10	10	12	
22	13	13	10	8	12	
23	8	9	6	9	10	
24	11	9	10	14	8	
25	11	8	13	9	7	
26	10	13	7	11	12	
27	9	8	10	15	14	
28	9	9	8	14	11	
29	7	10	7		11	
30	10	7			14	
31	13				8	
32	9				11	
33	11				8	
34	10				9	
35	13				10	
36	9				10	
37	12				10	
38	8				11	
39	13				14	
40	9				8	
41					12	
42					11	
43					11	

promedio	10,03	10,00	8,52	10,39	11,16	10,82
-----------------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------	--------------

Fuente: Elaboración propia.

1.2 Sumatoria de cuadrados para tallas medidas en método tradicional de cultivo.

sumatoria de cuadrados totales SST					
(Xi- Xprom) ²	(Xi- Xprom) ²	(Xi- Xprom) ²	(Xi- Xprom) ²	(Xi- Xprom) ²	(Xi- Xprom) ²
10,09	7,97	10,09	0,68	14,62	23,27
0,03	0,03	1,38	4,74	14,62	3,33
0,03	7,97	1,38	1,38	0,68	4,74
0,03	1,38	26,80	1,38	7,97	0,68
4,74	10,09	4,74	4,74	0,68	14,62
3,33	0,03	17,44	0,03	0,03	33,91
1,38	7,97	1,38	14,62	0,03	1,38
0,03	4,74	10,09	7,97	1,38	4,74
0,03	4,74	17,44	1,38	33,91	0,68
33,91	23,27	0,03	0,03	23,27	1,38
3,33	0,68	0,03	1,38	7,97	0,68
4,74	7,97	1,38	0,68	1,38	0,03
10,09	7,97	10,09	0,03	1,38	10,09
7,97	0,03	4,74	1,38	3,33	1,38
3,33	0,03	0,03	7,97	0,03	23,27
4,74	10,09	1,38	0,03	0,68	0,68
0,03	0,03	10,09	4,74	3,33	4,74
0,03	4,74	0,03	0,68	7,97	

10,09	10,09	0,03	0,03	1,38	
10,09	0,03	0,03	1,38	23,27	
0,03	1,38	0,03	0,03	3,33	
7,97	7,97	0,03	4,74	3,33	
4,74	1,38	17,44	1,38	0,03	
0,68	1,38	0,03	14,62	4,74	
0,68	4,74	7,97	1,38	10,09	
0,03	7,97	10,09	0,68	3,33	
1,38	4,74	0,03	23,27	14,62	
1,38	1,38	4,74	14,62	0,68	
10,09	0,03	10,09		0,68	
0,03	10,09			14,62	
7,97				4,74	
1,38				0,68	
0,68				4,74	
0,03				1,38	
7,97				0,03	
1,38				0,03	
3,33				0,03	
4,74				0,68	
7,97				14,62	
170,51	150,93	169,08	115,99	230,27	129,59

Fuente: Elaboración propia.

1.3 Tallas medidas cultivo en tierra (ostión tech) batch 010417.

TALLAS (mm) batch 010417 sembrado en tierra (Ostion Tech) (yi)						
N	01-09-2017	07-09-2017	11-09-2017	12-09-2017	15-09-2017	16-09-2017
1	7	10	6	5	8	6
2	8	10	8	7	8	7
3	8	8	11	7	9	6
4	9	9	11	8	9	6
5	10	8	10	7	8	7
6	6	7	7	6	9	7
7	7	11	7	9	10	8
8	8	7	8	10	6	8
9	7	8	9	7	6	7
10	9	6	8	7	6	7
11	11	8	8	6	8	8
12	8	8	7	5	8	8
13	9	9	7	7	7	10
14	6	10	7	8	7	7
15	7	10	6	5	8	6
16	7	11	8	8	8	8
17	6	8	8	9	6	8

18	5	8	7	8	8	
19	8	7	10	8	8	
20	9	9	11	8	9	
21	10	8	8	7	6	
22	6	6	7	6	7	
23	7	7	9	6	9	
24	8	9	9	8	9	
25	9	8	8	6	9	
26	4	11	11	6	6	
27	7	7	10	7	7	
28	9	8	6	7	7	
29	11	7	7		7	
30	11	7			5	
31	10				6	
32	7				6	
33	9				5	
34	7				7	
35	8				8	
36	8				8	
37	9				7	
38	10				8	
39	8				8	
40	7				9	
41					10	

42					11	
43					7	
PROMEDIO	8,00	8,33	8,24	7,07	7,63	7,29

Fuente: Elaboración propia.

1.4 Sumatoria de cuadrados cultivo en tierra

SUMATORIA DE CUADRADOS TOTALES SSTOT					
$(y_i - Y_{prom})^2$	$(Y_i - Y_{prom})^2$	$(Y_i - Y_{prom})^2$	$(Y_i - Y_{prom})^2$	$(Y_i - Y_{prom})^2$	$(Y_i - Y_{prom})^2$
0,64	4,83	3,25	7,85	0,04	3,25
0,04	4,83	0,04	0,64	0,04	0,64
0,04	0,04	10,23	0,64	1,43	3,25
1,43	1,43	10,23	0,04	1,43	3,25
4,83	0,04	4,83	0,64	0,04	0,64
3,25	0,64	0,64	3,25	1,43	0,64
0,64	10,23	0,64	1,43	4,83	0,04
0,04	0,64	0,04	4,83	3,25	0,04
0,64	0,04	1,43	0,64	3,25	0,64
1,43	3,25	0,04	0,64	3,25	0,64
10,23	0,04	0,04	3,25	0,04	0,04
0,04	0,04	0,64	7,85	0,04	0,04
1,43	1,43	0,64	0,64	0,64	4,83
3,25	4,83	0,64	0,04	0,64	0,64
0,64	4,83	3,25	7,85	0,04	3,25
0,64	10,23	0,04	0,04	0,04	0,04

3,25	0,04	0,04	1,43	3,25	0,04
7,85	0,04	0,64	0,04	0,04	
0,04	0,64	4,83	0,04	0,04	
1,43	1,43	10,23	0,04	1,43	
4,83	0,04	0,04	0,64	3,25	
3,25	3,25	0,64	3,25	0,64	
0,64	0,64	1,43	3,25	1,43	
0,04	1,43	1,43	0,04	1,43	
1,43	0,04	0,04	3,25	1,43	
14,46	10,23	10,23	3,25	3,25	
0,64	0,64	4,83	0,64	0,64	
1,43	0,04	3,25	0,64	0,64	
10,23	0,64	0,64		0,64	
10,23	0,64			7,85	
4,83				3,25	
0,64				3,25	
1,43				7,85	
0,64				0,64	
0,04				0,04	
0,04				0,04	
1,43				0,64	
4,83				0,04	
0,04				0,04	
0,64					

103,57	67,13	74,91	56,81	62,22	21,92
---------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Fuente: Elaboración propia.

1.4 Grafica de tallas

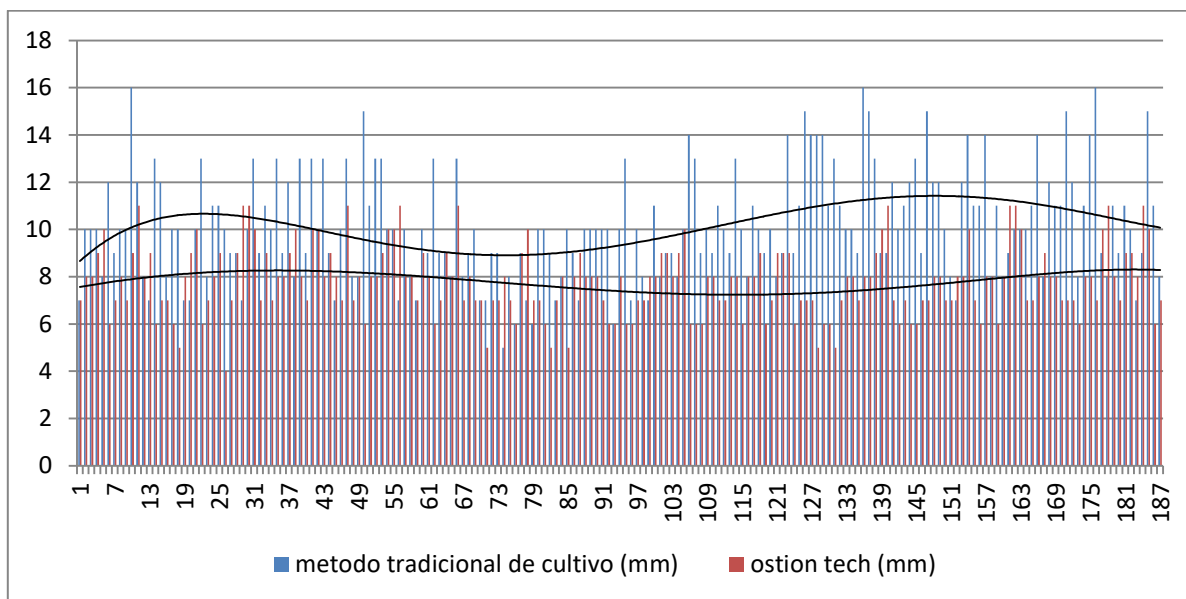


Figura 1: Comparación de tallas en ambos métodos de cultivo.

1.5 Distribución de tallas

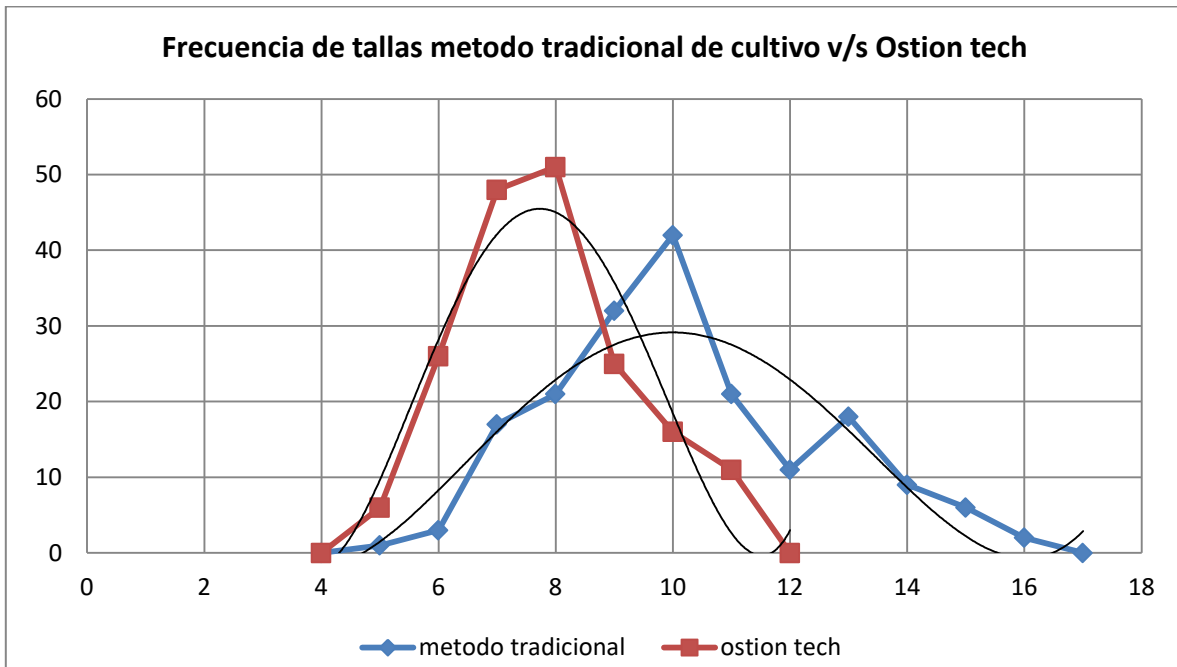


Figura 2: Frecuencia de tallas en ambos métodos de cultivo.

2- Análisis retorno de semillas batch 010417

2.1 Retorno de semillas por método de cultivo

Conteo de semillas por sistema de fijación (5 meses de cultivo)		
metodo tradicional		ostion tech
bolsa	ost/bolsa (xi)	ost/bolsa (yi)
1	1.101	1675
2	1.250	1887
3	1.002	1253
4	976	1578
5	971	1217
6	1.005	1786
7	502	890

PROMEDIO	973	1.469
	Xprom	Yprom

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Sumatoria de cuadrados por método de cultivo

SUMATORIA DE CUADRADOS TOTALES SSTOT	
(Xi-XPROM)²	(Yi-YPROM)²
16508	42260
76889	174366
870	46841
13	11788
2	63720
1070	100217
221156	335737
316508	774930

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Grafica de retorno de semillas por método de cultivo

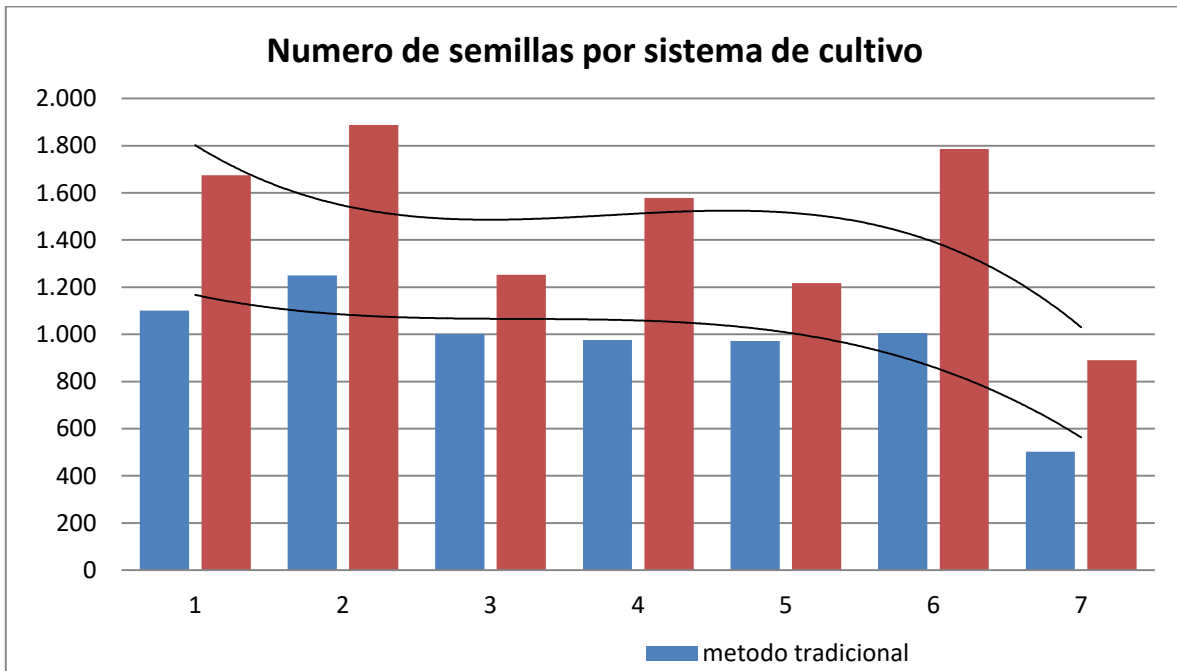


Figura 3: Comparación de retorno de semillas por método de cultivo

Fuente: Elaboración propia.

3- Análisis tallas batch 1801

3.1 Tallas batch 1801 método tradicional de cultivo

TALLAS (mm) batch 1801 sembrado en mar (método tradicional de cultivo) (Xi)			
N	05-05-2018	05-05-2018	05-05-2018
1	6,4	7	5,2
2	6,6	4,8	8
3	6	5,8	6

4	5,8	5,6	7,2
5	5	8	6,5
6	5	7,6	6
7	9,2	6	4,6
8	5	6	5,7
9	5	6,8	5
10	4,5	6	6,3
11	5,5	7	5
12	5,8	6	6
13	4	8	5
14	5	6,9	6,7
15	5	7,9	7
16	6,5	3,9	6
17	6,5	5,6	7
18	8	8	3,2
19	8	5,7	4,2
20	6,5	5	6,8
21	5	6,6	7,6
22	5,9	6	6
23	7,5	5,1	6,8
24	7,5	5,6	7,5
25	5,5	6,7	4,9
26	4,5	6,8	7,2
27	5,9	6	5

28	8,5	7,4	6,8
29	6,5	7	6,5
30	8	5,6	5,5
31	6	7,8	6
32	8	5,1	9
33	7,6	6,7	5,1
34	5,5	7	6
35	6	6,6	6,1
36	6,5	7	7
37	7	7	7,5
38	6,2	5,6	8
39	6,8	7	4,9
40	4	5,4	7,4
41	7	5,5	6
42	8,6	7,2	5
43	5	3,7	5
44	5	7,5	6,7
45	6,2	6	5,3
46	7	4,2	6
47	6,5	6,9	7,6
48	7	7	6,8
49	7	7	5
50	8,6	7	4,7
51	5,5	5,7	7

52	5,5	6,5	5,1
53	6,7	6,8	3,5
54	6	6	6,5
55	5,6	5,4	6
56	6	4,5	6
57	7,2	7	7,7
58	5,5	7	6,6
59	7,5	6,1	7,6
60	7,5	7,8	7,8
61	6	7,6	6
62	6	7,6	5
63	6	6	4,8
64	7	5	5,5
65	7	5	5,2
66	7	4,6	7
67	9	6	8
68	8	4,7	6
69	8	5,2	5,8
70	7,8	6,8	5,8
71	7,6	3	6
72	5,5	6	5,5
73	5,5	5	7
74	5,6	6,4	3,2
75	6,5	7,4	4,5

76	6,5	5	6,3
77	6,5	6,6	7,2
78	6,7	6,6	5
79	4,8	4,8	4,5
80	6,8	4,2	6
81	5,8	6,8	6,4
82	5,8	6,8	6
83	5,3	6	6
84	4	6	5
85	6	8,3	5
86	6	7,3	5,8
87	6	5	4
88	8	3,2	5
89	5,3	4,5	5
90	6,3	5,3	5
91	6,5	4	5
92	6,8	4,8	6
93	6,8	5,9	6
94	8	6	4,7
95	5,5	7	6
96	5,5	6	6
97	6,4	4	7
98	6,5	5	5
99	7	7	6

100	7	4,5	7
101	8	5	7
102	5,8	6,7	7
103	6,2	5	6
104	6,4	7	6,5
promedio	6,38	6,07	5,99

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Sumatoria de cuadrados batch 1801 método tradicional de cultivo

sumatoria de cuadrados totales SST		
$(X_i - X_{prom})^2$	$(X_i - X_{prom})^2$	$(X_i - X_{prom})^2$
0,07	0,73	0,89
0,21	1,81	3,44
0,02	0,12	0,02
0,12	0,30	1,11

1,31	3,44	0,13
1,31	2,12	0,02
9,34	0,02	2,39
1,31	0,02	0,20
1,31	0,43	1,31
2,70	0,02	0,02
0,42	0,73	1,31
0,12	0,02	0,02
4,60	3,44	1,31
1,31	0,57	0,31
1,31	3,08	0,73
0,13	5,04	0,02
0,13	0,30	0,73
3,44	3,44	8,67
3,44	0,20	3,78
0,13	1,31	0,43
1,31	0,21	2,12
0,06	0,02	0,02
1,84	1,09	0,43
1,84	0,30	1,84
0,42	0,31	1,55
2,70	0,43	1,11
0,06	0,02	1,31
5,55	1,58	0,43

0,13	0,73	0,13
3,44	0,30	0,42
0,02	2,74	0,02
3,44	1,09	8,15
2,12	0,31	1,09
0,42	0,73	0,02
0,02	0,21	0,00
0,13	0,73	0,73
0,73	0,73	1,84
0,00	0,30	3,44
0,43	0,73	1,55
4,60	0,55	1,58
0,73	0,42	0,02
6,03	1,11	1,31
1,31	5,98	1,31
1,31	1,84	0,31
0,00	0,02	0,71
0,73	3,78	0,02
0,13	0,57	2,12
0,73	0,73	0,43
0,73	0,73	1,31
6,03	0,73	2,09
0,42	0,20	0,73
0,42	0,13	1,09

0,31	0,43	6,99
0,02	0,02	0,13
0,30	0,55	0,02
0,02	2,70	0,02
1,11	0,73	2,42
0,42	0,73	0,21
1,84	0,00	2,12
1,84	2,74	2,74
0,02	2,12	0,02
0,02	2,12	1,31
0,02	0,02	1,81
0,73	1,31	0,42
0,73	1,31	0,89
0,73	2,39	0,73
8,15	0,02	3,44
3,44	2,09	0,02
3,44	0,89	0,12
2,74	0,43	0,12
2,12	9,89	0,02
0,42	0,02	0,42
0,42	1,31	0,73
0,30	0,07	8,67
0,13	1,58	2,70
0,13	1,31	0,02

0,13	0,21	1,11
0,31	0,21	1,31
1,81	1,81	2,70
0,43	3,78	0,02
0,12	0,43	0,07
0,12	0,43	0,02
0,71	0,02	0,02
4,60	0,02	1,31
0,02	4,65	1,31
0,02	1,34	0,12
0,02	1,31	4,60
3,44	8,67	1,31
0,71	2,70	1,31
0,02	0,71	1,31
0,13	4,60	1,31
0,43	1,81	0,02
0,43	0,06	0,02
3,44	0,02	2,09
0,42	0,73	0,02
0,42	0,02	0,02
0,07	4,60	0,73
0,13	1,31	1,31
0,73	0,73	0,02
0,73	2,70	0,73

3,44	1,31	0,73
0,12	0,31	0,73
0,00	1,31	0,02
0,07	0,73	0,13
132,92	137,79	126,58

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Tallas medidas cultivo en tierra (ostión tech) batch 1801

TALLAS (mm) batch 1801 sembrado en tierra (Ostion Tech) (yi)			
N	05-05-2018	05-05-2018	05-05-2018
1	5	4,5	5
2	3	5,5	3,9
3	4	4	3,8

4	4,5	3,8	4
5	4	4	5
6	5	3	3,8
7	4,5	4,1	2,9
8	5	5,2	5,2
9	5	5	5,2
10	3	5	5
11	4,2	4	4
12	4,8	3,5	3,5
13	4	4	3,5
14	4	3	2,4
15	5	3,5	5
16	4	5	5,1
17	4	3,2	4,2
18	4,5	3	3,8
19	6	5,2	4,1
20	6	6	4,8
21	4	4	5,1
22	4	4,1	2,5
23	4	4	3,2
24	3	4,8	4
25	4	5	4,2
26	4,8	4	4
27	4	3,9	5

28	3	4	5,2
29	3	4	4,2
30	3,3	4	5
31	5	3,9	3,5
32	2,5	4,1	4
33	3	5,1	3,5
34	3,5	5,5	2,4
35	4	4	5
36	4	3,8	5,1
37	2,3	3,8	4,2
38	3	4,3	3,8
39	3,6	4,8	4,1
40	5	5	4,8
41	4	5	5,1
42	5	5	2,5
43	3,2	4,3	3,2
44	4,6	5	4
45	3,8	4,5	4,2
46	4,8	3	4
47	5	5	5
48	4	5	5,2
49	4,5	4	4,1
50	4	4	5
51	4	4,6	3,5

52	4,6	5,5	4,2
53	4,3	2	3,5
54	4	2	2,4
55	4,1	2	5
56	3,3	4,2	5,2
57	5	4,2	4,2
58	5	4	2,9
59	2,2	5	4,1
60	5	4,6	4,7
61	4	5	5,1
62	4	4,5	2,5
63	4,2	4	3,2
64	4,2	3,2	4
65	3,5	3,5	4,2
66	3,8	3	4
67	6	4,2	5
68	3,5	4	5,4
69	4	4,2	4,2
70	4	3,9	5
71	4,8	4,2	3,4
72	3,7	4	4
73	4	3,5	3,5
74	3,5	4,5	2,5
75	4	5	5

76	3	4,2	5,1
77	4	4	4,2
78	2,8	4	3,7
79	4,9	3,8	3,1
80	4	4	4,8
81	4	3,6	5,1
82	3	4,5	2,5
83	3	4,2	3,2
84	3,2	3,2	4
85	4	4	3,2
86	5	4	4
87	4,8	4	5
88	5	4,4	5,3
89	3,8	5	4,2
90	4	4	5
91	4,8	2,3	3,5
92	3,8	4,1	4
93	5	3	3,5
94	5,2	3,1	2,4
95	5	5	5
96	4,9	4	5,7
97	4,2	3,5	4,2
98	4	4	3,8
99	4,6	3	4,1

100	4,2	3	4,8
101	4	3,5	5,1
102	4,2	4	4,2
103	4	4	3,2
104	3,8	5	4
105	4,5	6	4,2
106	3,8	5	4
107	3,1	4	5
promedio	4,11	4,13	4,14

Fuente: Elaboración propia.

3.4 sumatoria de cuadrados cultivo en tierra (ostión tech) batch 1801

SUMATORIA DE CUADRADOS TOTALES SSTOT		
$(y_i - Y_{\text{prom}})^2$	$(Y_i - Y_{\text{prom}})^2$	$(Y_i - Y_{\text{prom}})^2$
0,76	0,14	0,76
1,27	1,89	0,05

0,02	0,02	0,11
0,14	0,11	0,02
0,02	0,02	0,76
0,76	1,27	0,11
0,14	0,00	1,50
0,76	1,15	1,15
0,76	0,76	1,15
1,27	0,76	0,76
0,01	0,02	0,02
0,45	0,39	0,39
0,02	0,02	0,39
0,02	1,27	2,98
0,76	0,39	0,76
0,02	0,76	0,95
0,02	0,86	0,01
0,14	1,27	0,11
3,51	1,15	0,00
3,51	3,51	0,45
0,02	0,02	0,95
0,02	0,00	2,64
0,02	0,02	0,86
1,27	0,45	0,02
0,02	0,76	0,01
0,45	0,02	0,02

0,02	0,05	0,76
1,27	0,02	1,15
1,27	0,02	0,01
0,68	0,02	0,76
0,76	0,05	0,39
2,64	0,00	0,02
1,27	0,95	0,39
0,39	1,89	2,98
0,02	0,02	0,76
0,02	0,11	0,95
3,33	0,11	0,01
1,27	0,03	0,11
0,28	0,45	0,00
0,76	0,76	0,45
0,02	0,76	0,95
0,76	0,76	2,64
0,86	0,03	0,86
0,22	0,76	0,02
0,11	0,14	0,01
0,45	1,27	0,02
0,76	0,76	0,76
0,02	0,76	1,15
0,14	0,02	0,00
0,02	0,02	0,76

0,02	0,22	0,39
0,22	1,89	0,01
0,03	4,52	0,39
0,02	4,52	2,98
0,00	4,52	0,76
0,68	0,01	1,15
0,76	0,01	0,01
0,76	0,02	1,50
3,71	0,76	0,00
0,76	0,22	0,33
0,02	0,76	0,95
0,02	0,14	2,64
0,01	0,02	0,86
0,01	0,86	0,02
0,39	0,39	0,01
0,11	1,27	0,02
3,51	0,01	0,76
0,39	0,02	1,62
0,02	0,01	0,01
0,02	0,05	0,76
0,45	0,01	0,53
0,18	0,02	0,02
0,02	0,39	0,39
0,39	0,14	2,64

0,02	0,76	0,76
1,27	0,01	0,95
0,02	0,02	0,01
1,76	0,02	0,18
0,60	0,11	1,05
0,02	0,02	0,45
0,02	0,28	0,95
1,27	0,14	2,64
1,27	0,01	0,86
0,86	0,86	0,02
0,02	0,02	0,86
0,76	0,02	0,02
0,45	0,02	0,76
0,76	0,08	1,38
0,11	0,76	0,01
0,02	0,02	0,76
0,45	3,33	0,39
0,11	0,00	0,02
0,76	1,27	0,39
1,15	1,05	2,98
0,76	0,76	0,76
0,60	0,02	2,48
0,01	0,39	0,01
0,02	0,02	0,11

0,22	1,27	0,00
0,01	1,27	0,45
0,02	0,39	0,95
0,01	0,02	0,01
0,02	0,02	0,86
0,11	0,76	0,02
0,14	3,51	0,01
0,11	0,76	0,02
1,05	0,02	0,76
60,70	65,49	73,44

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Grafica de tallas batch 1801

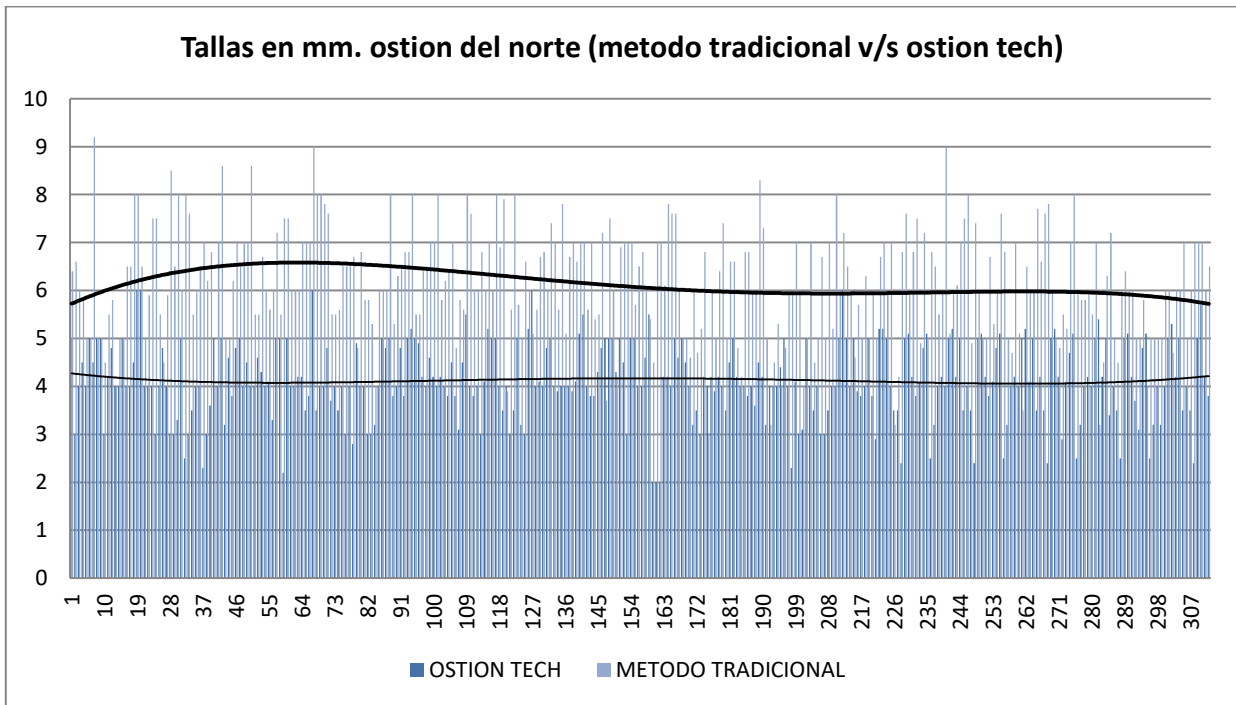


Figura 4: Tallas ostión del norte en ambos métodos de cultivo.

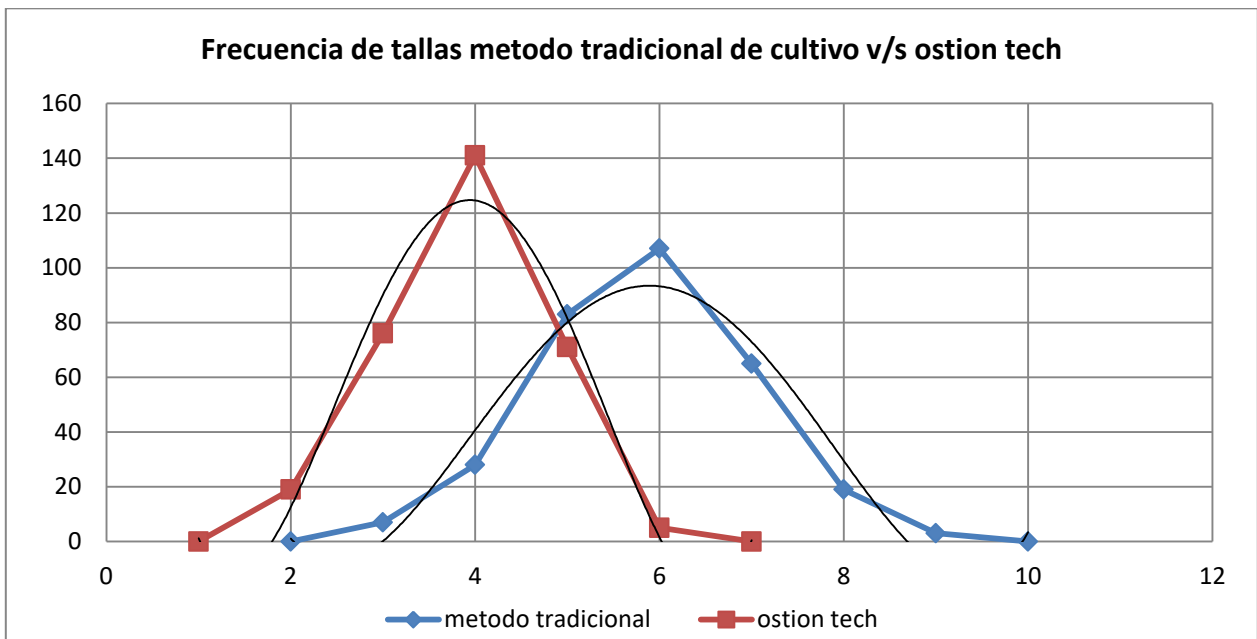


Figura 5: Frecuencia de tallas en ambos métodos de cultivo.

4- Análisis retorno de semillas batch 1801

4.1 Retorno de semillas por método de cultivo

Conteo de semillas por sistema de fijación (5 meses de cultivo)		
metodo tradicional		ostion tech
N	ost/bolsa (xi)	ost/bolsa (yi)
1	2.280	4857
2	5.800	3143
3	3.300	4429
4	1.575	4672
5	2.552	3916
6	1.317	4685
7	1.895	3213
PROMEDIO	2.674	4.131
	Xprom	Yprom

ANEXO N° 5. PERFIL EN PÁGINA DEL CRIDESAT.

PROYECTOS:

http://www.cridesat.uda.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=355&Itemid=115

PROYECTOS

FIC ADN Vegetal

FIC Algas Pardas

FIC Corvina Atacama

FIC Falda Verde

FIC Aqua

Usted está aquí: Inicio > Proyectos

PROYECTO FIC ADN VEGETAL

"Desarrollo de kit de identificación genética para apoyar la Denominación de Origen de Productos elaborados de aceituna Sevillana del Huasco y Chañar de Atacama".



PROYECTO FIC ALGAS PARDAS

"Elaboración de productos piloto para consumo humano a partir de algas pardas nativas de la región de Atacama".



PROYECTO FIC CORVINA ATACAMA

"Desarrollo Tecnológico del Cultivo a Pequeña Escala para Corvina (*Cilus gilberti*) en la Región de Atacama".



PROYECTO FIC FALDA VERDE

"Desarrollo de un sistema de cultivo mixto sustentable de peces y hortalizas utilizando agua de atrapa-niebla y energías limpias en sector Falda Verde, comuna de Chañaral – III región de Atacama".



PROYECTO FIC AQUA

"Fomento de la productividad del sector pesquero artesanal y acuícola de pequeña escala de la región de Atacama: Un incentivo a la diversificación acuícola, segunda parte".



PROYECTO FIC OSTIÓN TECH

"Desarrollo de una nueva tecnología de cultivo para estandarizar la producción de semillas de Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), a través del diseño de un sistema de estanques con ambiente controlado y adición de microalgas cultivadas en foto-bioreactores".



OSTION TECH:

http://www.cridesat.uda.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=541:fic-ostion-tech&catid=40:proyectos

PROYECTOS

FIC ADN Vegetal

FIC Algas Pardas

FIC Corvina Atacama

FIC Falda Verde

FIC Aqua

Artículos

PROYECTO FIC OSTION - TECH

Publicado el Lunes, 03 Septiembre 2018 23:50

Escrito por Administrador

DESARROLLO DE UNA NUEVA TECNOLOGÍA DE CULTIVO PARA ESTANDARIZAR LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE OSTIÓN DEL NORTE (*ARGOPECTEN PURPURATUS*), A TRAVÉS DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ESTANQUES CON AMBIENTE CONTROLADO Y ADICIÓN DE MICROALGAS CULTIVADAS EN FOTO-BIOREACTORES



El cultivo de semillas de ostión, en la etapa de hatchery, no ha tenido mayores modificaciones en sus protocolos de cultivo desde los años 80; a su vez, no se han encontrado respuestas claras a los problemas de bajas de alimento primario de microalgas en mar, luego de la fijación de la post-larva, ya que este

problema nunca se ha abordado en forma real, lo que influye directamente en los aumentos de costos de producción de las empresas, haciéndolas poco competitivas o "atractivas" frente a otras industrias como la del abalón o peces, los cuales sí han logrado resolver esta problemática y gracias a esto logran producir sus semillas o alevines en forma constante durante todo el año, pudiendo rentabilizar sus instalaciones y operaciones a lo largo del ciclo productivo.

El Proyecto FIC Ostión Tech propone un sistema de cultivo de semillas que, luego de la fijación, se mantiene en tierra y se alimenta de forma constante con microalgas del medio (a través del recambio de agua) y con aportes de cultivos de microalgas específicas, producidas de forma constante por medio de foto-bioreactores, que aportarán nutrientes, para evitar sucesos no controlables.

Esta iniciativa pretende, controlar la mortalidad en las primeras etapas de cultivo, ya que representan el mayor porcentaje de la mortalidad total, siendo el primer mes el más crítico, tanto por la falta de alimento, condiciones del mar, manejo de sistemas de cultivo, pérdida de sistemas fijados (por marejadas) y por predación (jaiba fijada dentro de colectores), a través del desarrollo de una nueva tecnología que logre una independencia de las condiciones del medio para producir semillas de forma constante y a su vez genere una importante fuente de información científica que permita aumentar y sustentar la producción de semillas de ostión en el tiempo, lo que se verá traducido en aumentos de la productividad, baja en los costos de producción, crecimiento sostenido de los Acicultores a Pequeña Escala de ostión y el abastecimiento de semillas a los pescadores artesanales que se dedican al cultivo de este importante recurso para la región y el país. Cabe destacar que el hatchery de producción del morro de la Universidad de Atacama, es el único centro de abastecimiento de semillas de ostión de la región, y por lo tanto al aumentar la producción de semillas, aumenta también la disponibilidad de ellas a los pequeños cultivadores.

ANEXO N° 6. INAUGURACION

INVITACION:



Invitación



Miguel Vargas Correa, Intendente de la Región de Atacama, **Luis Ruiz Valenzuela**, Presidente del Consejo Regional y **Dr. Celso Arias Mora**, Rector de la Universidad de Atacama, saludan cordialmente a usted y tienen el agrado de invitarle a la ceremonia de cierre del proyecto FIC-FNDR: "Fomento de la productividad del sector pesquero artesanal y acuícola de pequeña escala de la región de Atacama: Un incentivo a la diversificación acuícola, segunda parte", y al lanzamiento del proyecto FIC-FNDR: "Desarrollo de una nueva tecnología de cultivo para estandarizar la producción de semillas de Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), a través del diseño de un sistema de estanques con ambiente controlado y adición de microalgas cultivadas en fotobiorreactores", en ejecución por el CIMAT (Centro de Investigaciones Marinas de Atacama) de CRIDESAT, de la Universidad de Atacama, durante el año 2016 - 2017.

Dicha ceremonia se realizará el día Miércoles 07 de septiembre de 2016 a las 11:00 horas en el Centro de Investigaciones Marinas, ubicado en Punta Fernández s/n, sector del morro, Bahía Inglesa, Comuna de Caldera. Esperamos contar con su valiosa presencia a este importante evento.

S.R.C.: natalia.calderon@uda.cl
Fono: +56 9 83583773



Copiapó, agosto de 2016

Proyectos Financiados con Aportes del Fondo de Innovación para la Competitividad de Asignación Regional FIC-R 2014 y 2015 del Gobierno Regional de Atacama.

PROGRAMA DE INAUGURACION:

Tiempo estimado	Hora	Actividad
15 min	11:00-11:15	Acreditación
5 min	11:15-11:20	Saludo de Bienvenida (maestro ceremonia)
5 min	11:20-11:25	Representante GORE ATACAMA (intendente o representante)
5 min	11:25-11:30	Representante UDA (rector o representante)
5 min	11:30-11:35	Director CRIDESAT (Osvaldo pavez)
15 min	11:35-11:50	Presentación cierre FIC Aqua 2 Director de Proyecto Bernardo Sepúlveda.
15 min	11:50-12:05	Presentación lanzamiento proyecto ostión tech Director área marina y de Proyecto Rafael Crisóstomo.
5 min	12:05-12:10	Discurso de cierre de la ceremonia (maestro de ceremonia)
10 min	12:10-12:20	Recorrido dependencias
10 min	12:20-13:00	Cóctel

FOTOGRAFIAS DE LA ACTIVIDAD:







ANEXO N° 7. TALLER DE AVANCE

INVITACION:



Invitación



Miguel Vargas Correa, Intendente de la Región de Atacama, **Luis Ruiz Valenzuela** Presidente del Consejo Regional y **Celso Arias Mora**, Rector de la Universidad de Atacama, saludan cordialmente a usted y tienen el agrado de invitarle a la ceremonia de avance de los proyectos FIC-FNDR: "Desarrollo Tecnológico del Cultivo a Pequeña Escala para Corvina (*Cilus gilberti*) en la Región de Atacama año 2014 – 2017 y FIC-FNDR: "Desarrollo de una nueva tecnología de cultivo para estandarizar la producción de semillas de Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), a través del diseño de un sistema de estanques con ambiente controlado y adición de microalgas cultivadas en foto-bioreactores", año 2015 – 2017, ambos en ejecución por el CIC (Centro de Investigaciones Costeras) de la Universidad de Atacama.

Dicha ceremonia se realizará el día Miércoles 14 de junio de 2017 a las 11:00 horas en el Centro de Investigaciones Costeras, ubicado en Punta Fernandez s/n, sector del morro, Bahía Inglesa, Comuna de Caldera. Esperamos contar con su valiosa presencia a este importante evento.

S.R.C.: natalia.calderon@uda.cl
Fono: 9-83583773

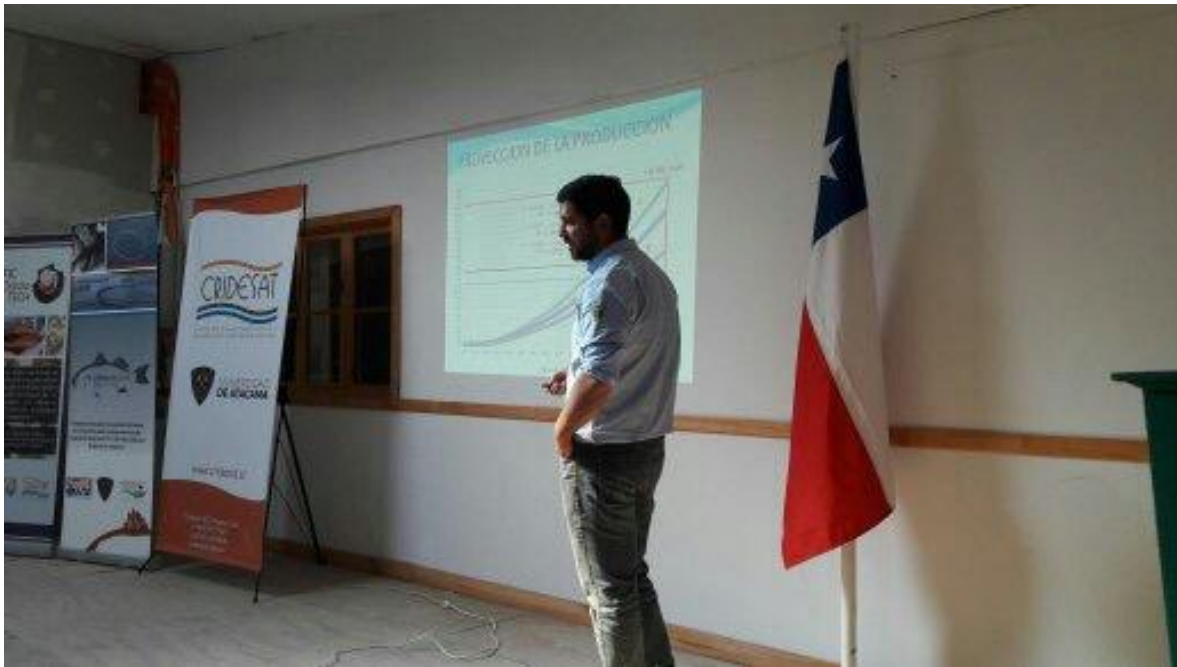
Copiapó, mayo de 2017



Proyectos Financiados con Aportes del Fondo de Innovación para la Competitividad de Asignación Regional FIC-R 2014 y 2015 del Gobierno Regional de Atacama

FOTOGRAFIAS DEL TALLER:





NOTAS DE PRENSA:

<https://www.caldera.cl/2017/2063-2/>



Con la participación de representantes del Gobierno , el Municipio de Caldera y la Universidad de Atacama se dio a conocer los avances técnicos de los dos Proyectos FIC-FNDR "Desarrollo Tecnológico del Cultivo a Pequeña Escala para Corvina (Cilus gilberti) en la Región de Atacama 2014-2017" con un monto total de \$ 163.665.000 y FIC-FNDR "Desarrollo de una nueva tecnología de cultivo para estandarizar la producción de semillas de Ostión del Norte (Argopecten purpuratus), a través del diseño de un sistema de estanques con ambiente controlado y adición de microalgas cultivadas en foto-bioreactores 2015-2017" con un monto total de \$ 217.500.000, ambos proyectos ejecutados por el Centro de Investigaciones Costeras (CIC) de la Universidad de Atacama (UDA).

Rafael Crisostomo, Director Ejecutivo CIC de la UDA explico "la importancia del evento es dar a conocer la visión y misión de nuestro programa y el estado de avances de los proyectos, hemos venido realizando una serie de proyectos FIC en la región donde hemos tenidos muy buenos resultados por lo que en estos momentos estamos invitando a todos a postular en nuestros nuevos proyectos que estamos presentando en los FIC 2017 para complementar los proyectos ahora presentados"



ANEXO N° 8: PARTICIPACION EN FERIAS Y SEMINARIOS.

PARTICIPACION FOREDE 2017

Centro de Investigaciones Costeras expone en Feria del Foro Regional de Desarrollo de CORPROA

En la jornada, se presentaron los alcances de los proyectos que actualmente se están ejecutando, así como aquellos que se han desarrollado y que han beneficiado a pescadores artesanales y pequeños acuicultores.

La Feria Expo del II Foro Regional de Desarrollo, FOREDE, organizada por la Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama, CORPROA, realizada en el Casino Antay de Copiapó, entre los días 24 y 26 de octubre, contó con la participación del Centro de Investigaciones Costeras, CIC, de la Universidad de Atacama.

En la ocasión, el Centro tuvo la oportunidad de presentar las distintas iniciativas que ha desarrollado desde su creación el año 2013, por los profesionales del área acuícola del Centro Regional de Investigación y Desarrollo Sustentable de Atacama, CRIDESAT, a la fecha en que se ha conformado como un nuevo Centro de Investigación de la UDA; la mayoría, ejecutadas con aporte del Gobierno Regional de Atacama, a través del Fondo de Innovación para la Competitividad, FIC.

“Como equipo de profesionales e investigadores del rubro acuícola y pequero de pequeña escala, es muy importante participar en instancias donde se dan cita las grandes, medianas y pequeñas empresas. Es un espacio para dar a conocer el impacto productivo de nuestros proyectos e investigaciones, los que van en directo beneficio de la economía regional”, señaló Rafael Crisóstomo, ingeniero acuicultor y director ejecutivo del CIC.

Feria Expo

FOREDE, Feria Expo del II Foro Regional de Desarrollo, en su segunda versión tiene como objetivo analizar, por una parte las nuevas tendencias y factores que estimulen el desarrollo, seguridad frente a desastres naturales y la gestión del agua; y por el otro, investigaciones del mundo de las ballenas, la genética moderna y las estrellas.

El Dr. Celso Arias Mora, rector de la UDA, durante la jornada inaugural, valoró la invitación a ser parte de un espacio de dialogo, principalmente, sobre las oportunidades para Atacama.

Además de la Feria Expo, la jornada contó con Seminarios en economía, infraestructura en obras hidráulicas, seguridad ante catástrofes y ciencia, tecnología e innovación; y una Rueda de Negocios.

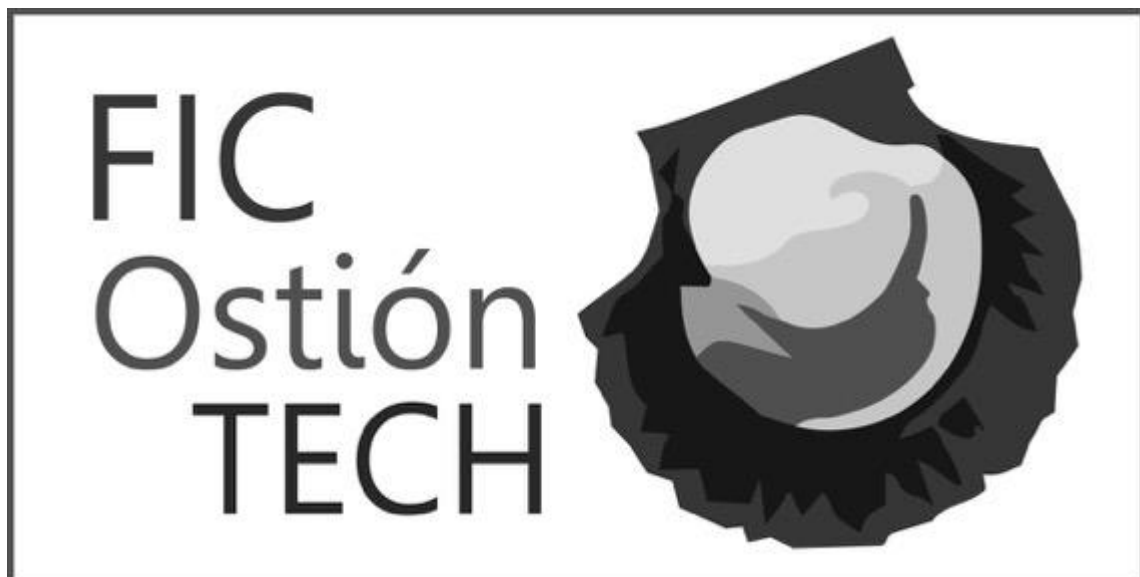






ANEXO N° 10. CREACION DE LOGOTIPO.

LOGO PROYECTO:



PENDON PROYECTO:



**FIC
Ostión
TECH**



"Desarrollo de una nueva tecnología de cultivo para estandarizar la producción de semillas de Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), a través del diseño de un sistema de estanques con ambiente controlado y adición de microalgas cultivadas en foto-bioreactores".

" Proyecto financiado con aportes del Fondo de Innovación para la Competitividad de Asignación Regional FIC-R 2015 del Gobierno Regional de Atacama"



ANEXO N° 10: VIDEO PROMOCIONAL.

LINK: <https://www.youtube.com/watch?v=0MFAQGuaS9U>



ANEXO N°11: DIFUSIÓN EN MEDIOS DE COMUNICACIÓN

PUBLICACION PROYECTO EN DIARIO REGIONAL CHAÑARCILLO

Domingo 25 de marzo de 2018





Centro de Investigaciones Costeras de la UDA diseña nueva tecnología para el cultivo de bivalvos a través del Proyecto FIC Ostión TECH

Se trata de una iniciativa desarrollada por más de dos años, que contó con aportes del Gobierno Regional de Atacama y la Universidad de Atacama.

Gracias al desafío asumido por los investigadores y profesionales del Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama, CIC-UDA, culmina con éxito el Proyecto FIC Ostión TECH, iniciativa que contó con recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad de asignación Regional FIC-R 2015 del Gobierno Regional de Atacama, y que va en directo beneficio de la pesca artesanal y la acuicultura de pequeña escala de la Región.

"Entre los principales resultados destacamos las evaluaciones comparativas del sistema tradicional de cultivo versus uno en ambiente controlado; y del nuevo sistema, versus la metodología tradicional. Ahora, el diseño e implementación de dos nuevos sistemas, que incluyen nueva tecnología, son nuestros mayores logros", señaló Rafael Crisóstomo, director del Proyecto y director ejecutivo del CIC-UDA.

Se trata, por una parte, de un nuevo sistema de cultivo de semillas de ostión para la fijación y el crecimiento de post-larvas. Por otra parte, se diseñó y puso en marcha un sistema de foto-bioreactores o dispositivos diseñados para el cultivo de microorganismos fotosintéticos acuáticos.

"Con el nuevo sistema de foto-bioreactores, pasamos de una producción de 6 millones de células por mililitro (ml) de microalgas a un tope de 30 millones de células por ml. El volumen total de producción en el foto-bioreactor es de 19.000 litros, lo que asegura alimento y con ello, la producción de las semillas de ostión durante todo el año, principalmente en las estaciones de invierno", explica Rafael Crisóstomo.

Este nuevo sistema permite una alta independencia de las condiciones del medio para producir semillas de forma constante, generando a su vez una importante fuente de información científica relacionada con el sustento y aumento de la producción de semillas de ostión en el tiempo.

Para Rafael Crisóstomo, esta iniciativa es parte de los grandes avances del Centro. "Cuando comenzamos nos teníamos que ganar un lugar en la pesca y acuicultura de Atacama; para ello incorporamos a la academia en el ámbito productivo y viceversa; a eso se sumó la confianza del Gobierno Regional, la que mantenemos gracias a los resultados", indicó Rafael Crisóstomo.



Proyecto FIC Ostión TECH

El Ostión del Norte, *Argopecten purpuratus*, es un importante recurso acuícola que, hasta los años 80, se sustentaba en los bancos naturales. Sin embargo, con el impulso de las exportaciones aumentó su extracción, lo que trajo como consecuencia la disminución de las poblaciones naturales y con ello el desarrollo de tecnologías de cultivo. En Atacama se instalaron hatcheries de gran capacidad productiva, aprovechando las características oceanográficas de Bahía Inglesa. Pero hace 10 años la industria presentó una profunda crisis en el sector.



En este contexto nace el Proyecto FIC Ostión TECH. "Desarrollo de una nueva tecnología de cultivo para estandarizar la producción de semillas de Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), a través del diseño de un sistema de estanques con ambiente controlado y adición de microalgas cultivadas en foto-bioreactores". Su objetivo fue incrementar la producción de semillas a través del desarrollo de una nueva técnica de cultivo, en un ambiente controlado y con alimentación por medio de foto-bioreactores de microalgas.

Para Hemán Pérez, doctor en Biología e investigador del CIC-UDA, "las modificaciones realizadas recientemente en la regulación de áreas de manejo, ha permitido el desarrollo de cultivos en áreas destinadas a los pescadores artesanales y abre una posibilidad para el renacimiento del cultivo de Ostión del Norte a través de la acuicultura a pequeña escala (APE). En este intento de consolidación el CIC-UDA, a través del proyecto FIC Ostión TECH, ha acortado las brechas técnico-biológicas, lo que nos permite incrementar la calidad y cantidad de semillas, materia prima básica para el cultivo comercial", explicó el experto.

Cabe destacar que la Universidad de Atacama, a través del Centro de Investigaciones Costeras, CIC-UDA, cuenta con el único centro de abastecimiento de semillas de ostión de la Región, por lo tanto, al aumentar la producción de semillas, aumenta la disponibilidad de ellas a los pequeños cultivadores.



este contexto, para Julio Marín, ingeniero en acuicultura y representante de la Asociación Gremial de Pequeños Acuicultores de Atacama, ACUPRAT, este Proyecto corona un proceso que involucra todas las iniciativas anteriores, ya que finalmente asegura la disponibilidad de semillas en el transcurso del tiempo, "Independiente de las aguas que tengamos en Atacama, el Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama asegura la disponibilidad de semillas, algo que evidentemente nos va a beneficiar en el corto, mediano y largo plazo", señaló.





ENTREVISTA RADIO UNIVERSIDAD DE ATACAMA PROYECTO OSTION TECH

