

Biorreactores y la espirulina

La maravilla de obtener biocombustible y alimento a partir de microalgas



Jordi Otero Tarrazón
Bachillerato científico

Tutor de seguimiento: Joaquín Ferrero Monfort
L'Hospitalet de Llobregat, 15 de Octubre de 2018



JESUÏTES Bellvitge
Centre d'Estudis Joan XXIII

A la Xarxaespirulina por aportarme toda la información para crear este trabajo y los inocuos de espirulina.

A mis hermanos Aitor y Aarón, y a mi madre por aguantarme a mí y a mi pecera para cultivar la espirulina.

A Joaquin Ferrero Monfort por ayudarme y guiarme a crear este trabajo.

Resumen (Castellano)

Palabras clave: Biorreactor / cultivo / algas / bacterias / cianobacteria / condiciones / constantes / ciclo divisorio / suplemento / aromatizador.

Un biorreactor es uno de los reactores más utilizados en el cultivo de algas o bacterias, en un cultivo, ya que da los mejores factores para su crecimiento. La espirulina es una cianobacteria que es utilizada para la alimentación, por sus grandes aportes nutricionales. Esta cianobacteria no es muy difícil de cultivar, mientras se mantengan sus condiciones constantes. En su ciclo divisorio, si se mantienen las perfectas condiciones son muy veloces y se consiguen rápidamente. La espirulina se puede utilizar como un suplemento alimentario o para aderezar comidas, ya que contiene un gran sabor y es un gran aromatizador.

Resumen (Català)

Paraules clau: Bioreactor / cultiu / algues / bacteris / cianobacteris / condicions / constants / cicle divisori / suplement / aromatitzar

Un bioreactor es un del reactor més utilitzats en el cultiu de algues i bacteris, en un cultiu, ja que dona el millor factor per el seu desenvolupament. La espirulina es un cianobacteri que es utilitzat per l'alimentació, per les seves grans aportacions nutricionals. Aquest cianobacteri no es molt difícil de cultivar, només mantenint les condicions constants. El seu cicle divisori, si es manté les condicions perfectes són molt veloços y s'aconsegueixen ràpidament. La espirulina es pot utilitzar com un suplement alimentari o per amanir els àpats, ja que conté un gran sabor y es pot utilitzar per aromatitzar.

Resumen (Inglés)

Key Words: Bioreactor / farming / algae / bacteria / crop / cyanobacteria / conditions / maintained / Divisive cycle / supplement / aromatize

A bioreactor is one of the most used reactors in the farming of algae or bacteria, in a crop, since it gives the best factors for its growth. Spirulina is a cyanobacteria that is used for food, contains large nutritional contributions. This cyanobacteria is not very difficult to farm, as long as its constant conditions are maintained. In its divisive cycle, if the perfect conditions are maintained they are very fast and are obtained quickly. Spirulina can be used as a food supplement or to dress meals, as it contains a great taste and is a great aromatize.

Índice

1- Introducción	6
2- ¿Qué es un biorreactor?	7
3- Tipos de Biorreactor	8
4- Qué es la Espirulina?	9
4.1-História	9
4.2-Aspecto y clasificación	14
4.3-Aspectos nutricionales	15
4.4-Propiedades de la espirulina.	16
4.5-Precauciones	17
4.6-Efectos Secundarios	17
4.7- Velocidad de multiplicación	17
4.8- Cultivo Utilizado	18
4.9- Nutrición del cultivo	19
5- Aplicaciones de la Espirulina	20
5.1-Aplicaciones alimentarias	20
5.2-Aplicaciones biodiesel	21
6- Diseño del biorreactor	22
6.1-Objetivo	23
6.2- Materiales	24
6.3- Proceso de montaje	27
6.4- Recolección	33
7- Cómo comer la espirulina	35
8- Recetas con espirulina	37
9- Resultados Obtenidos y Conclusión	40
10-Empresas productoras de espirulina	45
12-Webgrafía	49

Introducción

La espirulina es una especie de cianobacteria con capacidad fotosintética gracias a la cual fabrica muchos nutrientes que son beneficiosos para el hombre. Se utiliza para la alimentación o para hacer biocombustible. En el ámbito de la alimentación, es fácil de cultivar, aporta un gran sabor y un gran aroma a mar. Como combustible es posible utilizarla porque contiene aceites que tratados por procesos biológicos se obtienen bioalcoholes que por ejemplo hacen funcionar un motor o se puede obtener energía eléctrica.

Como pensamiento inicial se cree que la espirulina pueda llegar a ser un alimento esencial en la dieta humana.

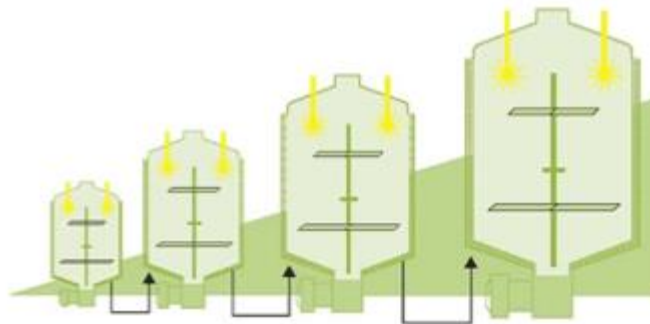
En este proyecto se ha querido demostrar cómo es posible aprovechar estos microorganismos para obtener alimento. Se propone la construcción de un biorreactor, hacer un cultivo de espirulina y ver si es posible cultivarla artesanalmente y obtener el alimento suficiente para un consumo regular.

Se desarrollará toda la explicación del diseño y montaje del tanque de cultivo, y se hará un seguimiento de cómo se desarrolla el crecimiento y de todos los parámetros que hace falta controlar para hacer que sobrevivan y puedan crecer sin ninguna dificultad.

Que es un biorreactor?

Un Biorreactor es un recipiente o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. En algunos casos un biorreactor involucra un proceso químico mediante organismos o sustancias bioquímicamente derivadas de los organismos. Este proceso puede ser aeróbico, que necesita oxígeno para llevar a cabo el proceso químico, o anaeróbico, no necesita oxígeno.

También un biorreactor dará los parámetros necesarios para que un organismo puede permanecer en la fase de crecimiento o máximo exponencial, es decir es necesario que mantenga el nivel de pH, la temperatura del biorreactor, niveles de nutrientes, oxigenación.



Los biorreactores están empezando a ser utilizados para la producción de alimentos microscópicos y para la producción de combustibles. Para poder tener uno los materiales necesarios son fáciles de conseguir. Por eso una persona puede llevar a cabo su propio biorreactor.

Tipos de Biorreactor:

Lo primero que tenemos que tener en cuenta es el uso que le queremos dar al biorreactor, es decir, el tipo de cultivo que se va a usar, el modo de operar y el cultivo que se va a usar. El diseño de los biorreactores está exclusivamente determinado por la velocidad de reacción y las variables.

La clasificación de biorreactores se generaliza en clasificación operativa y clasificación biológica.

Los biorreactores se clasifican de acuerdo en el modo operativo en: discontinuo, semicontinuo y continuo.

Los biorreactores biológicos se clasifican de acuerdo al metabolismo que necesitan los cultivos: anaeróbico, facultativo y aeróbico.

El modo operativo de un cultivo influye en el crecimiento cinético y el proceso de producción. Existen tres modos básicos operativos:

- Discontinuo (batch): Se introduce dentro del biorreactor la carga total de cada cultivo y se deja que actúe el proceso productivo el tiempo que sea necesario. En este caso es sin alimentación.
- Semicontinuo (fed-batch): Se introduce dentro del biorreactor el cultivo con una serie de alimentos y nutrientes para que el cultivo tenga un crecimiento exponencial y aumente su productividad.
- Continuo: Es un biorreactor el cual tiene una entrada y una salida, por la cual entra el cultivo y lleve a cabo su producción y sale por el tubo de la salida, pero en este caso el proceso de entrada y salida se hacen a la vez, creando así un flujo de entrada y salida continuo

Dependiendo del metabolismo del cultivo pueden ser:

- Anaerobio: Con el cultivo anaerobio se puede detectar la presencia de bacterias las cuales se desarrollan en la ausencia de oxígeno.

Que es la Espirulina?

Historia:

La espirulina hace 3500 años que se encuentra en la tierra y es una de las plantas más antiguas y pequeñas. Esta cianobacteria crece espontáneamente en lagos alcalinos, cuyas condiciones impiden el desarrollo de otros organismos vivos, Esto convierte a la espirulina en un producto seguro, ya que en ese tipo de aguas no existen muchas bacterias. El secado es el único tratamiento que a la espirulina se somete, por eso su contaminación bacteriana es casi imposible. A parte la espirulina posee enzimas que restringen el crecimiento de microbios, hongos y levaduras, y que la protege de virus y bacteria.

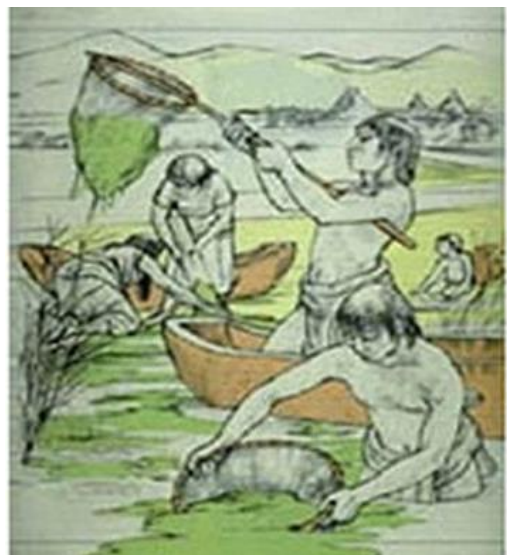
La espirulina era una base fundamental para la dieta maya e indígenas africanos, que practicaban su recolección y secado. En el futuro puede convertirse en un alimento principal, ya que puede reproducirse rápidamente.

Actualmente los que más consumen la espirulina son los atletas olímpicos de china y cuba, ya que la han estado consumiendo para mejorar su rendimiento deportivo. En el centro de formación deportiva de china, han estado informando de que mejora la recuperación y estimula el sistema inmunológico.

También la espirulina ha sido elegida por la NASA para enriquecer la dieta de los astronautas en misiones espaciales.

Siempre el mayor consumidor y productor de espirulina ha sido México, que la llamaban "tecuitlatl".

La cultura maya de la península del Yucatán vivía en un balance precario en medio de la selva, cuyas



condiciones no eran las adecuadas para la agricultura. El desarrollo de las granjas de microalgas en la época maya explica cómo una población de dos millones se logró sostener hacia el final del período Clásico (900 a. E.C.) a pesar de las condiciones adversas para la agricultura.

Además las tribus mayas utilizaban la espirulina como uno de los alimentos principales en panes y sopas y mejorar su dieta diaria. Los mayas utilizaban las combinaciones de estas algas, recomendables para llevar una vida sana.

Para los aztecas también la espirulina fue una de sus mayores fuentes de nutrientes.

EL primer registro de la historia que se tiene acerca del consumo de la espirulina, proviene de Bernal Díaz del Castillo, uno de los acompañantes de las tropas de Hernán Cortés, quien reportó que en 1521 como recolectaban la espirulina del lago Texcoco, y después secaban y vendían en el mercado de Tenochtitlán.

Tenochtitlán, era la capital de los aztecas y estaba situada en una isla dentro del Lago Texcoco, cuyas aguas eran de gran contenido en sales minerales y donde cultivaban la espirulina para después comerla. A parte del uso alimentario básico, también en el México prehispánico la espirulina era utilizada para ceremonias, ya que algunos los relacionan con alimentos en los dioses. También era común que la consumieran personas como mensajeros, gobernantes o guerreros, ya que necesitaban un rendimiento más elevado.



Hernán Cortés, a su regreso a España, relata toda su travesía y Francisco López de Gómara relata todo lo que le va contando en "La Historia de las Indias".

Un pequeño relato que podemos encontrar en La Historia de las Indias:

"... y aun tierra; porque con redes de malla muy menuda abarren en cierto tiempo del año una cosa molida que se cria sobre la agua de las lagunas de Méjico y se cuaja, que ni es yerba, ni tierra, sino como cieno. Hay de ello mucho y cogen mucho; y en eras, como quien hace sal, lo vacian, y allí se cuaja y seca. Hácenlo tortas como ladrillos, y no solo las venden en el mercado, mas llévanlas tambien á otros fuera de la ciudad y lejos. Comen esto como nosotros el queso, y así tiene un saborcillo de sal, que con chilimoli es sabroso. Y dicen que á este cebo vienen tantas aves á la laguna, que muchas veces por invierno la cubren por algunas partes" (López de Gomara, 1826, p. 348).

La espirulina en la Época Colonial.

En esta época Francisco Hernández, quien fue enviado por el Consejo de Indias para investigar y reportar acerca de la flora, fauna y los minerales de la Nueva España y su posible explotación económica. En los relatos que escribió se refería a la espirulina como minerales.

Los españoles no sabían cómo clasificar al teculiat, al no poder observar con microscopio, no podían decir que era una planta, y como estaba en lagos ricos en minerales y en esa época pensaba que los minerales se reproducen también.



Con el paso de los años el uso y consumo del teculiat disminuía, ya que la población sufrió varios brotes de viruela y empezaron a perder tradiciones.

En algún momento se perdió la práctica de cosechar y recolectar la espirulina, ya que en los relatos de Acosta que estuvo en México entre los años 1586 y 1587 ya no mencionaba al teculiat.

La posible desaparición del teculiat en México se deba a la conquista española ya que desecaron los grandes lagos para establecerse en los terrenos así ganados.

Por otro lado se sabe que en escritos que provienen de la expedición belga Saharán, que los africanos que vivían a las cercanías del lago Chad en centro África, consumían también microalgas que recolectaban y secaban para crear panes.



Hasta los años sesenta predominaba un escaso conocimiento acerca de la propiedades terapéuticas y nutricionales de la espirulina, y en la mayoría de los hogares mexicanos de había dejado de consumir. Esta se debe a que por la crecida de la zona metropolitana ha afectado a la ecología del Lago Texcoco y así cambiando su estado original

Fue hasta 1967 que se volvió a ver la microalga, en los tanques de evaporación de la industria Sosa Texcoco, esta empresa se encarga de extraer el carbonato de sodio de las aguas alcalinas del lago. Sin saberlo la compañía los estanques de destilación eran el medio de cultivo óptimo para el crecimiento de la espirulina. Al principio era una molestia para la empresa Sosa Texcoco hasta que después de informarse descubrieron que era un alimento ancestral, y eso les llevó a experimentar cómo aprovechar

la espirulina. Como producto de esas investigaciones se instalaron una planta de procesamiento en las orillas del lago Texcoco con una producción de 500 toneladas de espirulina seca a laño.

A pesar de los esfuerzos en la comunicación de los aspectos nutricionales de la espirulina e intentar introducirla en los desayunos escolares. La empresa quebró y sufrió un cierre inmediato. Hoy en día la empresa sigue cerrada, ya que en el lago Texcoco por la contaminación y la crecida metropolitana de la ciudad es imposible el cultivo de espirulina ya.

Un grupo de investigadores que no quieren que este alimento ancestral se pierda han cultivado y cosechado la espirulina en un ecosistema más puro del planeta, en el desierto de Atacama, al norte de Chile.

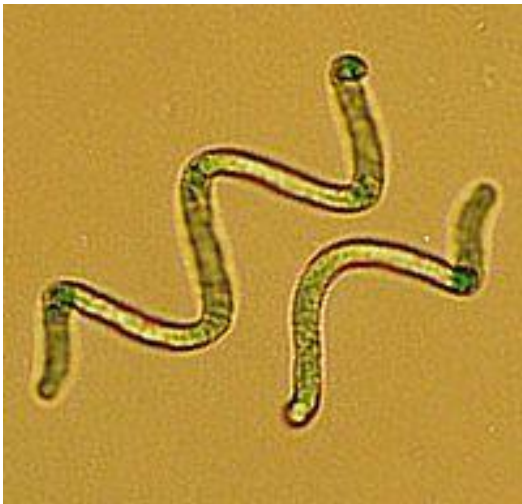


Aspecto y clasificación:

La espirulina es una cianobacteria que habita en lagos salinos y alcalinos y que también se cultiva de forma artificial. Su nombre científico es *Arthrospira plantesis*. Comúnmente es conocida como micro-alga.

Es un ser acuático capaz de realizar la fotosíntesis que no tiene núcleo, es decir procariota. Se reproduce por división celular: un filamento se divide en 2 filamentos cuando llega a la longitud adecuada. Los filamentos de la espirulina son llamados "tricomas" y son multicelulares, para poder observarlos es necesario de un microscopio.

La forma en espiral caracteriza sus varias especies que han dado el nombre de espirulina. Las variedades más conocidas son la "Lonar" y la "Paracas"



Variedad Lonar



Variedad Paracas

Las paredes celulares de la espirulina no están constituidas de celulosa como las de la mayoría de los vegetales, sino de mureína y polisacáridos, compuestos más frágiles que la celulosa y fácilmente digeribles por el organismo.

Reino: Bacteria	Filo: Cianobacteria	Clase: Cianobacteria	Familia: Phormidiaceae
Orden: Oscillatorias	Género: Arthrospira	Especie: PLantesis	Variedad: Lonar, Paraca

Aspectos nutricionales:

La espirulina aporta vitalidad y energía a la vez que numerosos micronutrientes para el ser humano. Se le atribuyen muchas propiedades, por ejemplo: propiedades anticancerígenas, refuerza del sistema inmunitario, actúa como antioxidante, controla la diabetes, el colesterol, la anemia, favorece la eliminación de los metales pesados y la radioactividad, ayuda a la recuperación del esfuerzo físico, combate la fatiga, el estrés, etc.

Composición por cada 10 g de espirulina consumida

VITAMINAS		MINERALES	
Pro A (Beta-Caroteno)	14 mg	Calcio	100 mg
B1 (Tiamina)	0,35 mg	Hierro	18 mg
B2 (Riboflavina)	0,4 mg	Magnesio	40 mg
B3 (Niacina)	1,4 mg	Fósforo	80 mg
B5 (ácido pantoténico)	0,01 mg	Potasio	140 mg
B6 (piridoxina)	0,06 mg	Zinc	0,3 mg
B8 (Biotina)	5µg	Cobre	0,12 mg
B9 (ácido fólico)	0,01 mg	Manganeso	0,5 mg
B12 (Cianocobalamina)	3,2 µg	Sodio	9 mg
E (α-tocoferol)	1 mg	Cromo	28 µg
K (fitomenadiona)	244 µg	Selenio	2 µg

PIGMENTOS Y ENZIMAS		ÁCIDOS GRASOS	
Clorofila a	79 mg	Grasas saturadas	100 mg
Carotenoides	37 mg	Grasas insaturadas	210 mg
Beta-Caroteno	7-20 mg	Ácido linolénico	120 mg
Ficocianina	1500-2000 mg	Ácido linoléico	80 mg
SuperOxido Dismutasa	10-35.000 UI	Ácido oléico	11 mg

AMINOÁCIDOS ESENCIALES		AMINOÁCIDOS NO ESENCIALES	
Fenilalanina	280 mg	Alanina	470 mg
Histidina	100 mg	Arginina	430 mg
Isoleucina	350 mg	Ácido aspártico	610 mg
Leucina	540 mg	Cisteína	600 mg
Lisina	290 mg	Ácido glutámico	910 mg
Metionina	140 mg	Glicina	320 mg
Treonina	320 mg	Prolina	270 mg
Triptófano	90 mg	Serina	320 mg
Valina	400 mg	Tirosina	300 mg

Propiedades de la espirulina

Según el grupo de complementos de la Vocalía de Alimentación del COF (col·legi de farmacéuticos) de Barcelona, las principales propiedades de la espirulina son:

- El 65 por ciento de sus proteínas son las que ayudan al funcionamiento del organismo
- Una de las características de la espirulina es que carece de celulosa, lo cual lleva a que sea de fácil digestión para el cuerpo humano.
- La espirulina acumula los metales pesados como el selenio o el zinc, que estos forman parte de las funciones bioquímicas importantes en la conservación de estructuras del sistema nervioso.
- Gran cantidad de proteínas y más elementos que destacan por las propiedades antioxidantes.
- Su pigmentación posee efectos antioxidantes y antiinflamatorios
- Ayuda a aumentar la respuesta del sistema inmunológico del cuerpo humano
- Por su composición reduce el nivel de lípidos en sangre de la persona.



Precauciones

La espirulina no debe de ser consumida por personas que estén bajo tratamiento médico, estén embarazadas, padezcan alguna enfermedad o alergia. etc.

Efectos secundarios

Los efectos que causará la espirulina dependerá de la persona, pero los más frecuentes son:

- Hinchazón o lesiones cutáneas
- Variaciones en las sales minerales del cuerpo
- Cambios en el sistema inmune del organismo
- Disminuir el apetito de la persona lo cual provocaría vómitos, mareo y diarreas
- Problemas del sueño como somnolencia y trastornos del sueño
- Problemas en el sistema locomotor ocasionando pérdida o reducción de la concentración y cambios emocionales.

Velocidad de multiplicación:

La espirulina es unas cianobacterias que en condiciones óptimas de laboratorio podría llegar a multiplicarse cada 16 horas multiplicando su tamaño por dos, pero una velocidad óptima en los cultivos artesanales de espirulina es que doble su tamaño cada 26 horas. La velocidad de multiplicación y la productividad de los cultivos dependen de diferentes factores.

- Iluminación: Es una parte muy importante que se tiene que tener en cuenta para la espirulina, ya que dependiendo de la luz, la espirulina llevará a cabo la fotosíntesis. La espirulina siempre está en continuo giro sobre ella misma ya que alterna entre luz y sombra, la luz directamente puede destruirla.

- **Temperatura:** La temperatura mínima que necesita la espirulina es de 20° C, es decir a partir de esa temperatura empezará su multiplicación. El punto donde se lleva a cabo la multiplicación más rápida es a los 37°C; pero no hay que sobrepasar los 41°C ya que la espirulina empieza a morir.
- **Agitación:** Esta es la que se encargará que se reparta la iluminación, al temperatura sea constante en todos los lugares del cultivo y que también esparcirá los nutrientes por todo el cultivo.
- **Sombreado:** La función del sombreado es básicamente mejorar la calidad de la espirulina, ya que contra más sombra más ficocianina (proteína de la espirulina), a la vez protege a la espirulina de la muerte por fotólisis y reduce la evaporación del cultivo lo cual desequilibrar el nivel de pH y de las sales minerales.
- **Nutrientes:** Si la espirulina se queda sin nutrientes se detendría su multiplicación.

Cultivo Utilizado

La espirulina vive en un medio salino y alcalino, es decir, rico en metales.

EL agua que necesita debe de ser origen potable y sin cloro pero si se utiliza el agua de la lluvia debe de haber pasado un control bacteriológico.

El nivel de salinidad en el agua debe de estar entre los 5g/L y 45g/L. Esta salinidad se puede conseguir con 1 parte de agua de mar i 9 partes de agua potable sin cloro o bien añadiendo sal lo más pura posible y menos tratada. (Con el agua de mar aportará más oligoelementos).

El pH del cultivo debe de estar entre 8,5 y 11,3, siendo el valor más adecuado el 10. Para conseguir un cultivo más básico debemos añadir bicarbonato sódico.

Nutrición del cultivo

Para un crecimiento adecuado de la espirulina se necesita una fuente de carbono, nitrógeno y minerales.

El carbono lo puede obtener a través del aire, mediante la fotosíntesis.

El problema es que la espirulina no puede filtrar el nitrógeno del aire, por eso hay que proporcionarlos a través de macronutrientes.

Los minerales como el hierro, se le suministran a través de sulfato de hierro o mediante trozos de hierro oxidado. La resta de minerales se obtiene mediante la sal marina y oligoelementos.



Aplicaciones:

Las dos aplicaciones principales de la espirulina son en la industria alimentaria y biocombustible.

Aplicación alimentaria:

El uso alimentario de la espirulina se remonta al siglo IX y fue utilizada por los aztecas en México durante el siglo 16. La espirulina fue descubierta en una misión científica europea mientras los nativos la recolectaban para fabricar pasteles con esta. La espirulina era un alimento básico de muchas de sus comidas.

Actualmente la espirulina se utiliza como suplemento alimentario para reforzar la alimentación. La espirulina sirve para combatir la malnutrición aguda en las situaciones de ayuda humanitaria.

Por eso hoy en día la cianobacteria está siendo un gran pilar para las industrias nutraceuticas, incluyendo los suplementos alimenticios para humanos y animales, También la espirulina juega un papel importante a la hora de los aportes beneficiosos terapéuticos, para la prevención de enfermedades como el cáncer, diabetes y problemas de corazón

Hoy en día la espirulina se puede comprar en cualquier farmacia o centro nutricional, lo cual aumenta su compra ya que se puede comprar sin restricción.



Aplicación biodiesel:

Hoy en día se está estudiando la espirulina como una fuente de energía renovable para la producción de biocombustible,, ya que mediante la fotosíntesis coge el CO₂, que es uno de los principales gases que provoca el efecto invernadero.

También se está utilizando la espirulina ya que no requiere un exhaustivo trabajo para su producción. Después mediante la digestión anaerobia el proceso de degradación de materia orgánica (carbohidratos, proteínas, lípidos) para ser convertido en biogás Pero antes de la digestión anaerobia debe de tratarse para ayudar hacer la digestión anaeróbica, ya que las células poseen la pared celular que las protege de cualquier microorganismo.

Todos estos factores convierten el cultivo de Espirulina y su posterior uso en la digestión anaerobia, en una prometedora alternativa a las fuentes energéticas que están actualmente en uso. De hecho el cultivo de esta biomasa podría realizarse en aguas residuales y de este modo llevas la producción de una forma energética como el biogás a la bioremediación de aguas residuales.



Objetivo:

-**Hipótesis:** ¿Puede ser la espirulina un alimento esencial en la dieta humana?

-Realizar (construcción) fotobiorreactor abierto para el cultivo de la cianobacterias

- Llegar a tener un cultivo estable con la finalidad de obtención de la espirulina para alimentación.

- Mantener el cultivo estable para la continua producción de espirulina y conseguir la extracción de esta para su consumo

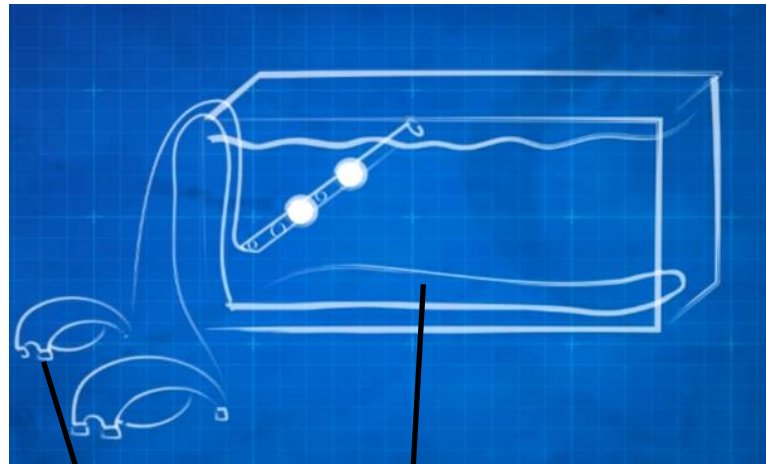
Variables:

Independiente: Temperatura (°C), pH, agitación, CO₂

Dependiente: Crecimiento

Diseño:

El diseño que va a tener el biorreactor es con una pecera como recipiente y crear corrientes con una bomba de aire con distintos tubos. Constará también con un termómetro y un calentador para mantener la temperatura constante.



Bombas de aire: introducir CO2 y crear una corriente de agua continua.

Medio de cultivo: Consta de las cepas de espirulina, que son 2 L y también contiene los nutrientes

He creado un grupo control con 250 mL de la cepa de espirulina para ver el crecimiento más detalladamente y en caso de que al cultivo principal le sucediera alguna cosa con la cual no pueda seguir con ese cultivo, podría empezar con este grupo control.

La hipótesis que yo puse al principio es: ¿Podría ser la espirulina el alimento del futuro? En mi práctica voy a comprobar esa hipótesis de manera que veré si es factible cultivar en casa para el propio consumo. Los requisitos o necesidades que se necesitan para obtener una máxima producción.

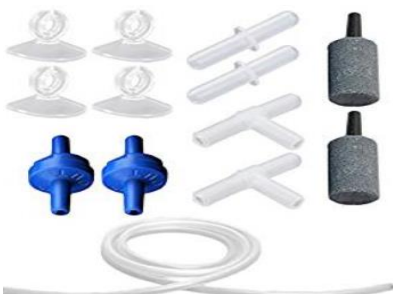
Materiales:



Pecera de cristal con capacidad de 11 litros de agua, con unas medidas de 30 centímetros de largo, 18 centímetros de ancho y 20 centímetros de alto. Sin bordes y con silicona negra ultra resistente al agua



Bomba de aire para oxigenar acuarios de manera silenciosa y eficaz. Consta de dos salidas por las que sale el aire a 1,8 l/min. Tiene una potencia de 3 W y un voltaje de 240 V



Complementos para la bomba de aire. Contiene 3 metros de cable de 4mm de diámetro, 2 piedras difusoras de aire, 4 intersecciones para el cable y 2 válvulas de solo un sentido



Termómetro digital con un largo cable con un sensor sumergible, una pantalla LDC. Puede medir la temperatura del acuario; Celsius y Fahrenheit la conversión de la temperatura.



Calentador Tetra HT automático con una potencia de 25 W y mantiene una temperatura estable. Tiene unos parámetros de temperatura comprendidos entre los 19° C a 31° C, con intervalos de 0, 5° C.

Tubo de boro silicato extra grueso 2mm resistente a la temperatura y a los golpes.



Botellas con espirulina. Cada botella contiene un litro de cepa de espirulina, con un cultivo con todo lo necesario para su crecimiento. Las botellas son enviadas en envío exprés para evitar que se agobien y mueran, ya que van cerradas y con un límite de oxígeno.



Tiras controladores de pH, para mantener un nivel constante de acidez. Consta de 100 tiras de papel especial y una clasificación dependiendo el color.



Recipiente para medir cantidades. Un total de 1000 ml, dividido en intervalos de 100 ml. Con un pico en la parte superior para facilitar el vertido del contenido



Nutrientes para el cultivo de la espirulina que contiene: nitrato potásico, fosfato mono amónico, sulfato di potásico, sulfato de magnesio, solución de hierro y cal. Hay que disolverlos en 5 litros de agua para crear el alimento.

Montaje del biorreactor

Primer diseño y montaje:

- Este es el primer montaje que diseñe para la pecera y como distribuí todo los componentes para intentar crear un buen biorreactor. Después en el segundo intento modificare alguna de las cosas



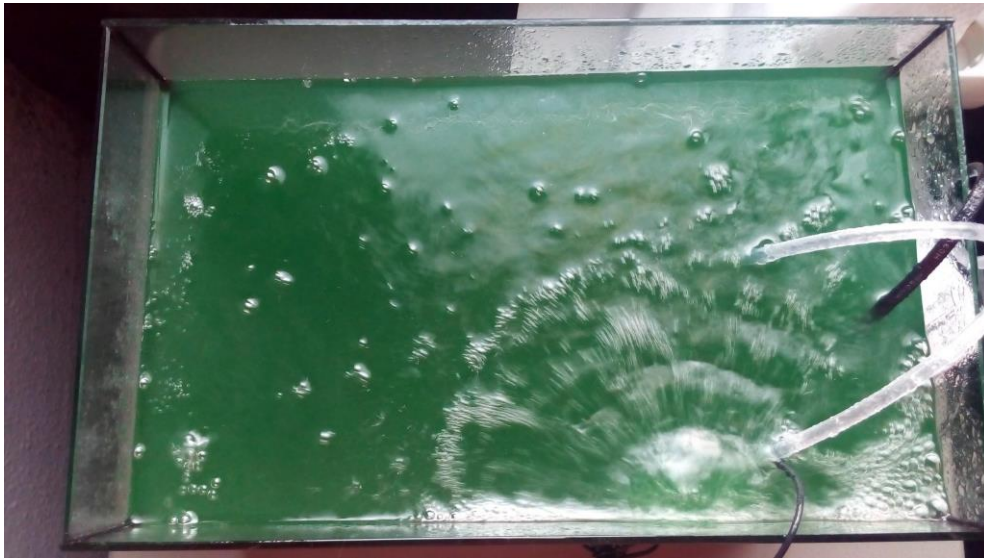
- El primer paso consiste en colocar el termómetro en la posición que se desee y el receptor situarlo en una zona centrada del acuario.



- Seguidamente colocamos el calentador acuático, en la posición más óptima, por ejemplo en mi caso tenía que ser vertical dadas las dimensiones de la pecera. No existe una posición más adecuada que otra, sino lo importante es mantener una buena corriente de agua para calentarla uniformemente



- Seguimos colocando la bomba de oxígeno, con los dos tubos por donde saldrá el aire. En mi caso están situados en vértices opuestos con una pequeña curvatura, para intentar crear una corriente. Es muy importante crear una corriente para que el agua esté en constante movimiento. También es importante que contenga un sombreado del 50 % para que el sol no le dé directamente



Este fue el primer montaje que utilicé. Y mi espirulina acabó muriendo, creo yo por problema de temperatura, ya que fue en la época de invierno y es cuando se dividen y disminuyen su número

Segundo diseño y montaje:

- Esta es la segunda distribución que diseñe para la pecera, después que en el primer diseño no obtuviera resultados, he incluso se me murieran.



- El primer paso es colocar el termómetro, mediante una ventosa, y el receptor en una posición más o menos centrada para que capte bien la temperatura.



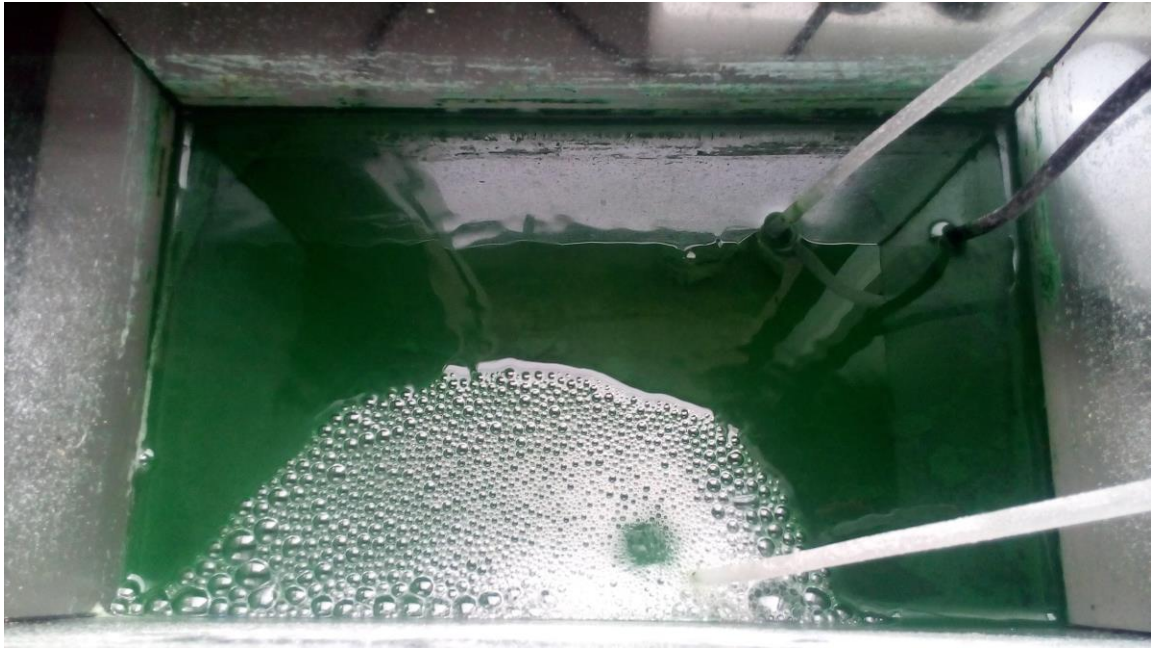
- Aquí observamos la primera diferencia con el primer montaje que hice. En este caso al colocar la bomba de aire, colocamos tan solo un tubo, el cual tendrá la parte final obstruida y habrán pequeñas perforaciones a lo largo del tubo cada centímetro, las perforaciones tiene el tamaño de un alfiler y están en vertical es decir hay dos orificios cada centímetro.



Ahora colocamos el calentador de forma que esté totalmente sumergido. En este segundo biorreactor habrá una leve diferencia de temperatura respecto al primer biorreactor.



- En este segundo biorreactor añadiremos una nueva forma de crear corriente en el agua, y será mediante un tubo que se encontrará sumergido por la mitad, dejando que entre agua por el orificio de abajo. En el orificio de abajo, sacaremos otro tubo de aire de la bomba de oxígeno y lo acoplamos a esta parte inferior del tubo, esto creará que al encender el aire empezará a soltar burbujas hacia la superficie, pero como está cubierto de agua también llevará el agua de las profundidades a la parte superior. Al salir el agua y volver a caer creará pequeñas olas que servirán para crear una pequeña corriente.



- Este sería el aspecto del segundo biorreactor montado y en funcionamiento ya produciendo espirulina. Observamos que la agitación se produce mediante un difusor de oxígeno que produce una capa de burbujas.

Recolección:

Este proceso es mediante el cual obtendremos la espirulina para poder darle el uso que nosotros queramos. Nosotros utilizaremos un colador de tela para poder filtrar la espirulina, para ello necesitaremos una red de filtrado de 40 micras.

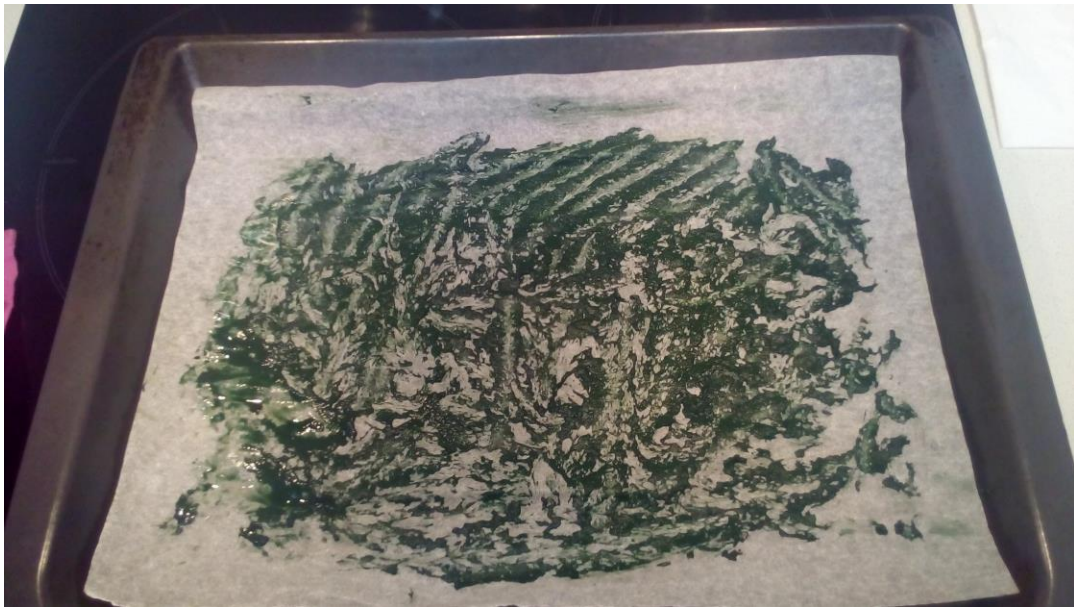


Lo primero que vamos a hacer es separar 1 litro del líquido de la pecera, que será el cual utilizaremos para continuar utilizando el biorreactor y continuar recolectando espirulina.



Después de haber separado lo que queremos mantener, mediante el colador de tela filtraremos todo el líquido restante. En el colador se nos dejará depositado una masa viscosa la cual tendremos que verter en algún recipiente para poder esparcirla en capas menores de 3mm.

Después de haber creado esas capas lo tendremos que meter al horno para que comience la deshidratación. Que es el proceso mediante los alimentos pierden el agua de su interior, para ello tendremos que mantener una temperatura de unos 20 grados y dejar la puerta del horno medio abierta



para que se mantenga una corriente de aire constante porque sino lo que provocaremos será que se quemen en vez de deshidratarse. Este proceso llevará unas 5 horas.

Y el resultado será una especie de escamas la cuales ya se puedes comer a pesar de su sabor salado. Para poder conservar la espirulina, es necesario que se conserven en frío y a poder ser intentando evitar el contacto con otros alimentos.



Cómo comerla

Para aprovechar al máximo las propiedades de la espirulina fresca, conviene no cocerla. A partir de 42°C, algunos nutrientes frágiles empiezan a ser desnaturalizados por el calor. Es el caso de las vitaminas por ejemplo, las enzimas, los pigmentos antioxidantes, etc.

La vitamina C permite al organismo asimilar el hierro de los alimentos. Por ello, ingerir espirulina junto con una fuente de vitamina C asegura una asimilación óptima del hierro contenido en la espirulina. Una buena manera de consumir la espirulina puede ser en ayunas junto con un zumo de frutas como el limón, la naranja o el kiwi.

De forma general, la espirulina puede acompañar cualquier tipo de plato. La espirulina fresca correctamente escurrida apenas tiene sabor: se puede asimilar al gusto de las avellanas o espinacas frescas.

La cantidad de ingesta diaria de espirulina recomendada variará según los beneficios buscados. Un deportista en fase de entrenamiento o de competición puede consumir fácilmente 10 a 12 g de espirulina seca al día,

mientras que una persona consumiendo espirulina para su bienestar y reforzar su vitalidad consumirá entre 2 y 5 g de espirulina seca al día.

Es importante conocer que no hay problemas ante sobredosis en el consumo de espirulina. El único problema que podría ocasionar en algunas personas, es el efecto limpiador que tiene la espirulina sobre el cuerpo humano.



Recetas con espirulina:

Si vas a utilizarlo en batidos, zumos o smoothies, puedes equilibrar el sabor general combinando el polvo de espirulina con frutas dulces como plátano, piña y mango.



-Lo puedes mezclar con 2 cucharaditas de comino, pimentón y chile en polvo, y espolvorearlo sobre una ensalada mexicana o en el horno con patatas asadas.

-Espolvorea 1 cucharada de espirulina en polvo sobre las palomitas de maíz recién estalladas.



-En un guacamole con 2 aguacates pelados, el zumo de 1 lima, 1 tomate picado y sal, pimienta y ajo en polvo al gusto. Añade 1 ó 2 cucharadas de polvo de espirulina a los ingredientes del guacamole y mezcla bien.



-Haz tu propio chocolate de espirulina derritiendo una barra de chocolate negro ecológico al baño María, añadiéndole 1 cucharadita de polvo de espirulina y dejando que se vuelva a solidificar otra vez.



O una bebida para después de hacer ejercicio. Con 2 tazas de agua filtrada, 1 cucharada de zumo de limón, 1 cucharadita de jarabe de arce o azúcar de coco, 1 cucharadita de polvo de espirulina, 2-5 gotas stevia (opcional) y una pizca de sal marina.

RISOTTO A LA ESPIRULINA

Para 2 a 3 personas Ingredientes: 1/2 calabacín, 1 chalota, 150g de arroz redondo para risotto, 10cl de vino blanco, 1/2 litro de caldo de verduras, 3 cucharadas de nata fresca, queso al gusto, 1 cucharada de aceite de oliva, 1 cucharada de espirulina seca o 2 cucharadas de espirulina fresca, sal y pimienta. Dorar 5 minutos la chalota y el calabacín en el aceite. Añadir el arroz. Dejar 3 minutos removiendo. Cuando los granos de arroz se vuelven translúcidos, añadir el vino blanco y dejar a fuego medio hasta absorción completa. Añadir poco a poco el caldo hasta que el arroz quede hecho. Añadir la nata y mezclar. Antes de servir añadir la espirulina y el queso y homogeneizar.

TRUFAS ENVUELTAS DE ESPIRULINA

Ingredientes: 450 g de chocolate para cocinar, 25 cl de nata líquida, espirulina seca, polvo de cacao. En una fuente, rallar el chocolate o cortarlo finito. Hervir la nata y verterla sobre el chocolate. Remover hasta obtener una mezcla homogénea. Dejar enfriar. Preparar el rebozado: mezclar el cacao en polvo con la espirulina. Cuando la mezcla de chocolate con nata ya está enfriada, hacer pequeñas bolitas y rebozarlas.

Resultados Obtenidos y Conclusión

FECHA	HORA	Tº AMBI	Tº CULT	pH ant.	COLO R	DEN SID AD.	CULTIV O LITROS	LITRO S TOTAL	pH FINAL	DENS FINAL
17-5-18	8:00	20º	27'5º	-	V.O	-	3	6	8	3,5
18-5-18	8:00	20º	27'5º	8	V.O	3,5	3	6	8	3,5
19-5-18	8:00	20º	27'5º	8	V.O	3,5	3	6	8	3,5
20-5-18	8:20	20º	27'4º	8	V.O	3,5	3	6	8	3
21-5-18	8:50	20º	27'6º	8	V.O	3	3	6	8	3
22-5-18	9:00	20º	27'1º	8	V.O	3	3	6	8	3
23-5-18	7:55	20º	27'6º	8	V.O	3	3	6	8	2
24-5-18	8:25	20º	27'3º	8	V.O	2	3	6	8	2
25-5-18	8:35	20º	27'7º	8	V.O	2	3	6	9	2
26-5-18	8:20	20º	27'2º	9	V.O	-2	3	6	9	1,5
27-5-18	7:30	20º	27'9º	9	V.O	1,5	3	6	9	1,5
28-5-18	7:50	20º	27'3º	9	V.O	1,5	3	6	9	1,5
29-5-18	8:00	20º	27'6º	9	V.O	1,5	3	6	9	1
30-5-18	7:20	20º	27'3º	9	V.O	1	3	6	9	1
31-5-18	8::00	20º	27'5º	9	V.O	1	3	6	+9	-1
1-6-18	8:00	20º	27'6º	9	V.O	-1	3	6	9	-1
2-6-18	8:40	20º	27'3º	9	V.O	-1	3	6	9	-1

Esta gráfica fue la primera recolección que hice, al cabo de 17 dias ya tenia la densidad suficiente para hacer la recolección. Está fue la más difícil, ya que no tenía muy claro si ya estaba. Al final conseguí 4, 3 g de espirulina seca, la cual me sirvió para ver su aspecto, color y sabor.

FECHA	HORA	Tº AMBI	Tº CULT	pH ant.	COLO R	DEN SID AD.	CULTIV O LITROS	LITRO S TOTAL	pH FINAL	DENS FINAL
3-6-18	7:30	20º	27'5º	-	V.O	-	2	4	9	4
4-6-18	8:00	20º	27'4º	9	V.O	4	2	4	9	4
5-6-18	8:20	20º	27'2º	9	V.O	4	2	4	9	4
6-6-18	8:10	20º	27'5º	9	V.O	4	2	4	9	4
7-6-18	8:45	20º	27'5º	9	V.O	4	2	4	9	3
8-6-18	7:30	20º	27'8º	9	V.O	3	2	4	9	3
9-6-18	7:45	20º	27'8º	9	V.O	3	2	4	9	3
10-6-18	8:15	20º	27'5º	9	V.O	3	2	4	9	3
11-6-18	8:30	20º	27'8º	9	V.O	3	3	5	9	3
12-6-18	7:25	20º	27'8º	9	V.O	3	3	5	9	2
13-6-18	8:40	20º	27'5º	9	V.O	2	3	5	9	2
14-6-18	8:45	20º	27'8º	9	V.O	2	3	5	9	2
15-6-18	8:50	20º	27'7º	9	V.O	2	3	5	9	2
16-6-18	8:00	20º	27'2º	9	V.O	2	3	5	9	-2
17-6-18	7:15	20º	27'6º	9	V.O	-2	3	5	9	-2
18-6-18	8:35	20º	27'4º	9	V.O	1	3	5	9	+1
19-6-18	8:5	20º	27'5º	9	V.O	1	3	5	9	1

Esta es la segunda recolección de espirulina que hice. ME di cuenta que también pasaron 17 días, lo que me llevó a pensar que y deducir que cada X tiempo fijo se puede recolectar (Todo esto si siempre mantenemos las variables constantes durante todo el tiempo con unas mínimas variaciones)

En esta recolección conseguí 3,4 g de espirulina seca

FECHA	HORA	Tº AMBI	Tº CULT	pH ant.	COLO R	DEN SID AD.	CULTIV O LITROS	LITRO S TOTAL	pH FINAL	DENS FINAL
20-6-18	7:45	20º	27'3º	-	V.O	-	3	5	9	4
21-6-18	8:15	20º	27'4º	9	V.O	4	3	5	9	4
22-6-18	8:40	20º	27'7º	9	V.O	4	3	5	9	4
23-6-18	8:10	20º	27'2º	9	V.O	4	3	5	8	2
24-6-18	9:0	20º	27'6º	8	V.O	4	3	5	9	3
25-6-18	7:30	20º	27'5º	9	V.O	3	3	5	9	3
26-6-18	7:25	20º	27'2º	9	V.O	3	3	5	9	3
27-6-18	7:15	20º	27'8º	9	V.O	3	3	5	9	3
28-6-18	9:30	20º	27'6º	9	V.O	3	3	5	8	2
27-6-18	6:55	20º	27'5º	8	V.O	3	3	5	9	2
28-6-18	8:20	20º	27'4º	9	V.O	2	3	5	9	2
29-6-18	8:55	20º	28'1º	9	V.O	2	3	5	9	2
30-6-18	8:10	20º	27'º6	9	V.O	2	3	5	9	-2
1-7-18	7:00	20º	27'º1	9	V.O	2	3	5	9	-2
2-7-18	6:15	20º	27'º8	9	V.O	-2	3	5	9	+1
3-7-18	8:20	20º	27'º5	9	V.O	1	3	5	9	1
4-7-18	8:50	20º	27'4º	9	V.O	1	3	5	9	1

En esta recolección también lo hice al cabo de 17 días. En esta se mantuvieron constante los valores con variaciones mínimas. Conseguí recolectar 4.1 g.

FECHA	HORA	Tº AMBI	Tº CULT	pH ant.	COLO R	DEN SID AD.	CULTIV O LITROS	LITRO S TOTAL	pH FINAL	DENS FINAL
5-7-18	7:45	20º	27'2º	-	V.O	-	2	4	9	4
6-7-18	7:20	20º	27'3º	9	V.O	4	2	4	9	4
8-7-18	8:50	20º	27'9º	9	V.O	4	2	4	9	4
9-7-18	8:30	20º	27'3º	9	V.O	4	2	4	9	+3
10-7-18	8:25	20º	27'8º	9	V.O	4	2	4	10	3
11-7-18	7:15	20º	27'4º	10	V.O	3	2	4	10	3
12-7-18	7:10	20º	27'6º	10	V.O	3	2	4	10	3
13-7-18	7:40	20º	27'7º	10	V.O	3	2	4	10	-3
14-7-18	7:35	20º	27'1º	10	V.O	3	3	5	9	-3
15-7-18	9:10	20º	27'4º	9	V.O	3	3	5	9	+2
16-7-18	8:30	20º	27'5º	9	V.O	2	3	5	9	+2
17-7-18	8:25	20º	27'3º	9	V.O	2	3	5	9	2
18-7-18	7:45	20º	27'8º	9	V.O	2	3	5	9	2
19-7-18	8:10	20º	27'6º	9	V.O	2	3	5	9	+1
20-7-18	8:45	20º	27'7º	9	V.O	-2	3	5	9	1
21-7-18	7:55	20º	27'3º	9	V.O	1	3	5	9	-1
22-7-18	7:40	20º	27'4º	9	V.O	1	3	5	9	-1

En estos 17 días se me presentó una variación de pH, durante 4 días el pH aumentó a 10 (aún sin ser dañino), entonces decidí echarle bicarbonato sódico para hacer el medio más básico. En este ciclo conseguí sacar 3,2 g de espirulina seca.

FECHA	HORA	Tº AMBI	Tº CULT	pH ant.	COLO R	DEN SID AD.	CULTIV O LITROS	LITRO S TOTAL	pH FINAL	DENS FINAL
23-7-18	7:10	20º	27'3º	-	V.O	-	2	4	9	4
24-7-18	8:55	20º	27'2º	9	V.O	4	2	4	8	4
25-7-18	8:40	20º	27'3º	8	V.O	4	2	4	8	4
26-7-18	8:20	20º	27'9º	8	V.O	4	2	4	8	4
27-7-18	8:20	20º	27'8º	8	V.O	4	2	4	9	3
28-7-18	7:25	20º	27'7º	9	V.O	3	2	4	9	3
29-7-18	7:50	20º	27'5º	9	V.O	3	2	4	9	3
30-7-18	8:10	20º	27'1º	9	V.O	3	2	4	9	3
31-7-18	8:35	20º	27'2º	9	V.O	3	3	5	9	3
1-8-18	7:55	20º	27'6º	9	V.O	3	3	5	9	2
2-8-18	8:50	20º	27'7º	9	V.O	2	3	5	9	2
3-8-18	8:45	20º	27'4º	9	V.O	2	3	5	9	2
4-8-18	8:30	20º	27'3º	9	V.O	2	3	5	9	2
5-8-18	8:20	20º	27'5º	9	V.O	2	3	5	8	-2
6-8-18	7:10	20º	27'4º	8	V.O	-2	3	5	8	-2
7-8-18	8:15	20º	27'º	8	V.O	1	3	5	9	+1
8-8-18	8:45	20º	27'4º	9	V.O	1	3	5	9	1

Esta fue la última recolección, la cual no hubo ninguna gran variación. Conseguí 4,6 g de espirulina seca.

El total de espirulina que conseguí sacar fue de 19,6 gramos de espirulina seca.

A partir de los datos obtenidos afirmo la hipótesis planteada: ¿Puede ser la espirulina un alimento esencial en la dieta humana? .Con la cantidad obtenida sería suficiente para uso alimentario, pero hay que tener en cuenta el tamaño del biorreactor (más grande, más cantidad)

Empresas dedicadas a la producción de espirulina

Espirulina ASN

ASN LEADER, S.L. es una empresa Española dedicada al cultivo de ASN Espirulina y su comercialización, siguiendo estrictos controles de calidad y sanidad en cada uno de los procesos. A parte de ASN Espirulina, nuestro producto principal, también comercializamos otros productos: ASN Carotenoides, ASN Jojoba, ASN Masajeador y Haqter-Q, que al igual que nuestra Espirulina, son productos naturales de máxima calidad.

ASN Espirulina se cultiva con aguas limpias y mineralizadas de nacimiento del Parque Natural de Sierra Espuña (Murcia). El secado de nuestra Espirulina se hace de forma natural, mediante el secado solar, como hace miles de años secaban los aztecas.



KORU Espirulina

Koru Espirulina es una planta de cultivo artesanal de espirulina. Nos encontramos en plena naturaleza en el corazón de la Sierra de Gata (Acebo), rodeados de bosques autóctonos y alejados de núcleos urbanos. Un entorno natural donde se respira aire limpio y que posee un agua de gran pureza.

Koru Espirulina es una empresa sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Nuestra espirulina crece en el interior de un invernadero lo que la protege de posibles agentes externos.



Algalimento

ALGALIMENTO es una empresa fundada en el año 2012, cuya misión es producir micro algas, garantizando los máximos estándares de la calidad y seguridad e higiene de sus productos.

Esta idea de negocio nace de tres empresas canarias, Juliano Bonny Gómez SL, Grupo Satocan Desarrollos SL y la Fundación Lidia García, cuyo objetivo es ampliar su experiencia en el mundo de la biotecnología, en concreto en el de la producción de micro algas con desarrollos a escala industrial.

ALGALIMENTO mantiene un convenio de colaboración con el Instituto Tecnológico de Canarias, que lleva más de diez años trabajando en este campo, transfiriendo a ALGALIMENTO su experiencia y conocimiento y formando a nuestros técnicos en el campo de la biotecnología



NEOALGE

Somos una empresa de base tecnológica con sede social en Asturias, que desarrolla sus actividades en el sector de la biotecnología de microalgas.

NEOALGAE nace en 2012 con el objetivo de llenar la brecha que existe entre la escala de laboratorio y los procesos industriales en el campo de las aplicaciones de las microalgas.



XARXAEspirulina

El objetivo principal es: *Promocionar el cultivo autónomo a pequeña escala de espirulina por la soberanía alimentaria.*

La Red Internacional de Cultivadores de Espirulina para la Soberanía Alimentaria nace el año 2009 con el objetivo de divulgar la espirulina cultivada a pequeña escala y de forma artesanal para poder disponer de una alimentación sana, saludable, autosuficiente y de forma respetuosa con el entorno.

Nosotros también otorgamos la posibilidad de que nos podáis comprar un kit de cultivo con todo lo necesario para que cada persona pueda tener el suyo en casa. Funcionamos con precio libre de mercado, es decir, que cada



uno aporta la cantidad que le sea posible y justa.

En esta empresa debo remarcar que ha sido la cual he podido conseguir el inocuo de espirulina, formularle preguntas y obtener bastante información que me ha sido útil para mi proyecto.

También al yo hablarles de mi trabajo se interesaron y me preguntaron que si no me importaba al finalizar mi trabajo que se lo enviara y ellos lo pondría en su página web para que todo el mundo interesado pudiera verlo.

Webgrafía

- Empresa Koru Espirulina. ¿Quiénes somos? .Información sobre la empresa Koru en España, vendedores de espirulina. Web: <<https://koruespirulina.com/contacto/>>
- supernatural. Página web donde se explican las principales aplicaciones de la espirulina. Web: <<http://www.supernatural.cl/nutrispirulina.asp>>
- Ecospirulina. Cultivo sostenible de la Espirulina. Información sobre el cultivo de espirulina. Web: <<https://ecospirulina.es/marca-especializada-alta-calidad/cultivo-sostenible-espana/#cultivo-artesanal>>
- cienciaybiologia. Conceptos de la espirulina. Información sobre aspectos nutricionales de la espirulina. Web: <<https://ecospirulina.es/marca-especializada-alta-calidad/cultivo-sostenible-espana/#cultivo-artesanal>>
- Botánica. Propiedades de la Espirulina. Clasificación de la espirulina y propiedades. Web: <<https://ecospirulina.es/marca-especializada-alta-calidad/cultivo-sostenible-espana/#cultivo-artesanal>>
- Espirulina.es. ¿Qué es la espirulina? .Conocimientos sobre la espirulina. Web: <<http://www.espirulina.es/>>
- Algaespirulina. Historia sobre la espirulina. Origen i historia de la espirulina. Web: <<https://www.algaespirulina.mx/web/alga-espirulina-historia.html>>

-Xarxaespirulina. Empresa productora y vendedora de espirulina. Donde he comprado los inocuos y he conseguido información sobre la espirulina. Web: <<http://www.xarxaespirulina.cat/es/contacta-2/>>

-Algalimento. Empresa vendedora de espirulina. Información sobre ellos. Web: <<http://www.algalimento.com/quienes-somos/>>

-Koru. Información sobre la empresa. Web: <<https://koruespirulina.com/sobre-koru-espirulina/>>

-Koru. Página principal de la empresa. Web: <<https://koruespirulina.com/Z>

-BioingenieríaUB. Biorreactores y su aplicación. Información de los biorreactores. Web 1: <<https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-2-biorreactores-y-su-aplicacion>>

Web 2: <<https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-2-biorreactores-y-su-aplicacion/2-5-aplicaciones-de-los-biorreactores>>

-Biocombustible. Como utilizar la espirulina de combustible. Web: <<https://www.vix.com/es/ciencia/187963/el-alga-espirulina-no-solo-sirve-para-tu-dieta-tambien-es-combustible>>

-Superalimento. Espirulina como un superalimento. Web: <<https://www.superalimentos.es/espirulina/>>

-Xarxaespirulina. Documento donde aparece información sobre la espirulina. Web: <<http://www.xarxaespirulina.cat/wp-content/uploads/2010/07/manual-cultivo-espirulina-bq-1.pdf>>

-XarxaEspirulina. Kit de cultivo para empezar tu propio biorreactor. Web:
<<http://www.xarxaespirulina.cat/es/kit-de-cultivo/>>

-Espirulina.es. Beneficios de la espirulina. Web:
<<http://www.espirulina.es/beneficios.html>>

-https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2018-03-02/espirulina-suplemento-alimento_1485673/

Videos

-<https://www.youtube.com/watch?v=AFedTRwcdVs>

-<https://www.youtube.com/watch?v=oqRBUNz9CP4>

-<https://www.youtube.com/watch?v=7UHKy2yNaCY>

-<https://www.youtube.com/watch?v=hhGsfqJrzwk>

-https://www.youtube.com/watch?v=kNiD_unixXM

-<https://www.youtube.com/watch?v=BTcE9OBGhJg>

-https://www.youtube.com/watch?v=AWxI_5qYfGY