



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MAZATLÁN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA
TALLER DE INVESTIGACIÓN II ACA-0910

“EFECTOS DEL MÉTODO DE CULTIVO EN LA BIOQUÍMICA NUTRICIONAL
DE *Nannochloropsis oculata* EN UN FOTO BIORREACTOR PILOTO”

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA RESIDENCIAS
PROFESIONALES**

ONTIVEROS PAEZ ESTRELLA

151000042

MAZATLÁN, SINALOA A 07 DE DICIEMBRE DE 2018.

INDICE

RESUMEN.....	V
1. INTRODUCCION.....	5
2. NATURALEZA DEL PROYECTO	7
2.1. ANTECEDENTES	7
2.2 MARCO TEORICO.....	10
2.2.1 MARCO CONTEXTUAL	10
2.2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.2.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. PLANTEAMIENTO HIPOTESIS.....	16
5. OBJETIVOS	17
5.1 OBJETIVO GENERAL	17
5.2 OBJETIVOS PARTICULARES	17
6. AREA DE ESTUDIO.....	18
7. MATERIALES Y MÉTODOS	20
7.1 Recolección de Muestras	20
7.2 Preparación del Material.....	20
7.3 Metodo de Centrifugación.....	20
7.4 Metodo de Liofilización	20
7.5 Metodo de cenizas totales para materia orgánica	21
8. CRONOGRAMA	22
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	23

Lista de Figuras

Figura 1. Micro alga <i>Nannochloropsis oculata</i>	12
Figura 2. Mazatlán desde Buscador google mapas.....	18
Figura 3. CIAD, Mazatlán, Sinaloa	19
Figura 4. Instituto Tecnológico de Mazatlán.....	19

RESUMEN

Reflexión exhaustiva sobre el Efecto del Metodo de Cultivo en la Bioquímica Nutricional de *Nannochloropsis oculata* en un fotobiorreactor piloto en el área de investigación Calidad Nutricional , además de una revisión minuciosa de una base de datos para la elaboración de una correcta introducción, antecedentes asi como su marco teórico correspondiente . Con una previa evaluación de Dr. Miguel Ángel Franco Nava.

1. INTRODUCCION

El objetivo principal en la producción de alimento vivo es establecer una cadena alimenticia controlada, que normalmente inicia cultivando células algales microscópicas para alimentar a organismos zooplanctónicos, los cuales a su vez servirán de alimento a peces y/o invertebrados. Sin este requisito la red alimenticia en un sistema intensivo se encuentra incompleta, por lo cual los acuicultores tratan de superar esta deficiencia racionando alimentos en forma de hojuelas, mezclas gelatinizadas, refrigerados y/o congelados. A pesar de los cuidados que se tengan al utilizar alimentos no vivos o procesados, generalmente se tienen problemas debido a deficiencias nutricionales o por degradación de la calidad del agua. (Johnson, 1976; Hoff y Snell, 1993).

Desde el punto de vista nutricional, las micro algas son una fuente de macronutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos), micronutrientes (vitaminas y minerales) y en el grupo de los lípidos los ácidos grasos esenciales; además proveen de pigmentos que acentúan la coloración en organismos que los ingieren (Hoff y Snell, 1993).

Las micro algas son en general organismos foto autótrofos, es decir, obtienen la energía de la luz proveniente del Sol y se desarrollan a partir de materia inorgánica. Sin embargo, algunas especies son capaces de crecer empleando materia orgánica como fuente de energía o de carbono (Brennan 2010).

La micro alga *Nannochloropsis oculata* es una micro alga muy importante en acuicultura debido a su valor nutricional. Esta micro alga pertenece a la clase *Eustigmatophyceae*, que agrupa a las especies que contienen la mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido araquidónico (ARA), docosahexaenoico (DHA) de gran importancia en la nutrición de animales marinos, especialmente en el crecimiento y desarrollo de larvas de peces, moluscos y crustáceos (Brennan, 2010).

El propósito principal de este trabajo es determinar los efectos de la calidad nutricional de *Nannochloropsis oculata* dentro de un fotobiorreactor piloto, mediante el análisis de tasas de reproducción.

2. NATURALEZA DEL PROYECTO

2.1. ANTECEDENTES

La concentración de proteínas, carbohidratos y lípidos de las micro algas puede modificarse alterando las condiciones ambientales como: concentración de nutrientes, temperatura, intensidad luminosa, así como el estado fisiológico: edad de la población, densidad de la población, desarrollo autotrófico o heterotrófico (Dubinsky et al., 1978; Aaronson et al., 1980; Ben-Amotz et al., 1985; Becker, 1986; Guđin y Thepenier, 1986).

El contenido de proteínas en las algas puede variar de un 30 a un 65% de su peso seco. El valor nutricional de las proteínas está determinado por el contenido y proporción de los aminoácidos estos no varían entre las diferentes especies de micro algas, por lo tanto las diferencias en la calidad nutricional de las micro algas, en la mayoría de los casos no está relacionada con la composición de los aminoácidos (Webb y Chu, 1983).

La composición de carbohidratos, en términos de azúcares específicos, puede variar considerablemente entre las especies de algas. Generalmente la glucosa se encuentra en concentraciones mayores, seguido por galactosa, manosa y ribosa. Mientras que las proporciones relativas pueden ser significativas, la estructura del azúcar es igualmente importante. Los azúcares pueden presentarse como monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos o polisacáridos. El tipo y los enlaces específicos de un polisacárido determinan si los azúcares que lo componen podrán ser digeridos por el organismo a alimentar (Brown et al., 1989).

Han sido pocos los análisis detallados sobre la composición de los carbohidratos de las micro algas (Parsons et al., 1961; Chu et al., 1982; Whyte, 1987). Existen diferencias en la naturaleza de los polisacáridos encontrados en los diferentes grupos de micro algas.

La fracción lipídica puede dividirse en dos grupos principales: los lípidos polares (que incluyen glicolípidos y fosfolípidos) y los lípidos neutros (que incluyen a los triglicéridos, diglicéridos, hidrocarburos, alquenonas, esteroides y pigmentos) (Brown et al., 1989).

En las algas verdes, los ácidos grasos saturados pueden constituir del 15 al 30% de los ácidos grasos totales; en las diatomeas constituyen del 30 al 40%. Las microalgas verdes presentan bajas concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados (520%) y altas concentraciones de poliinsaturados (80%). Los niveles de ácidos grasos poliinsaturados 20:5(n-3) y 22:6(n-3) son importantes para la nutrición de organismos a cultivar (Watanabe et al., 1983; Brown et al., 1989).

Gran parte de los estudios de cultivo de microalgas en sistemas cerrados se basa en configuraciones cilíndricas de fotobiorreactor, debido principalmente a sus características de transferencia de masa y calor y los bajos costes de operación (bajo consumo energético). Normalmente se introduce aire burbujeándolo por la parte inferior. El diámetro suele ser menor a 200 cm para evitar que no llegue luz al interior de la columna. Algunos investigadores han desarrollado reactores anulares que eliminan la parte interior del reactor cilíndrico, de modo que el reactor viene delimitado por dos paredes concéntricas. Su altura se ve limitada a 4 metros por motivos estructurales y por evitar la sombra en una extensión donde existan instalados más de un fotobiorreactor (Molina Grima, y E., Belarbi, 2003).

Los reactores tubulares son tubos de diámetro igual o menor a 100 cm, dispuestos de modo horizontal, vertical, helicoidal o inclinado. La biomasa es recirculada mediante bombas o empuje por aire. La longitud puede alcanzar los cientos de metros. Una de las principales ventajas de este diseño es una relación superficie/volumen de más de 100 m⁻¹. Su principal desventaja es el alto consumo energético. Los reactores planos radican en su robustez y en la gran superficie expuesta a la radiación solar. La productividad obtenida es elevada y la limpieza es fácil. Son una de las primeras configuraciones que se probó, y se pueden alcanzar densidades de células mayores a 80 g/L (Robles, A. , 2010).

Tanto la composición de las micro algas como su productividad están determinadas, principalmente, por la alcalinidad del medio, el pH, la temperatura, la disponibilidad y concentración de nutrientes, la intensidad y tipo de luz, la densidad celular del cultivo y la contaminación o depredación por otros

organismos. En promedio, las micro algas doblan su biomasa en 24 horas. Sin embargo, en fase exponencial algunas algas pueden doblar su biomasa en tiempos tan cortos como 3,5 horas (Salerno, M., Nurdogan, Y. ,2009).

Las microalgas pueden emplear como fuente de carbono el CO₂ presente en la atmósfera, así como los iones bicarbonato (HCO₃⁻) con la ayuda de una enzima llamada anhidrasa carbónica. En promedio, son capaces de tolerar hasta unas 150.000 ppmv de CO₂ en aire. Una ventaja de los fotobiorreactores frente a los sistemas abiertos de cultivo es un menor escape de CO₂ a la atmósfera. Investigaciones recientes apuntan al uso de membranas para favorecer la transferencia de gas al seno del fluido en el cultivo(Kong, Q., Li, L. ,2010).

Las microalgas requieren, para su crecimiento, de otros macronutrientes como azufre, calcio, magnesio y potasio, así como de micronutrientes como molibdeno, hierro, níquel, cobre, zinc, manganeso, cobalto, boro y cloro. En ciertos grupos de algas se requieren nutrientes especiales o característicos, como sucede con las diatomeas y el silicio (Abe, K., Takahashi, E. , 2008).

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 MARCO CONTEXTUAL

Los nutrientes son necesarios para la síntesis de biomasa, la irradiación y calidad de luz determina la cantidad de energía disponible para actividades metabólicas. Las alteraciones fisiológicas que ocurren en el metabolismo celular, bajo condiciones limitantes para el crecimiento de las microalgas, son diferentes y dependen, principalmente, de la especie, de la cepa y de los factores ambientales involucrados (Shaw et al. 1989).

El nitrógeno es el nutriente más importante para las microalgas (después del carbono) y se incorpora como nitrato (NO_3^-) o como amonio (NH_4^+). Es también un factor crítico para regular el contenido de lípidos de las microalgas. Típicamente, las microalgas tienen un contenido lipídico aproximadamente del 20% pero cuando el nitrógeno se convierte en el factor limitante del crecimiento, la acumulación de los niveles de lípidos aumenta en más de 40% (Park et al. 2011).

Los ácidos poliinsaturados son esenciales en el desarrollo y fisiología humana, además de tener un rol importante en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Actualmente, las fuentes más importantes de estos compuestos son los peces, donde la utilización de sus aceites es limitada debido al riesgo de acumulación de toxinas en el pez, olor y sabor a pescado, pobre estabilidad oxidativa y mezcla entre diferentes tipos de ácidos grasos. Es destacable que de hecho, los ácidos poliinsaturados se encuentran en los peces debido a la alimentación de microalgas, por lo que es lógico considerar a las microalgas como potenciales fuentes de estos componentes esenciales. Las microalgas son una fuente importante de estos ácidos aunque, actualmente, el ácido docosahexaenoico (DHA) es el único disponible comercialmente (Spolaore et al. 2006).

De los más de 400 tipos de los pigmentos carotenoides, solo unos pocos son comercializados: β -caroteno, astaxantina y, en menor importancia, luteína,

zeaxantina y bixina. El uso más importante de éstos es como colorante natural para alimentos y como aditivo para animales . La relevancia nutricional y terapéutica de algunos carotenoides radica en su capacidad de actuar como provitamina A, convirtiéndose en vitamina A. Además, poseen propiedades antiinflamatorias y se les ha atribuido propiedades anticancerígenas, aunque esto último aún está en investigación (Spolaore *et al.* 2006).

La dieta de las personas sólo incluye ácidos grasos en pequeñas cantidades, debido al bajo consumo de pescado y sus derivados. Se ha sugerido que la dieta típica de las poblaciones no supe las cantidades necesarias de ácidos grasos omega-3 y omega-6 poli- insaturados, lo cual puede contribuir a incrementar el riesgo de enfermedades coronarias debido a la mayor incidencia de coágulos sanguíneos e inflamación. La falta de ácidos grasos omega-3 también se ha relacionado con otras enfermedades crónicas, como hipertensión, problemas inflamatorios e inmunes, depresión y disfunción neurológica. Aunque existe una gran variedad de micro algas que se utilizan para la obtención de ácidos grasos omega-3, además del dha, la comercialización a gran escala (Williams, 2000).

Las microalgas pueden sintetizar carbohidratos como almidón, glucosa y otros azúcares y polisacáridos, como el agar y la carragenina. son productoras potenciales de polisacáridos que se utilizan como suplementos alimenticios (Gong *et al* , 2011).

2.2.2 MARCO CONCEPTUAL

La micro alga *Nannochloropsis oculata* es reconocida por su valor nutricional como una excelente fuente de proteínas, carbohidratos, lípidos y vitaminas. Esta especie contiene cantidades elevadas de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido eicosapentaenoico (AEP), ácido araquidónico y ácido docosahexaenoico que son de gran relevancia en la nutrición de animales marinos, especialmente en el crecimiento y desarrollo de larvas de peces, moluscos y crustáceos (Sánchez et al. 2008).

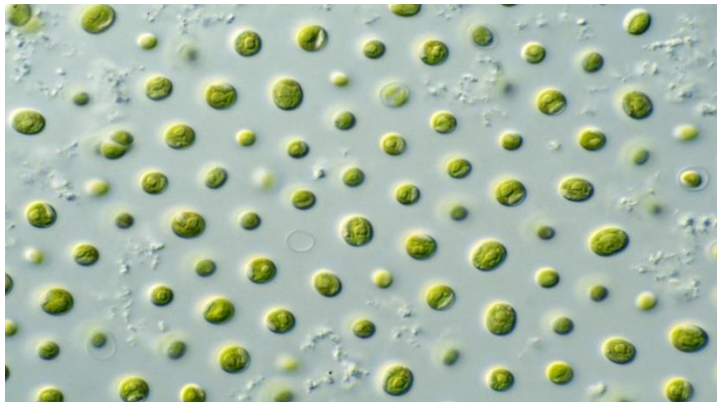


Figura 1. Micro alga *Nannochloropsis oculata*

Las microalgas mantienen la síntesis de lípidos, generalmente cuando se presenta deficiencia de nutrientes en el medio de cultivo o bajo condiciones de estrés ocasionadas por la reducción de otros constituyentes celulares. Las condiciones principales que influyen en la productividad de biomasa y lípidos son la temperatura, la salinidad, la disponibilidad de nutrientes y el color e intensidad de la luz (Simionato et al. 2011).

Se tienen antecedentes en *Nannochloropsis oculata* que el grado de insaturación de sus ácidos grasos sufre modificaciones con variaciones en la irradiancia, especialmente el porcentaje total de ácidos grasos n-3 (Arts et al. 2009).

Por ser organismos fotosintéticos, las variaciones en la intensidad de luz en el cultivo de microalgas, afectan directamente a la productividad, se favorece la fotosíntesis a altas intensidades de luz y los nutrientes en cantidades suficientes permiten el desarrollo de biomasa. Aunque existe información acerca de la optimización de cultivos buscando la mejora en la productividad, tanto a nivel de formulación de medios de cultivo, parámetros de operación y diseño de biorreactores, estos factores son específicos para cada especie de micro alga, con lo cual las posibilidades de llegar a un punto óptimo único para todas es poco probable (Hu et al. 2008).

Un sistema de cultivo es diseñado en base a diversos criterios: la biología de la(s) especie(s) a cultivar forma del cultivo; requerimientos nutricionales, lumínicos y resistencia al estrés relación de la superficie iluminada/ volumen del reactor que determina la velocidad de crecimiento orientación e inclinación; tipo de sistemas de mezcla y dispersión de gases; sistemas de limpieza y de regulación de la temperatura; transparencia y durabilidad del material, capacidad de escalado (Borowitzka 1999).

El cultivo de microalgas es un sistema biológico eficiente de utilización de la energía solar para producir materia orgánica. Las microalgas crecen más rápido que las plantas terrestres y es posible obtener mayores rendimientos anuales de biomasa, la composición bioquímica puede modificarse fácilmente variando las condiciones ambientales y/o la composición del medio de cultivo, bajo ciertas condiciones,(Brennan , 2010).

2.2.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mala nutrición a nivel mundial presenta notablemente una tendencia de incremento, asociada a las malas prácticas de manufactura, proceso y conocimiento. Esto hace inevitable que sea un problema permanente de monitoreo por salud propia. Aunque la producción experimental de nutrientes en nuevos alimentos es una área poco atendida en términos de conocimiento y seguimiento, las observaciones establecen que la falta de nutrientes esenciales en nuestro organismo es un riesgo potencial permanente, y que están presente en el tipo de alimentación.

Para el caso de este problema, el planteamiento considera que la concentración de proteínas, carbohidratos y lípidos de las micro algas puede modificarse alterando las condiciones ambientales como: concentración de nutrientes, temperatura, intensidad luminosa, así como el estado fisiológico: edad de la población, densidad de la población, desarrollo autotrófico o heterotrófico (2007).

3. JUSTIFICACIÓN

Los efectos bioquímicos nutricionales en el cultivo de *Nannochloropsis oculata* en un fotobiorreactor, los beneficios se extienden a determinar todos los nutrientes esenciales que contiene esta micro alga.

Se cuenta con los siguientes beneficios:

- Obtener su mayor potencial de proteínas, lípidos, carbohidratos.
- Implementar sus nutrientes en alimentos para obtener una mejor alimentación.
- Su cultivo es económicamente barato, su biomasa se puede utilizar en diferentes términos benéficos para el consumidor.
- Dar a conocer las microalgas como fuente alimentación económica y generadora de nuevas ideas.
- Conocer nuevas técnicas de cultivo para producir nutrientes de otra manera más renovadora que las que existen.

Esto beneficia mayormente a los consumidores en general, ya que se ofrecen nuevas ideas para obtener los nutrientes esenciales que nuestro cuerpo necesita de una manera nueva.

4. PLANTEAMIENTO HIPOTESIS

Con fundamento en los efectos bioquímicos nutricionales de *Nannochloropsis oculata* en un cultivo de un fotobiorreactor no es una tendencia significativa por su baja producción y sobre todo porque las microalgas no se han dado a conocer al público en general como un gran potencial de nutrientes. Esto indica que después de que se observó su revisión desde temperatura, distribución e intensidad de la luz, pH, oxígeno disuelto, etc. , esto puede incrementar o disminuir los niveles de nutrientes.

Para el presente trabajo las hipótesis planteadas son:

Ho: $x = \mu$

Hi: $x \neq \mu$

Ho: La cantidad de nutrientes de *Nannochloropsis oculata* presente en la biomasa obtenida por su cultivo es igual a la cantidad obtenida en la microalga *Spirulina máxima*.

Hi: La cantidad de nutrientes de *Nannochloropsis oculata* presente en la biomasa obtenida por su cultivo es diferente a la cantidad obtenida en la microalga *Spirulina máxima*.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos de la bioquímica nutricional de *Nannochloropsis oculata* dentro de un fotobiorreactor piloto. El experimento se realizara mediante el análisis de tasas de reproducción.

5.2 OBJETIVOS PARTICULARES

5.2.1 Disposición de la cepa de la micro alga, obtenida del cultivo en el laboratorio de alimento vivo del CIAD – MAZATLAN.

5.2.2 Diseño de un metodo experimental para la extracción de biomasa de la cepa de la micro alga.

5.2.3 Centrifugación de la cepa de la micro alga *Nannochloropsis oculata* , para la recopilación de su biomasa, sometiéndola a su liofilización

5.2.4 Determinación de los efectos en sus parámetros bioquímicos nutricionales en la eficiencia del diseño experimental.

6. AREA DE ESTUDIO

El municipio de Mazatlán está localizado en la porción sur del Estado de Sinaloa, entre los Meridianos 105° 56'55" y 106° 37'10" al oeste del meridiano de Greenwich, y entre los paralelos 23° 04'25" y 23° 50'22" de latitud norte. La altura sobre el nivel del mar es de 10 m.

Su extensión territorial asciende a 3,068.48 kilómetros cuadrados, es decir, el 5.3% de la superficie total del Estado de Sinaloa, por ello se clasifica como noveno municipio en extensión.

Limita al norte con el municipio del San Ignacio y el estado de Durango, al sur con el municipio de Rosario y el océano Pacífico, al oriente con el municipio de Concordia y al Poniente con el litoral de océano Pacífico (Ayuntamiento de Mazatlán , 2012).

El régimen del clima del municipio de Mazatlán es de tipo tropical semihúmedo seco-lluvioso, con una temporada de sequía ligeramente marcada, con temperatura media anual de 26 °C



Figura 2. Mazatlán desde Buscador google mapas.

Con el propósito de recolectar muestras se obtuvo la cepa de la micro alga en CIAD , Mazatlán , ubicado en Av. Sábalo-Cerritos S/N. Estero del Yugo . CIAD Contribuye al desarrollo sustentable y al bienestar de la sociedad en las áreas de alimentación, nutrición, salud, desarrollo regional y recursos naturales mediante la generación, aplicación y difusión de conocimiento científico-tecnológico, la innovación y la formación de recursos humanos de alto nivel (CIAD , 2010).

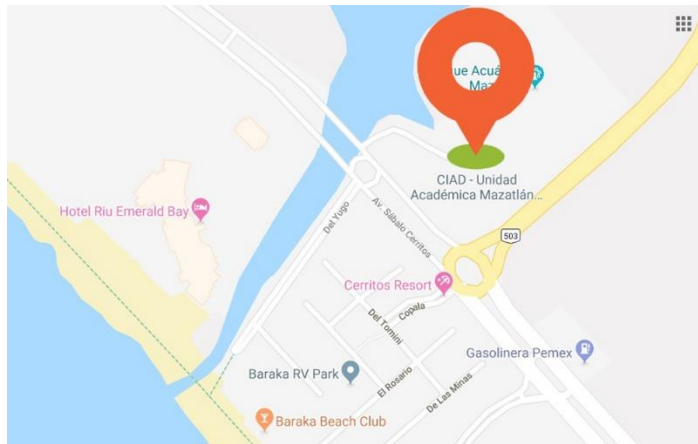


Figura 3. CIAD, Mazatlán, Sinaloa.

El Instituto Tecnológico de Mazatlán se encuentra ubicado hacia las afueras de la ciudad en la calle Corsario No. 1-203 , colonia Urías, esta institución está comprometida con la formación de profesionistas altamente capacitados en áreas productivas de gran demanda en la zona . Con programas educativos avalados, el ITM ofrece ingenierías para sus aspirantes y continuidad de estudios para sus egresados (Beca sin Fronteras, 2009).



Figura 4. Instituto Tecnológico de Mazatlán.

El laboratorio de Bioingeniería ubicado en el Instituto Tecnológico de Mazatlán, cuenta con una amplia gama de investigaciones a fin de desarrollarse en la que pueden participar alumnos interesados de diferentes carreras, innovando, experimentando y aprendiendo cosas nuevas desde algunos equipos con los que se cuenta hasta reglas del laboratorio.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Recolección de Muestras

Con el propósito de obtener muestras que representen la cantidad de micro alga recirculada en el fotobiorreactor , se investigó los agentes que mostraran mejoría en obtener mayor cantidades de micro alga , alterando su temperatura , humedad , pH, luz , observando que entre mayor cantidad o mayor se alterara estos agentes la micro alga se desarrollaría mas rápido . El fotobiorreactor fue encendido desde Agosto, Septiembre y Octubre de 2017 tomando muestreo y datos estos 3 meses, para al final obtener la cepa del micro alga señaladas en la norma mexicana NOM-242-SSA1-2009.

7.2 Preparación del Material

Debido a la clase de compuestos que se deben analizar, se emplea acetona para el lavado del material con la finalidad de eliminar posibles contaminantes que de otra forma podrían quedar en estos, afectando el resultado de las muestras señalado en la NOM 242-SSA1-2009, el procedimiento a seguir fue el siguiente:

Agua jabonosa → Agua de Grifo → Agua destilada → Acetona

7.3 Metodo de Centrifugación

Con el propósito de obtener la biomasa de la cepa de la micro alga, se agregó en 4 tubos de ensayo del mismo tamaño cepa, dejándola en la centrifuga en un tiempo de 12 minutos a una velocidad de 1000 rpm , al finalizar la centrifuga se agregaba la biomasa a pequeñas charolas hasta que estuvieran completamente llenas , se introducían al congelador por un mínimo de 2 a 3 días . La centrifugación es un metodo por el cual se pueden separar solidos de líquidos de diferente densidad por medio de una fuerza giratoria (Méndez, 2013).

7.4 Metodo de Liofilización

Posteriormente con ayuda de la liofilizadora se introdujeron las 9 capsulas congeladas obtenidas. La liofilización es un proceso que tiene como finalidad

separar el agua (u otro solvente) de una disolución mediante congelación y posterior sublimación del hielo a presión reducida (Ortega , 2016).

Una vez obtenidas las capsulas liofilizadas por un día , se agregan a la desecadora para que no entre la humedad , se dejan ahí por 2 días y posteriormente se pesan las capsulas ya secas .

7.5 Metodo de cenizas totales para materia orgánica

Con el propósito de conocer la relación que existe entre la cantidad de materia orgánica y la cantidad peso en cenizas una porción de las muestras de la biomasa de micro alga se analizó por medio del metodo de cenizas totales , el cual consiste en la calcinación de la materia orgánica presente , quedando solo la inorgánica (UNAM , 2008).

Los crisoles a emplear fueron pesados tres veces hasta obtener un peso constante por medio de la balanza electrónica marca OHAUS. Después se agregaron 1 gramo de muestra de micro alga a cada uno y se introdujeron por 24 horas a 550° en una mufla CAISA. Al finalizar este tiempo, los crisoles fueron colocados en desecadores durante una hora aproximadamente hasta que alcanzaron la temperatura ambiente y se pesaron nuevamente. Se realizó una comparación entre los pesos para conocer el porcentaje de materia orgánica presente. La expresión utilizada fue la siguiente:

$$M.O. = (P2-P1 / V M.O.) (100)$$

Donde:

M.O. = materia orgánica

P2= peso final del crisol

P1= peso de crisol sin muestra

V M.O.= Volumen de materia orgánica

8. CRONOGRAMA

Título del proyecto: "EFECTOS DEL METODO DE CULTIVO EN LA BIOQUIMICA NUTRICIONAL DE *Nannochloropsis oculata* EN UN FOTO BIORREACTOR PILOTO"

No	ACTIVIDADES	TIEMPO DISPONIBLE (Ene-Jun 2019)																			
		1				2				3				4				5			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Proceso administrativo de registro y asignación de asesores	■	■	■	■																
2	Proceso de verificación de materiales de apoyo y área de afectación			■	■	■	■														
3	Actividades particulares					■	■	■													
	Objetivo particular 1						■	■	■												
	Objetivo particular 2							■	■	■	■										
	Objetivo particular 3								■	■	■	■									
4	Proceso de base de datos y obtención de resultados							■	■	■	■	■									
5	Discusiones											■	■	■	■	■	■				
6	Conclusiones												■	■	■	■	■				
7	Edición del reporte de investigación														■	■	■	■			
8	Revisión y corrección																■	■	■	■	

9	Entrega exposición	y																					
---	-----------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABALDE. J.; CID, A; FIDALGO, J.P.; TORRES, E. y HERRERO, C. 1995. Microalgas: Cultivo y aplicación. Lab. de Microbiología. Depto. de Biología Celular y Molecular. Fac. de Ciencias. Universidad de la coruiia. España. 210 pp.

Abe, K., Takahashi, E. (2008) Development of laboratory-scale photobioreactor for water purification by use of a biofilter composed of the aerial microalga *Trentepohlia aurea* (Chlorophyta) *Journal of Applied Phycology* 20, 283-288.

Arts M. T., Brett M. T., Kainz M. y Eds J. (2009). *Lipids in aquatic ecosystems*. Springer Science Business Media. Nueva York, EUA, 367 pp

BECKER, E.W. 1986. Nutritional properties of microalgae: potential and constraints. p. 339-419. En: *Handbook of microalgal mass culture*. Richmond, A. (ed.) CRC Press, Florida.

Borowitzka MA. 1999. Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *Journal of Biotechnology* 70: 313-332.

Brennan, . 2010. Biofuels from microalgae-A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 557-577.

BRENNAN, S., 2010. Glycerol production in the alga *Dunaliella*. En: *Biochemical and photosynthetic aspe& of energy production*. A. San Pietro (Ed.) N.Y. Academic Press, pp. 191-208.

DUBINSKY, O; LERENTAL, Y.; CHRISTIAEN, D.; GLASER, R.; BARAK, Z. y ARAD, S. 1983. Production and characterisation of polysaccharides in the unicellular red alga *Rhodella reticulata*. En: *Algal Biotechnology*. T. Stadler; J. Mollion; M.C. Verdus; Y. Karamanos; H. Morvan y D. Christiaen (Eds.). Elsevier, London. pp. 451-461.

Gong, Y., H. Hu, Y. Gao, X. Xu y H. Gao (2011), "Microalgae as platforms for production of recombinant proteins and valuable compounds: progress and prospects", *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 38(12): 1879-1890.

- Hallmann, A. (2007), "Algal transgenics and biotechnology", *Transgenic Plant J*, 1 (1): 81-98.
- HOFF, F. y SNELL, T. 1993. *Plankton culture manual*. Florida Aqua Farms. 147 p.
- Hu Q., Sommerfeld M., Jarvis E. E., Ghirardi M. L., Posewitz M. C., Seibert M. y Darzins A. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances. *Plant J*. 54 (4), 621-639.
- Kong, Q., Li, L. (2010) Culture of Microalgae *Chlamydomonas reinhardtii* in Wastewater for Biomass Feedstock Production. *Applied Biochemical Biotechnology* 160, 9-18.
- Molina Grima, E., Belarbi, E.H (2003) Recovery of microalgal biomass and metabolites: process options and economics. *Biotechnology Advances* 20. 491-515.
- Park J, R Craggs & A Shilton. 2011a. Wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production. *Bioresource Technology* 102: 35-42.
- PARSONS, T.R.; STEPHENS, K. y STRICKLAND, J.D. 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. *J.*Fish. Res. Bd. Can.*, 18:1001-1016.
- Robles, A. (2010) Estudio en planta piloto de la aplicación de la tecnología de membranas para el tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas. Puesta en marcha, seguimiento y control del proceso.
- Salerno, M., Nurdogan, Y. (2009) Biogas Production from Algae Biomass Harvested at Wastewater Treatment Ponds. Conference presentation at 2009 Bioenergy Engineering Conference Sponsored by ASABE. Seattle, Washington, October 2009.
- Sánchez H., Juscamaita J., Vargas J. y Oliveros R. (2008). Producción de la microalga *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd en medios enriquecidos con ensilado biológico de pescado. *Bioeng.* 7(1-2), 97-100.
- Shaw, P., G. Jones, D. Smith & R. Johns. 1989. Intraspecific variations in the fatty acids of the diatom *Skeletonema costatum*. *Phytochemistry* 28: 811-815.
- Simionato D., Sforza E., Carpinelli E. C., Bertuccio A., Giacometti G. M. y Morosinotto T. (2011). Acclimation of *Nannochloropsis gaditana* to different illumination regimes: Effects on lipids accumulation. *Biortech.* 102 (10), 6026-6032. DOI: 10.1016/j.biortech.2011.02.100
- Spolaore P, C Joannis-Cassan, E Duran & A Isambert. 2006. Commercial Applications of Microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 101(2): 87-96.

Williams, C. M. (2000), "Dietary fatty acids and human health", *Annales de Zootechnie*, 49(3): 165-180.