



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EXTRACTOS DE ALGAS: COMO HERRAMIENTAS EN EL MANEJO
INTEGRADO DE ENFERMEDADES

IÑIGUEZ LUZÓN ARIANA VANESSA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EXTRACTOS DE ALGAS: COMO HERRAMIENTAS EN EL
MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

IÑIGUEZ LUZÓN ARIANA VANESSA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

EXTRACTOS DE ALGAS: COMO HERRAMIENTAS EN EL MANEJO INTEGRADO
DE ENFERMEDADES

IÑIGUEZ LUZÓN ARIANA VANESSA
INGENIERA AGRÓNOMA

JARAMILLO AGUILAR EDWIN EDISON

MACHALA, 27 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA
27 de febrero de 2023

EXTRACTOS DE ALGAS: COMO HERRAMIENTAS EN EL MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES1

por Ariana Vanessa Iñiguez Luzon

Fecha de entrega: 22-feb-2023 10:24a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2020465037

Nombre del archivo: S_COMO_HERRAMIENTAS_EN_EL_MANEJO_INTEGRADO_DE_ENFERMEDADES1.docx
(1.26M)

Total de palabras: 4945

Total de caracteres: 28881

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, IÑIGUEZ LUZÓN ARIANA VANESSA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado EXTRACTOS DE ALGAS: COMO HERRAMIENTAS EN EL MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 27 de febrero de 2023

IÑIGUEZ LUZÓN ARIANA VANESSA
0706270147

RESUMEN

Existe mucha literatura que trata sobre el uso de algas y sus derivados en la agricultura, y son muchos los países que siguen esta práctica debido a los resultados satisfactorios en términos de rendimiento, calidad y mejora de los cultivos en las condiciones del suelo mediante la incorporación de materia orgánica. Este trabajo de revisión literaria tiene como tema, extractos de algas: como herramientas en el manejo integrado de enfermedades, y el objetivo del mismo es recopilar información sobre bioproductos a base de algas marinas, como herramientas dentro de un manejo integrado de enfermedades en los cultivos agrícolas. En el presente trabajo se presentarán 2 casos, en cual cada uno de ellos se verá influenciado por un tipo de alga diferente utilizada en la agricultura. En el caso I, se tratará sobre extracto de *Ulva fasciata* en el control de mancha angular en el cultivo de frejol, y el caso II se trata sobre el efecto del extracto de algas *Ascophyllum nodosum* sobre la morfología y capacidad celulolítica del hongo *Fusarium oxysporum f. sp. Vasinfectum*.

Palabras clave: algas, cianobacterias, bioestimulantes, bioantioxidantes, plaguicidas, biofertilizantes, macroalgas, microalgas.

ABSTRACT

There is a lot of literature that deals with the use of algae and its derivatives in agriculture, and there are many countries that follow this practice due to the satisfactory results in terms of yield, quality and improvement of crops in soil conditions by incorporating of organic matter. This literary review work has as its theme, algae extracts: as tools in the integrated management of diseases, and it is to collect information on bioproducts based on marine algae, as tools within an integrated management of diseases in agricultural crops. The present work will develop 2 cases, in which each of them will be influenced by a different type of algae used in agriculture. In case I, the extract of *Ulva fasciata* will be dealt with in the control of angular spot in the bean crop, and case II will deal with the effect of the extract of *Ascophyllum nodosum* algae on the morphology and cellulolytic capacity of the fungus *Fusarium oxysporum f. sp. Vasinfectum*.

Keywords: algae, cyanobacteria, biostimulants, bioantioxidants, pesticides, biofertilizers, macroalgae, microalgae.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVO:.....	5
DESARROLLO.....	6
ALGAS.....	6
HISTORIA DE LAS ALGAS.....	6
CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	7
ESTRUCTURA DE LAS ALGAS.....	7
CLASIFICACION DE LAS ALGAS.....	8
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ALGAS.....	9
MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE LOS PRINCIPIOS ACTIVOS DE LAS ALGAS.....	10
USOS DE LAS ALGAS EN LA AGRICULTURA.....	11
CASO I.....	12
EXTRACTO DE <i>Ulva fasciata</i> EN EL CONTROL DE MANCHA ANGULAR EN EL CULTIVO DE FREJOL. 12	
<i>Ulva fasciata</i>	12
Cultivo de frejol.....	12
Fenología.....	12
Mancha angular.....	13
Resultados obtenidos.....	14
CASO II.....	16
EFECTO DEL EXTRACTO DE ALGAS <i>Ascophyllum nodosum</i> SOBRE LA MORFOLOGÍA Y CAPACIDAD CELULOLÍTICA DEL HONGO <i>Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum</i>.....	16
<i>Ascophyllum nodosum</i>	16
<i>Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum</i>	16
Resultados obtenidos.....	16
CONCLUSIÓN.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	20

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estructura de las algas	8
Tabla 2.	Clasificación de las algas.....	9
Tabla 3.	Composición química de las algas.....	10
Tabla 4.	Método de extracción de los principios activos de las algas.....	11
Tabla 5.	Fenología del Frejol.....	13
Tabla 6.	Porcentaje de efectividad de distintos tipos de algas frente a enfermedades en diferentes cultivos agrícolas.	18

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Algas	6
Figura 2. ALGA <i>Ulva fasciata</i>	12
Figura 3. Hojas y vainas amarillentas y lesiones angulares.	13
Figura 4. Progreso eventual de la intolerancia de la mancha angular en los diferentes genotipos de frejol IPR Uirapuru, CF 22 y Mouro graúdo en los años 2005-2006 tratados con extracto de <i>Ulva fasciata</i>. 14	14
Figura 5. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de la mancha angular en los genotipos Mouro graúdo, CF 22 e IPR Uirapuru, tratados con <i>Ulva fasciata</i>, en los años 2005 (A) y 2006 (B). 15	15
Figura 6. Efecto del extracto de <i>Ascophyllum nodosum</i> sobre el diámetro medio del micelio (A), masa fresca de micelio (B) y esporulación (C) del hongo <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>vasinfectum</i>.	17
Figura 7. Aspecto morfológico de <i>F. oxysporum</i> f. sp. colonias de <i>vasinfectum</i> que muestran el efecto de las dosis de extracto de <i>A. nodosum</i> en la producción de micelio después de 7 días de incubación. ..	18

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la aparente necesidad de proteger el medio ambiente y combatir los impactos negativos que provoca el cambio climático en la agricultura ha reavivado y con gran aceptación el uso de extractos de plantas y algas para aumentar los rendimientos y para prevenir y tratar enfermedades en los cultivos. Estos extractos son productos biodegradables con baja o nula toxicidad para animales y humanos (López, 2020).

El uso de macroalgas es una de las alternativas más viable para el tratamiento de enfermedades en ciertos cultivos. A pesar de su potencial, las macroalgas rara vez se han estudiado como estimulantes fisiológicos o inductores contra el estrés biótico, las algas, pertenecientes principalmente al reino de los protistas, son organismos fotosintéticos poco organizados que viven en el agua o en un ambiente bastante húmedo. Este conjunto también incluye células de cianobacterias procariotas (Sarmiento, 2019).

En este marco, se conocen extractos adquiridos del género *Ulva spp.* y *Ascophyllum nodosum*, como uso preventivo para limitar las enfermedades fúngicas de varios cultivos de plantas muy importantes en el ámbito agrícola. Por ejemplo, extractos de *Ulva spp.* y *Ascophyllum nodosum*, aumentó el rendimiento en el cultivo de algodón, redujo la intolerancia de la antracnosis del frijol (*Colletotrichum lindemuthianum*) en un 44 %, la severidad del oídio en uvas, pepinos y frijoles en un 77 %, 80 % y 90 %. Asimismo, la aplicación preventiva de *Ulva spp.*, además de defender los cultivos de carretón (*Medicago truncatula*), del hongo *Colletotrichum trifolii*, va a activar genes implicados con la fitoalexina y la biosíntesis de proteínas en relación con la patogénesis y paredes celulares. (Bettiol, 2006).

OBJETIVO: Recopilar información sobre bioproductos a base de algas marinas, como herramientas dentro de un manejo integrado de enfermedades en los cultivos agrícolas.

DESARROLLO

ALGAS

Las algas se conocen como organismos morfológicos simples, incapaces de formar un verdadero tejido o regular el contenido de agua, que habitan ecosistemas acuáticos marinos o de agua dulce y, dependiendo de su tamaño, pertenecen al grupo de productores primarios que realizan la fotosíntesis a través de la clorofila. Las macroalgas y microalgas tienen una organización morfológica simple, desde microalgas unicelulares hasta macroalgas con estructuras llamadas talos (Vásquez, 2021).



Figura 1. Algas

Fuente: Ecología verde, (2022)

HISTORIA DE LAS ALGAS

Hace más de dos décadas, las investigaciones comenzaron a identificar sustancias con actividad inhibidora del crecimiento bacteriano a partir de extractos de diferentes tipos de algas, recolectadas en diferentes lugares y en diferentes épocas del año (Rodríguez, 2009).

En 1951, Robertson Pratt y sus colaboradores postearon una de las primeras publicaciones en las que resumieron sus resultados y concluyeron que los extractos obtenidos de varias algas marinas y los extractos acuosos exhibían actividad antibacteriana, incluso posiblemente debido a los iones yoduro, y mostraban una estrecha relación entre el contenido de la sustancia activa y el tiempo de recolección de las algas (Rodríguez, 2009).

Más tarde, los investigadores H. Mautner, G. Gardner y R. Pratt en otra publicación de 1953 confirmaron el descubrimiento de la actividad de algunos extractos aromáticos de algas rojas contra cultivos de diversas bacterias patógenas; enfatizaron la inestabilidad del ingrediente activo y

concluyeron que la actividad puede estar relacionada con la estructura molecular de los fenoles bromados (Rodríguez, 2009).

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las algas suelen vivir en ambientes muy húmedos o en el agua (algunas excepciones son la tierra colonizada). En cuanto al modo trófico, no todas las algas son exclusivamente autótrofas, y además de la fotosíntesis hay algas que pueden alimentarse heterótrofamente (son mixotróficas). Las plantas terrestres y las algas no son los únicos organismos capaces de realizar la fotosíntesis. (Zermeño, 2015).

Inicialmente, cuando los organismos solo se clasificaban como plantas o animales, los biólogos agrupaban a las algas con plantas, pero hoy en día muchas se agrupan con protistas. Los protozoos - también protistas- son heterótrofos, las algas, en cambio, son autótrofas, capaces de realizar la fotosíntesis; pero ambos están compuestos por células eucariotas. Hay más de 30.000 especies conocidas de algas, desde microscópicas hasta gigantes, que pueden alcanzar hasta los 100 metros (JARA, 2021).

Los caracteres importantes que la diferencian de otros vegetales fotosintéticos (plantas terrestres) son:

- ausencia de embriones verdaderos (por lo tanto, no son embriofitos),
- ausencia de vainas multicelulares alrededor de gametangios y esporangios (excepto caráceas).

La forma de distinguirse de los hongos, es que los mismos carecen de capacidad fotosintética. Es un grupo polifilético (no un grupo familiar) y, por lo tanto, sigue siendo útil para describir los ecosistemas acuáticos, pero ya no se usa en las clasificaciones taxonómicas científicas modernas (Josefa, 2021).

ESTRUCTURA DE LAS ALGAS

Las algas Pluricelulares carecen de los complejos tejidos de xilema y floema de las plantas vasculares. Esto no significa que todas las algas estén completamente desprovistas de estructuras especializadas. Pero dado que los botánicos definen (verdaderos) tallos, hojas y raíces por la presencia de estos tejidos, su ausencia en las algas significa que las estructuras equivalentes de tallo y hojas presentes en algunos grupos de algas deben describirse utilizando una terminología diferente, todas multicelulares (Josefa, 2021).

Las algas son estructuralmente complejas, el talo o cuerpo del alga típicamente tiene una o más partes distintivas:

ESTRUCTURAS	
RIZOIDE	También llamado pie o disco, son estructuras similares a raíces presentes en la base de las algas que sirven para anclar las algas al sustrato y, a diferencia de las raíces, son los órganos principales para la absorción de agua y nutrientes. .
ESTIPE	En correspondencia con el tallo, crecen como estructuras cortas en la base de las algas, como laminaria, o estructuras más grandes, como sargassum y macrocystis. Estas regiones incluyen la médula central, la corteza circundante y la epidermis externa, cada una de las cuales tiene análogos en el tallo de las plantas vasculares.
LÁMINAS	Son las partes planas de las algas que corresponden a las hojas. Algunas algas tienen una sola lámina, mientras que otras pueden tener muchas. Las láminas se pueden unir directamente al estipe, directamente al rizoide si el estipe está ausente, o puede haber una cámara de aire entre el estipe y la lámina. Al conjunto de estipe y láminas se le denomina fronda (sería el equivalente al follaje de las plantas). Las vesículas llenas de gas llamadas sacos de aire proporcionan flotabilidad a muchas algas marinas y miembros del orden Fucus. Estas estructuras similares a vejigas a menudo se ubican en las hojas o cerca de ellas para acercarlas a la superficie y recibir más luz para la fotosíntesis.

Tabla 1. Estructura de las algas

Fuente: Autor

CLASIFICACION DE LAS ALGAS

Hay algunas diferencias en la clasificación de las algas; En general, sin embargo, se pueden dividir en tres grandes grupos: microalgas, macroalgas y verdaderas plantas vasculares, que a su vez se dividen en diferentes grupos (López, 2020).

Tipo de alga	Características
Microalgas	
Filo-pirrofitas (dinoflagelados)	En su mayoría son unicelulares, que tienen dos flagelos de longitud distinta. La célula se encuentra desnuda o va provista de una cubierta más o menos dura. Presentan forma de vida parasitaria o depredativa.
Filo-crisófitas	Conocidas como algas amarillas, son organismos unicelulares o pluricelulares que se reúnen en colonias. Su característica principal es la presencia de cromatóforos con pigmentos de color amarillo que les confieren un aspecto dorado. Son de morfología variable con flagelos y sin ellos y en algunos casos se mueven por rizópodos. Siempre se reproducen vegetativamente.
Filo-euglenófitas	Algas de estructura muy sencilla, cuya característica más significativa es la presencia de una mancha de pigmento fotosensible. Disponen de uno o dos flagelos, lo que les permite cambiar su forma y se multiplican por división longitudinal.
Filo-bacilariofitas (diatomeas)	Son las conocidas diatomeas. Son formas solitarias que forman colonias estrelladas.

Cianofíceas	Conocidas como algas verde-azules (cianobacterias), son un tipo de bacterias fotosintetizadoras. Pueden resistir condiciones extremas de salinidad, temperatura y pH, porque producen envolturas mucilaginosas que las aíslan del medio ambiente externo cuando ocurren cambios bruscos.
Macroalgas	
Clorófitas	Conocidas como algas verdes, son organismos unicelulares o pluricelulares de formas muy variables. La mayoría de las especies microscópicas son propias de agua dulce, aunque hay numerosos grupos marinos que alcanzan tamaños grandes. Se multiplican por división celular sexualmente o por la fusión de dos gametos de tamaños diferentes.
Feófitas	Algas que alcanzan tamaños de hasta 100 m. Aunque poseen clorofilas, los pigmentos marrones las esconden, por lo que presentan coloración marrón o parda. Estas algas son típicas del agua salada, viviendo muy pocas en agua dulce 8-11. Este grupo de algas es el que tiene más generalizado su uso en la agricultura, estando la <i>Ascophyllum nodosum</i> entre las más usadas del grupo con estos fines.
Rodófitas	Son conocidas como algas rojas, con longitudes que oscilan de unos pocos centímetros hasta un metro aproximadamente y comprenden especies típicas de aguas marinas de grandes profundidades, zonas donde otras especies no pueden sobrevivir por la falta de la luz. Son de color rojo, aunque no siempre presentan este color, a veces son púrpuras, o incluso de color rojo pardo, a pesar de ello, poseen clorofila. Se reproducen sexual y asexualmente y poseen complicados ciclos de alternancia de generaciones.
Verdaderas plantas vasculares	
Las verdaderas plantas vasculares o carófitos son algas muy complejas, de color verde en su mayoría, frecuentes en las orillas de los ríos y lagos, que se reproducen sexualmente o por vía vegetativa	

Tabla 2. Clasificación de las algas
Fuente: Indira Lopez, (2020)

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ALGAS

Al igual que la composición química de las plantas, la de las algas está íntimamente relacionada con su ubicación y las condiciones en las que crecen, dependiendo en gran medida de la disponibilidad de nutrientes, la luz, la salinidad, la profundidad, la presencia de corrientes de agua dulce y, por supuesto, contaminación o fuerte contaminación y contenido de metales en el agua (Frikha, 2011).

En las algas, se han identificado:

Fitohormonas y reguladores del crecimiento	citoquininas, auxinas, giberelinas, betaínas, ácido abscísico y brasinoesteroides
Polisacáridos matriciales y de reserva	alginatos, carragenatos, agar, ulvanos, mucopolisacáridos y sus oligosacáridos, fucoidano, laminarano, almidón y fluroideo
Oligosacáridos, biotoxinas y compuestos antioxidantes	polifenoles, bromofenoles, flavonoides, polímeros de fluoroglucinol, ésteres gálicos, cumarinas, flavononas, fluorotaninos, protoantocianidinas oligoméricas, diterpenos y monoterpenos polihalogenados, cetonas halogenadas y compuestos isoprenoides.
Minerales	hierro, calcio, magnesio, fósforo, yodo, nitrógeno, potasio, bario, boro, cobalto, cobre, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel y zinc.
Clorofilas y carotenos; antofilas; materia orgánica; manitol; vitaminas, aminoácidos y proteínas; ácidos algínicos, fúlvicos.	
Otros ácidos orgánicos	almítico, butírico, oleico, linoleico, enzimas, esterol y fucosterol.

Tabla 3. Composición química de las algas

Fuente: Autor

MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE LOS PRINCIPIOS ACTIVOS DE LAS ALGAS

Los procesos pueden incluir extracción con álcali, extracción con ácido, ruptura de células en suspensión, digestión con enzimas, extracción con agua a altas presiones, extracción con disolventes químicos, extracción asistida con microondas y extracción con fluidos supercríticos (CO₂). A veces, se usa un secado, luego una pulverización y se utiliza el polvo para ser aplicado directamente al suelo. En la mayoría de los casos, muchos de estos procesos se realizan a bajas temperaturas para no destruir los metabolitos. (López, 2020).

Extracción álcalis	con	Este método fue desarrollado en la década de 1940 y consiste en el uso de una base (generalmente hidróxido de potasio) combinada con la aplicación de calor. Las algas utilizadas se secan a altas temperaturas (>100 °C) para facilitar el almacenamiento, y el producto resultante suele tener un pH alto; todo esto conduce a la desnaturalización de los principios activos, dando como resultado una pérdida drástica de sus propiedades. Esto significa que aunque este método fue uno de los más utilizados, no es uno de los más beneficiosos para obtener extractos con una gran cantidad de beneficios.
Extracción disolventes químicos	con	En este método, se utilizan un grupo de disolventes químicos con polaridades diferentes para la obtención de sus principios activos, siendo los más utilizados el agua y las soluciones hidroalcohólicas y no se emplean altas temperaturas. Al no utilizarse altas temperaturas, ni disolventes químicos que puedan afectar drásticamente el pH, hace que este sea uno de los métodos de preferencia ya que no se provocan afectaciones a las propiedades de los principios activos de las algas.
Extracción fluidos supercríticos (CO₂)	con	En este método no se aplican ni disolventes químicos, ni altas temperaturas. La materia prima que se utiliza es fresca, por ello, las plantas de producción tienen que estar cerca de la costa. En este método, las algas marinas se pulverizan en partículas muy pequeñas y se someten a alta presión para facilitar la extracción de los principios activos. Dado que no se aplican altas temperaturas ni se utilizan disolventes químicos en ningún punto del proceso, el ingrediente activo se conserva y el pH se mantiene en un nivel fisiológico de aprox. 4.5

Tabla 4. Método de extracción de los principios activos de las algas
Fuente: Autor

USOS DE LAS ALGAS EN LA AGRICULTURA.

Por la rica composición que poseen los extractos de algas marinas, pueden ser utilizados como suplementos nutricionales, bioestimulantes, fertilizantes o plaguicidas en la agricultura y horticultura. El efecto que consiguen los extractos de algas está determinado en gran medida por el efecto sinérgico de todos los principios activos, y no es posible aislar el efecto de cada principio activo por separado. Estos efectos también dependerán de la forma en que se apliquen estos extractos, ya que se pueden aplicar directamente al suelo mediante aspersión foliar, por peletización a las semillas, tratamiento poscosecha o una combinación de algunos de estos, siendo la combinación del tratamiento del suelo y la aspersión foliar el método de aplicación más utilizado (Zermeño, 2015).

El uso de extractos de algas marinas en la agricultura es un campo que en los últimos años ha despertado el interés de la investigación. Una de las razones es que las algas crecen rápidamente, producen grandes cantidades de biomasa y son fuente de diversas sustancias biológicamente activas (Bettioli, 2006).

Las especies más estudiadas son la macroalga verde *Ulva fasciata* y el alga *Ascophyllum nodosum*. Ya hay productos comerciales a base de extractos de estas algas, como por ejemplo el Phyllum en Chile y el Lodus 40 en Europa (Bettioli, 2006).

CASO I

EXTRACTO DE *Ulva fasciata* EN EL CONTROL DE MANCHA ANGULAR EN EL CULTIVO DE FREJOL.

Ulva fasciata

Ulva es un alga verde plana del género Ulva, de la familia ulvaceae que se encuentra en todo el mundo, se considera una de las algas más rentables y una de las más utilizadas en el área de la agricultura por sus componentes plaguicidas. El nombre común de ulva fasceata es lechuga de mar (por su apariencia). Es de color verde con hojas lobuladas y rizadas que parecen hojas de lechuga y puede crecer hasta 50 cm de largo, tienen bordes irregulares y perforaciones. Después de secarse al sol, las algas cambian de color blanco o negro (Cano, 2008).



Figura 2. ALGA *Ulva fasciata*
Fuente: AQUADOCS, (2008).

Cultivo de frejol.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa que crece en climas cálidos, templados y moderadamente fríos y es sensible a los cambios bruscos de temperatura que afectan su rendimiento. Además, contribuye a la fijación biológica de N. En el Ecuador es uno de los granos alimenticios de mayor importancia económica y nutricional, ya que es líder en producción y consumo. (VINCES, 2020).

Fenología

Las leguminosas se desarrollan a través de 10 etapas fenológicas, las cuales se dividen en dos fases consecutivas: **vegetativa y reproductiva**. (VINCES, 2020).

Fase vegetativa	Fase reproductiva
Etapa V0 : Germinación	Etapa R5 : Prefloración
Etapa V1 : Emergencia	Etapa R6 : Floración
Etapa V2 : Hojas primarias	Etapa R7 : Formación de vainas
Etapa V3 : Primera hoja trifoliada	Etapa R8 : Llenado de vainas
Etapa V4 : Tercera hoja trifoliada	Etapa R9 : Madurez fisiológica

Tabla 5. Fenología del Frejol

Fuente: Autor

Mancha angular.

El agente causante de mancha angular es el hongo *Phaeoisariopsis griseola*, ataca las hojas, las vainas y las semillas del frejol. En las hojas, la enfermedad comienza como pequeñas manchas grises brillantes que se agrandan y toman la forma de venas angulares. Por lo general, la enfermedad aparece alrededor de la cuarta semana después de la siembra. Una infestación fuerte puede causar que las hojas afectadas se vuelvan amarillas y se caigan, lo que reduce el rendimiento si ocurre al principio del ciclo de cultivo. El hongo que causa la mancha angular es fácilmente arrastrado por el viento, y semillas pueden ser otro medio de dispersión (Araya, 2006).

El desarrollo de la enfermedad requiere períodos prolongados de clima cálido y húmedo, así como una fuente de inóculo. El hongo puede pasar el invierno en semillas o residuos de plantas en el suelo como sustrato. En la siguiente temporada de crecimiento, se producen nuevos núcleos y conidias como inóculo primario a temperaturas entre 16 y 28°C y alta humedad (Ferrufino, 2008).



Figura 3. Hojas y vainas amarillentas y lesiones angulares.

Fuente: Carlos Araya, (2006)

Resultados obtenidos.

Los genotipos de fréjol utilizados en este estudio son IPR Uirapuru, CF 22 y Mouro graúdo (material criollo). Las plantas se trataron con extracto de algas (50 mg de masa seca/ml) en las etapas fenológicas V3, V5, R6 y R7 (García, 2021).

Los tres genotipos usados fueron susceptibles a la mancha angular (Figuras 4 - 5). Al final, de todos los genotipos utilizados se pudo observar la mayor intolerancia a la enfermedad en el Mouro Graúdo y CF 22 en 2005 y 2006, correspondientemente, con una relevante interacción entre genotipo y año (Fig. 4, $p < 0,05$). Este comportamiento puede ser causado por la variedad patógena de *P. griseola*. La enorme variación genética de *P. griseola* dificulta obtener cultivos con resistencia genética a largo plazo (Garcés, 2020).

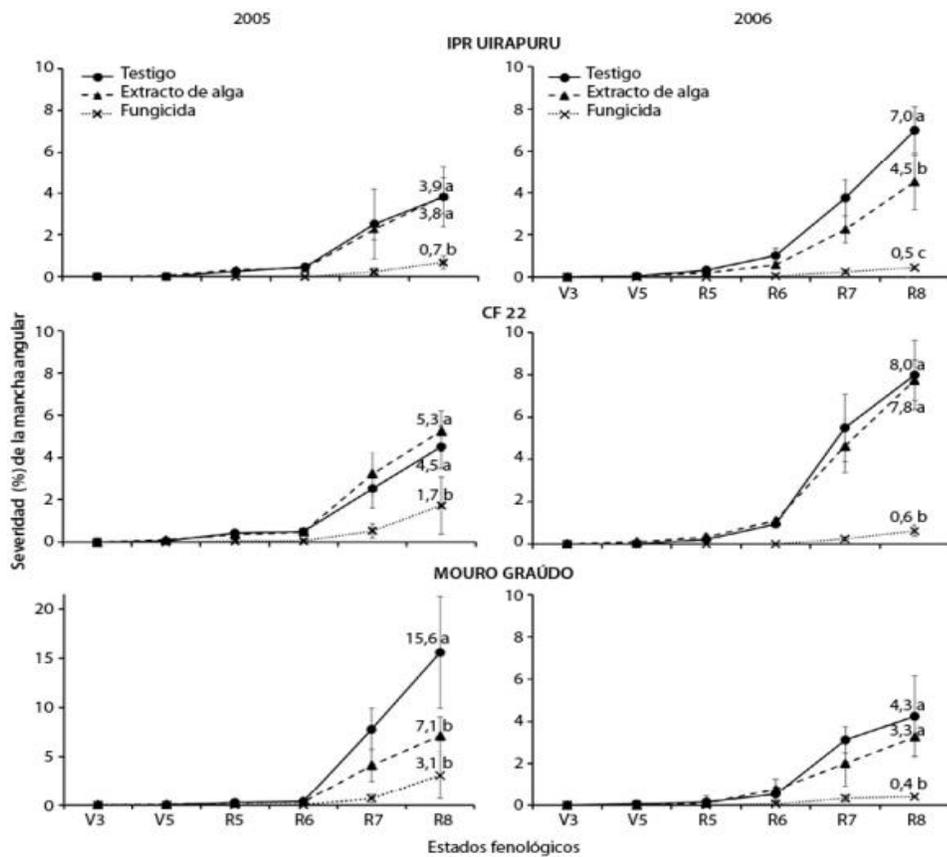


Figura 4. Progreso eventual de la intolerancia de la mancha angular en los diferentes genotipos de fréjol IPR Uirapuru, CF 22 y Mouro graúdo en los años 2005-2006 tratados con extracto de *Ulva fasciata*.

Fuente: Felipe Garcés, (2020)

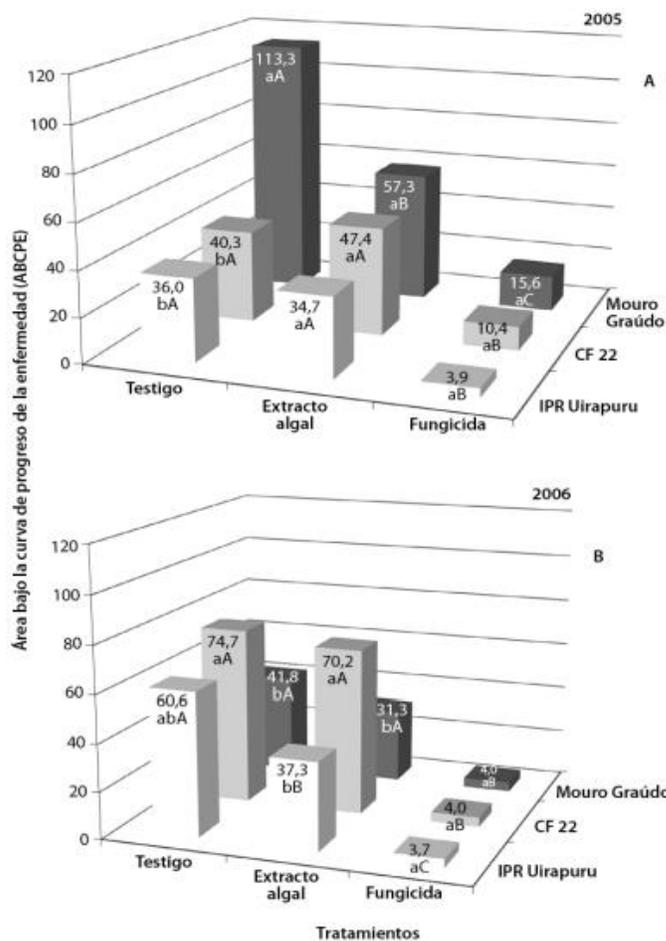


Figura 5. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de la mancha angular en los genotipos Mouro graúdo, CF 22 e IPR Uirapuru, tratados con *Ulva fasciata*, en los años 2005 (A) y 2006 (B).

Fuente: Felipe Garcés, (2020)

Durante dos años, el fungicida redujo significativamente (entre 74 % a 95 %) el ABCPE en todos los genotipos en comparación con el testigo (figura 5). En comparación con las plantas de control, el ABCPE de las plantas de genotipo Mouro graúdo e IPR Uirapuru tratadas con extracto de algas en 2005 - 2006 se redujo en un 49% y 38%, correspondientemente. Esto propone que, si bien los extractos tienen cierto impacto sobre la enfermedad, este es moderado y depende de la interrelación con el genotipo-ambiente. (Garcés, 2020).

CASO II

EFFECTO DEL EXTRACTO DE ALGAS *Ascophyllum nodosum* SOBRE LA MORFOLOGÍA Y CAPACIDAD CELULOLÍTICA DEL HONGO *Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum*

Ascophyllum nodosum

Es la única especie del género *Ascophyllum*. Vive en ensenadas y estuarios costeros en la zona eulitoral, de ambos lados del Atlántico Norte. Es una planta que mide unos centímetros no más de un metro, de color marrón verdoso, tras la desecación se vuelve color negro. Estas algas tienen la propiedad de que experimentan más estrés a lo largo del año que otras algas porque pasan la mitad del tiempo bajo el agua y la otra mitad en viento independiente. Por ello, su sistema de supervivencia natural genera un alto contenido en sustancias bioactivas de gran utilidad para uso agrícola (Fonseca, 2018).

Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum

La especie *Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum* es responsable de la marchitez del algodón, que es uno de los problemas más graves del cultivo. Hace algunos años, este hongo fue responsable de la descomposición del cultivo de algodón en las condiciones de cultivo brasileñas, sin embargo, gracias a la disponibilidad de variedades resistentes, la productividad de los cultivos está asegurada (Guevara, 2006).

Resultados obtenidos

El hongo *F. oxysporum f. sp. Vasinfectum* (FOV) se obtuvo mediante el aislamiento de fragmentos del sistema vascular de plantas de algodón con síntomas típicos de *Fusarium*. Luego de obtener cultivo puro, inoculación en plántulas sanas, aislamiento e identificación de la especie por características morfológicas de la colonia y conidios, el hongo se conservó en probetas con medio de cultivo PDA (papa-dextrosa-agar), (Anchieta, 2020).

El ensayo para evaluar el crecimiento micelial de FOV consistió en placas de Petri (80 mm de diámetro), que contenían medio de cultivo PDA, más cinco dosis de extracto de *A. nodosum* (AN), obtenido del producto comercial *Acadian Seaplants®*, siendo: 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 y 8.0% (Anchieta, 2020).

Los resultados obtenidos para el diámetro medio y la masa fresca del micelio FOV mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, en los que se observaron valores más altos de crecimiento del hongo bajo la acción de las dosis de AN que en el control. El aumento de las dosis

resultó en un aumento progresivo del diámetro de las colonias y masa fresca de la estructura (Figuras 6A y 6C) (Anchieta, 2020).

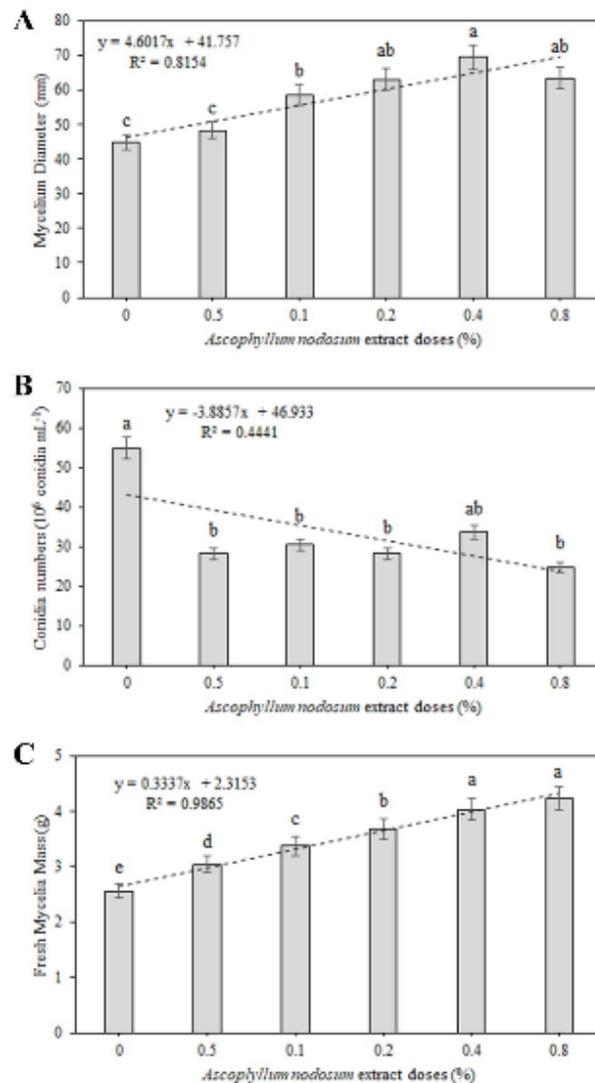


Figura 6. Efecto del extracto de *Ascophyllum nodosum* sobre el diámetro medio del micelio (A), masa fresca de micelio (B) y esporulación (C) del hongo *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*.

Fuente: Emmanuel Fonseca, (2018)

El efecto del producto sobre la inducción del crecimiento del FOV también se pudo observar en las imágenes relacionadas con el crecimiento micelial del hongo en los medios de cultivo con la adición de las diferentes dosis de AN. Hubo un claro aumento en el diámetro de las colonias a partir de el uso del extracto de algas (Figura 7).

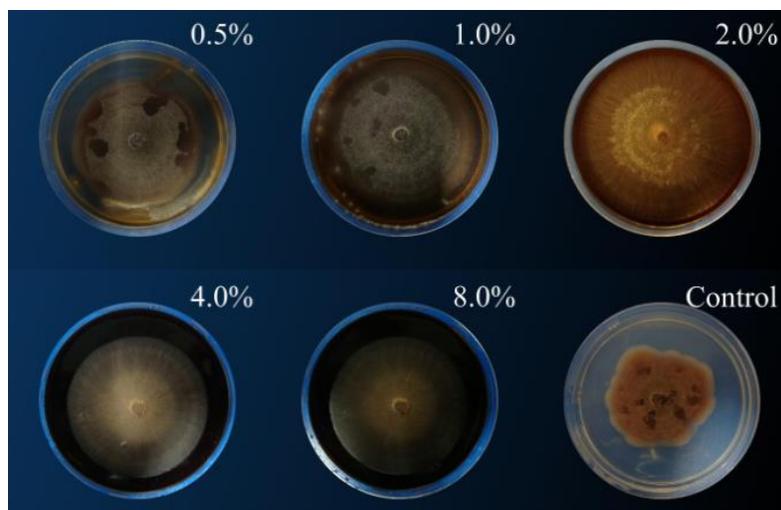


Figura 7. Aspecto morfológico de *F. oxysporum* f. sp. colonias de vasinfectum que muestran el efecto de las dosis de extracto de *A. nodosum* en la producción de micelio después de 7 días de incubación.

Fuente: Emmanuel Fonseca, (2018)

Tabla 6. Porcentaje de efectividad de distintos tipos de algas frente a enfermedades en diferentes cultivos agrícolas.

TIPO DE ALGA	CULTIVO	EFEECTO	CONTROL	AUTOR
<i>Ulva fasciata</i>	Frejol	44%	Antracnosis	Guilherme Fernandes, (2008)
<i>Ascophylum nodosum</i>	Maíz	35.10%	Rendimiento	Luis Pérez, (2020)
<i>Ulva armoricana</i>	Pepino	80%	Oídio	Valérie Jaulneu, (2011)
<i>Ulva Fasciata</i>	Cebolla Pequeña	70%	Alternariosis	Isaac Araujo, (2012)
<i>Lemna</i> sp.	Frejol	22%	Antracnosis	Viviane Talamini, (2008)
<i>Ascophylum nodosum</i>	Uva	25%	Composición nitrogenada	María Gonzalez, (2020)
<i>Bryothamnion seaforthii</i>	Frejol	35%	Antracnosis	Marciel Stadnick, (2008)
<i>Ulva armoricana</i>	Frejol	90%	Oídio	Claude Laffitte, (2001)
<i>Ascophylum nodosum</i>	Arroz	28.3%	Rendimiento	Genesis León, (2017)
<i>Ulva armoricana</i>	Uva	77%	Oídio	Xavier Briand, (2011)

CONCLUSIÓN

El uso de algas aporta grandes ventajas para una agricultura sostenible y más respetuosa con el medio ambiente; porque son productos naturales que contienen varias sustancias que estimulan el crecimiento y rendimiento de los cultivos; promueven la actividad microbiana del suelo y mejoran la absorción de nutrientes por parte de las raíces. Además, también permiten que las plantas resistan eficazmente el estrés abiótico, ya que contienen sustancias con alta capacidad antioxidante.

BIBLIOGRAFÍA

- Anchieta, T. (2020). Efecto del extracto de algas *Ascophyllum nodosum* sobre la morfología y capacidad celulolítica del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. *RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT*, 9(11), 8-9. <https://doi.org/https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9913>
- Araya, C. (2006). *Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica*. INTA (Instituto Nacional de Innovación). <https://doi.org/http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H20-5247.pdf>
- Bettioli, W. (2006). PRODUCTOS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO. *FITOSANIDAD*, 10(2), 6. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116102001.pdf>
- Campobenedetto, C. (2021). Un bioestimulante a base de algas marinas (*Ascophyllum nodosum* y *Laminaria digitata*) y extractos de levadura mitiga los efectos del estrés hídrico en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *MDPI*, 11(6), 5. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agricultura11060557>
- Cano, M. (2008). BASES BIOLÓGICAS DE *Ulva fasciata* Delile, (Chlorophyta) PARA SU POSIBLE EXPLOTACIÓN, AL OESTE DE LA HABANA, CUBA. *UNIVERSIDAD DE LA HABANA*, 1(1), 11-12. <https://doi.org/https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/3404/Tesis?sequence=1>
- Ferrufino, A. (2008). La antracnosis y la mancha angular del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *IICA*, 1(1), 46. <https://doi.org/http://repiica.iica.int/docs/B0891E/B0891E.pdf>
- Fonseca, E. (2018). Evaluación del efecto del Ciplax® a base del alga marina *Ascophyllum nodosum* en la calidad de la papa en la Zona Norte de Cartago. *Repositorio TEC*, 1(1), 20. https://doi.org/https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10502/evaluacion_efecto_ciplax_calidad_papa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Frikha, F. (2011). Composición química y algunas actividades biológicas de algas marinas recolectadas en Túnez. *SCIELO*, 37(2), 7. https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802011000200001
- Garcés, F. (2020). Efecto del extracto de alga *Ulva fasciata* sobre *Pseudocercospora griseola* en el cultivo de frijol. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 6-10. https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v21n3/es_0122-8706-ccta-21-03-1138.pdf
- García, M. (2021). Efecto de las cianobacterias y microalgas en el control de enfermedades fitopatógenas a partir de su actividad bioestimulante en cultivos hortícolas. *Universidad de almería*, 1(1), 5. <https://doi.org/http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13726/GARCIA%20CRUZ,%20MARIA%20FERNANDA.pdf?sequence=1>
- Guevara, I. (2006). Inductores químicos de resistencia en la supresión de la marchitez del algodón causada por "*Fusarium oxysporum*" f. sp. "*vasinfectum*" en sistema hidropónico. *Dialnet*, 11(1), 2-8. <https://doi.org/file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-InductoresQuimicosDeResistenciaEnLaSupresionDeLaMa-2916200.pdf>
- JARA, J. (2021). EFECTO DE ALGAS MARINAS EN EL CULTIVO DE BANANO ORGÁNICO (*Musa* Spp). *UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR*, 1(1), 26. <https://doi.org/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JARA%20AGUIRRE%20JHONNY%20ALEJANDRO.pdf>

- Josefa, A. (2021). Aplicación de cianobacterias como agentes biofertilizantes, bioestimulantes y bioplaguicidas en etapas tempranas del desarrollo vegetal. *Doctoral dissertation, Universidad de Almería*, 1(1), 5-6. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=305217>
- López, I. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *SCIELO*, 41(2), 2-3. https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000200010
- Rodríguez, E. (2009). Los genomas mitocondriales: ¿Qué nos dicen sobre la evolución de las algas verdes? *Microbiología*, 51(1), 44-57. https://doi.org/https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2009/mi091_2g.pdf
- Sarmiento, G. J. (2019). Aplicación de humus de lombriz y algas marinas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) var. Santa Amelia. *SCIELO*, 10(3), 2. https://doi.org/http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172019000300006&script=sci_arttext#:~:text=Se%20ha%20reportado%20que%20los,de%20las%20semillas%2C%20retrasar%20la
- Vásquez, J. (2021). SISTEMAS ACUÍCOLAS: COMPUESTOS BIOACTIVOS DE MACROALGAS. *Bachelor's thesis*, 1(1), 13. <https://doi.org/https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6615/1/UPSE-TBM-2021-0015.pdf>
- VINCES, R. (2020). COMPORTAMIENTO MORFO-AGROPRODUCTIVO DE DIFERENTES CULTIVARES DE FRÉJOL COMÚN (*PHASEOLUS VULGARIS*) EN LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA GRANJA SANTA INÉS. *UTMACH*, 1(1), 8. <https://doi.org/http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16153/1/TTUACA-2020-IA-DE00036.pdf>
- Zermeño, A. (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *SCIELO*, 6(12), 4. [https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002437#:~:text=Estudios%20previos%20muestran%20que%20la,retenci%C3%B3n%20de%20agua%20del%20suelo%20\(](https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002437#:~:text=Estudios%20previos%20muestran%20que%20la,retenci%C3%B3n%20de%20agua%20del%20suelo%20()