

Estado actual del estudio de las microalgas como bioestimulantes y perspectivas de su uso en la agricultura sostenible

LIZED VARGAS DÍAZ



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES[®]
Acreditación Institucional
de Alta Calidad
Resolución 4792 del 15 de mayo de 2019

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO
AMBIENTE
MANIZALES
2019**

**Estado actual del estudio de las microalgas como
bioestimulantes y perspectivas de su uso en la
agricultura sostenible**

**Proyecto para optar al título de Magister en
Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, de la
estudiante:
LIZED VARGAS DÍAZ**

**Tutora:
GLORIA MARÍA RESTREPO FRANCO Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO
AMBIENTE
MANIZALES
2019**

Acta de calificación

**Estado actual del estudio de las algas como
bioestimulante y perspectivas de su uso en la agricultura
sostenible**

LIZED VARGAS DÍAZ

**Tesis para optar el título de:
Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

Nota de aceptación Jurado:

Jurado 1

Jurado 2

Agradecimientos

En estas líneas quiero reflejar mi agradecimiento a todas aquellas personas, que de manera directa o indirecta se han involucrado y me han ayudado a que sea posible la presentación de mi Tesis.

Agradecer a la Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas, Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente; toda su colaboración y facilidades prestadas.

Me gustaría expresar también mi agradecimiento a la directora de mi Tesis, Gloria María Restrepo Franco, el apoyo, críticas constructivas y supervisión de la misma. Especialmente por su gran calidad humana y profesional.

A mi esposo y padres por toda su paciencia, comprensión y apoyo incondicional.

Tabla de contenido

Resumen.....	6
Abstract.....	7
Lista de tablas.....	0
Lista de figuras.....	1
Lista de anexos.....	2
1. Planteamiento del problema.....	3
1.1. Pregunta de investigación.....	3
2. Justificación.....	4
3. Objetivos.....	6
3.1. Objetivo general.....	6
3.2. Objetivos específicos.....	6
4. Marco referencial.....	7
4.1. Marco contextual.....	7
4.2. Marco conceptual.....	8
4.2.1. Microalgas.....	8
4.2.2. Bioestimulantes.....	9
4.2.3. Mecanismos de acción de los bioestimulantes.....	10
5. Materiales y métodos.....	12
5.1. Tipo de estudio.....	12
5.2. Identificación de los principales estudios que demuestren el potencial de las algas como bioestimulante, empleando análisis bibliométrico.....	12
5.2.1. Método Framework como apoyo a la búsqueda sistemática de información.....	12
5.3. Interpretación de los resultados obtenidos en los estudios de las algas como bioestimulantes.....	13
5.4. Definición de las perspectivas en la aplicación de las algas en el marco de la agricultura sostenible.....	14
6. Resultados y discusión.....	15
6.1. Identificación de los principales estudios que demuestren el potencial de las algas como bioestimulante, empleando análisis bibliométrico.....	15

6.1.1. Aplicación del método Framework para definición de ecuaciones de búsqueda	16
ALL (microalgal biostimulants) AND (microalgae") AND (Agricultural biostimulant) OR (algae) AND (soil) AND (plant) AND ("microalgal")	18
6.1.2. Métricas de los resultados obtenidos en Scopus	19
6.1.3. Métricas de los resultados obtenidos en la Web of Science	23
6.2. Interpretación de los resultados obtenidos en los estudios de las algas como bioestimulantes	26
6.2.1. Base de datos Scopus	26
6.2.2. Base de datos WoS	30
6.3. Definición de las perspectivas en la aplicación de las algas en el marco de la agricultura sostenible	31
7. Conclusiones	33
8. Recomendaciones	35
9. Referencias bibliográficas	36
10. ANEXOS	45

Resumen

Se realizó un estudio bibliométrico retrospectivo y descriptivo, a través de la revisión de artículos publicados en las bases de datos *Web of Science* y Scopus, en el tema de estudio (las algas como bioestimulante y perspectivas de su uso en la agricultura sostenible) y durante los últimos 10 años. Lo que arrojó como resultado 42 documentos en la base de datos Scopus, distribuidos en 25 artículos científicos y 17 review y en la base de datos WoS se encontró 12 documentos, distribuidos en 7 artículos científicos y 5 review. Para scopus los géneros de algas más representativos fueron *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sorokiana*, *Scenedemus quadricauda*, algas bálticas y *Spirulina platensis*. En la WoS los géneros con mayor incidencia fueron *Chlorella vulgaris* y *Nostoc* sp. En cada una de las algas mencionadas anteriormente se relacionan efectos positivos sobre las plantas o tratamientos en las que participaron, arrojando resultados tales como el aumento en la biomasa del suelo, crecimiento significativo en plantas de tomate, rábano, berro, trigo, aumento en la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados, incremento en micro y macronutrientes como boro, calcio, hierro, silicio zinc, potasio. En cuanto a la sistematización de los *review* se muestra la importancia de generar una biotecnología basada en microalgas, con el fin de potencializar su cultivo y utilización; siendo de gran importancia la reducción de costos, ya que esta tecnología demanda grandes inversiones lo que imposibilita que muchas empresas o personas puedan acceder a esta. Finalmente, se identificaron los métodos de extracción más efectivos, para recuperar los principales compuestos bioactivos y su uso en la agricultura, también de la importancia en el desarrollo del procesamiento de los bioestimulantes y biofertilizantes de microalgas

Palabras clave: agricultura sostenible; algas; bioestimulantes; extractos; método *framework*.

Abstract

A retrospective and descriptive bibliometric study was carried out, through the review of articles published in the Web of Science and Scopus databases, on the subject of study (algae as biostimulant and prospects for its use in sustainable agriculture) and during The last 10 years. What resulted in 42 documents in the Scopus database, distributed in 25 scientific articles and 17 reviews and in the WoS database, 12 documents were found, distributed in 7 scientific articles and 5 reviews. For scopus the most representative seaweed genera were *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sorokiana*, *Scenedemus quadricauda*, Baltic algae and *Spirulina platensis*. In WoS, the genera with the highest incidence were *Chlorella vulgaris* and *Nostoc sp.* In each of the algae mentioned above, positive effects on the plants or treatments in which they participated are related, yielding results such as the increase in soil biomass, significant growth in tomato, radish, watercress, wheat plants, increase in proportion of saturated and unsaturated fatty acids, increase in micro and macronutrients such as boron, calcium, iron, silicon zinc, potassium. Regarding the systematization of the reviews, the importance of generating a biotechnology based on microalgae is shown, in order to enhance their cultivation and use; being of great importance the reduction of costs, since this technology demands great investments which makes it impossible for many companies or people to access it. Finally, the most effective extraction methods were identified, to recover the main bioactive compounds and their use in agriculture, also of the importance in the development of the MBS and MBF processing.

Keywords: sustainable agriculture; algae; biostimulants; extracts; framework method.

Lista de tablas

Tabla 1. Identificación de palabras clave a partir de resúmenes de artículos relacionados con el tema (algas como bioestimulantes), en diferentes bases de datos y buscadores.	15
Tabla 2. Análisis de las facetas del proyecto.	16
Tabla 3. Relación de las palabras derivadas, de la representación del objeto del proyecto.....	16
Tabla 4. Ecuación de búsqueda resultado de la aplicación del método del Framework.	18
Tabla 5. Ecuación de búsqueda, empleada en Scopus (fecha de consulta agosto 23 de 2019).	18
Tabla 6. Ecuación de búsqueda, empleada en WoS (fecha de consulta septiembre 2 de 2019).	18

Lista de figuras

Figura 1. Productividad y tendencia por años de publicación, en la base de datos Scopus (1995-2019).....	19
Figura 2. Relación de los 10 autores más citados, en la base de datos Scopus (1995-2019).	20
Figura 3. Frecuencia de citas recibidas por título, en la base de datos Scopus (1995-2019). Los títulos se codificaron de 1 a 42, por efectos de espacio en la figura (ver Anexo 1).....	21
Figura 4. Principales tendencias de investigación, en la base de datos Scopus (1995-2019).....	21
Figura 5. Tipo de documentos, en la base de datos Scopus (1995-2019).....	22

Lista de anexos

Anexo 1. Sistematización de títulos encontrados en Scopus.....	45
Anexo 2. Sistematización de títulos encontrados en WoS.....	50
Anexo 3. Interpretación de los resultados obtenidos en Scopus.	52
Anexo 4. Interpretación de los resultados obtenidos en WoS.....	69

1. Planteamiento del problema

A nivel mundial surge la necesidad de buscar nuevas alternativas biológicas, que permitan disminuir el uso de los biofertilizantes de síntesis química, aportando a la implementación de un modelo agrícola sostenible, que avance hacia la descarbonización y sostenibilidad ambiental. Elementos que se han planteado desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030.

La Línea de Investigación en Biosistemas Integrados de la Universidad de Manizales, indaga permanentemente en nuevas posibilidades biológicas de investigación con potencial para el estudio de los Biosistemas en el marco del desarrollo sostenible y la bioeconomía. En la línea se han realizado trabajos con microalgas, haciendo énfasis en procesos de biorremediación; sin embargo, el potencial de estos organismos es enorme y puede tener cobertura en otras aplicaciones. A partir de esta inquietud se identificó la oportunidad de conocer el estado de las investigaciones realizadas en microalgas como bioestimulantes como un potencial emergente, que permitirá definir una tendencia de investigación y desarrollo con impacto en la agricultura en la línea de investigación.

De acuerdo con lo anterior, se definió la necesidad de realizar una revisión sistemática para indagar las tendencias actuales de los resultados de las investigaciones que han asociado a las microalgas con la característica de bioestimulantes, así como reconocer los investigadores que han liderado las publicaciones en este tipo de estudios, con su país de procedencia y establecer la dinámica de las citas de los documentos, principalmente. Igualmente, surgió la necesidad de analizar los estudios reportados, para identificar los principales géneros de microalgas empleados, los cultivos de importancia económica en los cuales se ha evaluado su aplicación y los resultados obtenidos con énfasis en los efectos evidenciados en el mejoramiento del crecimiento.

1.1. Pregunta de investigación

¿Cuál es el estado actual del estudio de las algas como bioestimulantes y su potencial de uso en la agricultura sostenible?

2. Justificación

El presente trabajo aportará elementos de discusión y análisis a la línea de Biosistemas Integrados, los cuales están en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (hambre cero, agua limpia y saneamiento, ciudades y comunidades sostenibles, salud y bienestar, vida de ecosistemas terrestres, producción y consumo sostenible), el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector agropecuario colombiano (2017-2027), relacionado con la seguridad alimentaria, con el fin de disponer de alimentos en forma suficiente y estable, y el manejo ambiental y sostenibilidad basado en la bioprospección para la conservación y el manejo y uso eficiente de la biodiversidad. Adicionalmente, se armoniza con el Libro Verde 2030- Política de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo sostenible en Colombia.

La presente revisión aportará a los estudios con extractos de algas, por la necesidad de implementar la agricultura orgánica, así como a la reducción del uso de agroquímicos en la agricultura convencional para minimizar la presencia de residuos contaminantes. Lo anterior, debido a que los productos naturales que se fabrican a base de algas marinas se emplean como sustitutos de fertilizantes sintéticos, los cuales han adquirido gran importancia alrededor del mundo. Estos productos se encuentran comercialmente como fertilizantes o bioestimulantes por su contenido de fósforo, nitrógeno, potasio y hormonas promotoras de crecimiento, vitaminas y aminoácidos (Hong et al., 2007; Khan et. al 2009). El efecto estimulante de los extractos de algas en las plantas ha demostrado los impactos benéficos en ellas; tales como distribución y movilización de nutrientes, crecimiento de raíces vigorosas, germinación de las semillas, incremento en el contenido de clorofila y área foliar, además exhiben mayor resistencia a plagas y enfermedades (Khan et. al 2009).

Para la Línea de Investigación en Biosistemas Integrados, es importante trabajar en este tema para buscar alternativas económicamente viables y medioambientalmente sostenibles, que permitan disminuir significativamente los costos de producción y los impactos medioambientales; lo que permitirá seguir descubriendo que la biomasa de las microalgas, además de contener proteínas, lípidos esenciales, pigmentos, carbohidratos, minerales y vitaminas, posee excelentes cualidades para la obtención de productos naturales. Además, hay que tener en cuenta que las microalgas representan un recurso en gran parte sin explotar ya que sólo se ha estudiado una pequeña parte de ellas.

Finalmente, el presente trabajo permitió la formación de una estudiante de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, como aporte a la comunidad académica en el fortalecimiento de las capacidades investigativas, que permitan mejorar las condiciones de vida en las regiones de intervención.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Analizar el estado actual del estudio de las algas como bioestimulante y sus perspectivas de aplicación en la agricultura sostenible.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar los principales estudios que demuestren el potencial de las algas como bioestimulante, empleando análisis bibliométrico.
- Interpretar los resultados obtenidos en los estudios de las algas como bioestimulante, teniendo en cuenta los géneros más representativos, métodos de aplicación, efectos en los cultivos aplicados.
- Definir las perspectivas en la aplicación de las algas en el marco de la agricultura sostenible.

4. Marco referencial

4.1. Marco contextual

El uso de algas como bioestimulantes en la agricultura es un tema que ha tomado importancia en los últimos años, razón por la cual se hace necesario conocer sus efectos y aplicaciones en la agricultura, debido a que traen múltiples beneficios. Dentro de estas aplicaciones se han utilizado los extractos de algas marinas, como acondicionadores del suelo para mejorar la productividad de los cultivos (Abdel-Raouf *et al.* 2013). Asimismo, se ha confirmado que los polisacáridos extraídos de algas marinas se usan como quelantes de iones metálicos. Además, se ha informado que estos polisacáridos son ricos en grupos funcionales que tienen la capacidad para unir a algunos microelementos con valor importante como nutrientes vegetales (Kaplan *et al.* 1987). Además, los extractos de algas marinas son conocidos como estimulantes del crecimiento de plantas. Se han aplicado por aspersión foliar y al sustrato para mejorar el crecimiento de la planta en condiciones extremas de congelación, sequía y alta salinidad. Adicionalmente, las plantas tratadas con extractos de algas marinas han mostrado una notable resistencia a enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus.

Se han realizado evaluaciones de la aplicación de algas en diferentes cultivos de importancia económica. En tomate cherry, se han evaluado bioestimulantes comerciales a base de algas marinas. Pilar *et al.*, (2012), evaluaron el producto Fartum®, teniendo en cuenta el fertirriego, producción y calidad de un cultivo. Se contrastaron dos ensayos, uno con plantas francas y otro con plantas injertadas. Los resultados mostraron que el uso del producto mejoró el rendimiento de tomate *cherry* en plantas francas. No se apreciaron diferencias estadísticas significativas al aplicar el bioestimulante en plantas injertadas. Sugiriéndose que el uso de productos naturales en base a algas marinas tiene un efecto similar al injerto (Pilar *et al.*, 2012).

Heber (2015) determinó en caña de azúcar, la respuesta en el crecimiento y desarrollo del cultivo, al aplicar algas marinas. Se determinó una respuesta positiva en las variables longitud, biomasa de raíces y rendimiento. Con base en los resultados obtenidos, se sugirió la aplicación de algas marinas en caña de azúcar, utilizando 1,5 L a la siembra y 1,5 L al momento de la fertilización.

En berenjena, se evaluó efecto de la mezcla de tres bioestimulantes a base de aminoácidos, algas marinas y ácido fúlvico, con aplicación foliar. En las variables rendimiento bruto, rendimiento comercial y días a floración se obtuvieron diferencias estadísticas significativas. El mejor tratamiento fue el basado en el uso del bioestimulante a base de algas marinas, el cual tuvo un mejor comportamiento tanto en las variables de rendimiento como en la relación beneficio/costo (Erick, 2015).

Con estos estudios, se puede apreciar la tendencia en la utilización de algas como fertilizantes, perfilándose como sector en crecimiento, ya que diversos formulados, tienen efectos bioestimulantes e insectífugos, siendo aptos, además, para la agricultura ecológica. Algunos de ellos pueden aplicarse directamente a las plantas o aportarse a través del riego en la zona de las raíces o cerca de ellas. Los antecedentes indagados preliminarmente, generaron la necesidad de abordar la presente investigación, con miras a identificar el estado de la investigación en este tema que se perfila con un alto potencial de investigación y desarrollo para la línea de Biosistemas integrados.

4.2. Marco conceptual

4.2.1. Microalgas

Las microalgas son un grupo muy diverso de organismos unicelulares que al igual que las plantas, tienen la capacidad de transformar la energía solar en energía química mediante la fotosíntesis. Hacen parte de la cadena alimenticia en aproximadamente el 70% de la biomasa, con capacidad de adaptación y plasticidad bioquímica única. Son productoras primarias en los ambientes acuáticos y son fotosintéticas. Igualmente, tienen la capacidad de regular el contenido de oxígeno y de dióxido de carbono en la atmósfera, aportando en el control de los efectos, invernadero, lluvias ácidas y adelgazamiento de la capa de ozono (Burg, 2003).

Estos organismos tienen gran potencial en el suministro de productos químicos como polisacáridos, lípidos y pigmentos, los cuales son materias primas en la industria química. Igualmente, las microalgas se emplean en la producción de compuestos químicos de alta pureza en la producción de biocombustibles y biofertilizantes, obtenidos en fotobiorreactores. Por lo tanto el estudio de los parámetros fisicoquímicos como

temperatura, intensidad luminosa, salinidad, concentración de nutrientes y pH, ha sido evaluado *in vitro*, permitiendo comprender las condiciones óptimas para el desarrollo de las diferentes especies en cultivo (Chisti, 2007).

Entre los compuestos de más interés obtenidos de las microalgas, se destacan los carotenoides, biodiesel, ficobiliproteínas, lípidos, polisacáridos, y compuestos con actividad biológica, conocidos como bioestimulantes o biofertilizantes (Rosa, 2012).

4.2.1.1. *Propiedades de las microalgas*

La biomasa de las microalgas, está constituida en promedio por 20-30% de lípidos, 40-50% de proteínas y el resto se divide entre carbohidratos, que en algunas especies pueden llegar hasta el 55 % de la biomasa, y otros compuestos (Marta, 2012).

Las microalgas constituyen una de las alternativas más atractivas entre los microorganismos por varias razones (Marta, 2012): (i) por su capacidad fotosintética pueden alcanzar altos rendimientos a partir de la energía solar y el CO₂ como fuente de carbono, en comparación con las bacterias y los hongos; (ii) tienen capacidad de crecer en ambientes diferentes y adversos, debido a la variedad de lípidos y otros compuestos inusuales que pueden sintetizar; (iii) pueden ser cultivadas todo el año, y cosechadas continuamente; (iv) pueden crecer en ambientes extremos, regiones áridas, ambientes salinos e hipersalinos de baja calidad o en aguas residuales cargadas de nutrientes; (v) tienen un consumo de agua menor al requerido por cultivos tradicionales; (vi) crecen de manera exponencial; (vii) al ser organismos unicelulares, la biomasa contiene los productos de interés; (viii) no requiere manejo con pesticidas o herbicidas para control de plagas en su cultivo (Hernández-Pérez y Labbé, 2014).

4.2.2. *Bioestimulantes*

En los últimos años se han propuesto diferentes conceptos para definir a los bioestimulantes. Saborío (2002), presentó una definición muy general del término bioestimulante; lo describió como sustancias que, a pesar de no ser un nutrimento, un pesticida o un regulador de crecimiento, al ser aplicados generan un efecto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el desarrollo de los frutos. En este caso no aclaró la procedencia de estas sustancias. Posteriormente

Bietti y Orlando (2003), los definen como productos capaces de incrementar el desarrollo, la producción y crecimiento de los vegetales. Estos autores consideran como bioestimulantes a las hormonas, aminoácidos, vitaminas, enzimas y elementos minerales, que son los más conocidos y de uso común en la agricultura. En contraste con Guerrero (2006), quien definió a los bioestimulantes como sustancias orgánicas derivadas principalmente de extractos de materiales vegetales, y de algas marinas principalmente, debido a que tienen una elevada concentración de aminoácidos, y una relación de nutrientes adecuados con las necesidades de las plantas.

En el desarrollo de los bioestimulantes existen diversos tipos de formulaciones. Unas químicamente bien definidas, basadas en aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos; los complejos en cuanto a su composición química, como los extractos de algas y ácidos húmicos, suplementados con los elementos ya mencionados, en combinaciones diferentes y en algunos casos con sus concentraciones reportadas en rangos y no con valores exactos (Saborío, 2002). Los tipos de reguladores de crecimiento contenidos y las cantidades de cada una de ellos dependen del origen de la extracción (algas, semillas, raíces, etc) y su procesamiento (Bietti y Orlando, 2003).

La síntesis de los bioestimulantes de acuerdo con Saborío (2002), se basa principalmente en síntesis química, fermentación bacteriana, hidrólisis ácida o enzimática, digestión alcalina, congelamiento y estallido celular mecánico.

4.2.3. Mecanismos de acción de los bioestimulantes

Uno de los principales mecanismos en los cuales se basa el funcionamiento de los bioestimulantes se basa en el ahorro energético. En el cual cuando se aplican bioestimulantes a base de aminoácidos, se provee a la planta de proteínas que propicia el ahorro de energía, porque la planta ya no requiere de sintetizarlas y de esta manera puede dirigir su metabolismo hacia otros procesos tales como la floración, cuajado y producción de frutos. Este ahorro de energía se convierte en un proceso crucial en el momento en que la planta se encuentra en condiciones de estrés hídrico, heladas, ataques de plagas o enfermedades (Saborío, 2002).

La respuesta de la planta a la aplicación de los aminoácidos también se ha asociado a la formación de sustancias biológicamente activas. Estas sustancias vigorizan y estimulan la vegetación, por lo que resultan de gran interés en los períodos de estrés de los cultivos, o en aquellos cultivos de producción altamente intensiva (invernaderos, cultivos hidropónicos, etc.). Aunque la naturaleza de estas sustancias no es conocida, se ha demostrado que estimulan la formación de clorofila, de ácido indolacético (AIA), la producción de vitaminas y la síntesis de numerosos sistemas enzimáticos (Latorre, 2011).

También se ha encontrado que, al aplicar extractos de algas marinas, se refuerza la concentración de antioxidantes necesarios para combatir niveles tóxicos que pueden deteriorar la planta, mejorando así su metabolismo (Maneveldt y Frans, 2003).

De acuerdo con lo anterior se recomienda que los bioestimulantes se apliquen en las etapas del crecimiento del vegetal para aprovechar al máximo sus compuestos. Se recomienda aplicar sin dilución, directamente al follaje y/o al botón floral, aunque en ciertos casos también pueden ser aplicados al suelo ya sea por fertirrigación o en drench.

5. Materiales y métodos

5.1. Tipo de estudio

Este es un estudio bibliométrico retrospectivo y descriptivo, realizado a través de la revisión de artículos publicados en las bases de datos *Web of Science* y Scopus, en el tema de estudio y durante los últimos 10 años, principalmente.

5.2. Identificación de los principales estudios que demuestren el potencial de las algas como bioestimulante, empleando análisis bibliométrico

Con el fin de identificar los descriptores a emplear en la formulación de las ecuaciones de búsqueda, se realizó inicialmente un rastreo general en la plataforma *on-line Web of Science* (WOS), Scopus y en las bases de datos Science Direct, Springer y en el buscador Google académico. Como se mencionó esta consulta se realizó para tener una aproximación al tema, depurar los descriptores y evidenciar las tendencias en las búsquedas obtenidas.

Se aplicó el método *Framework*, con el fin de estructurar la ecuación de búsqueda a aplicar en la WoS y en Scopus. Posteriormente se realizó la búsqueda de las investigaciones a nivel mundial, objeto de este estudio, utilizando las ecuaciones de búsqueda estructuradas a partir de los descriptores definidos, mediante la aplicación del método citado anteriormente.

5.2.1. Método *Framework* como apoyo a la búsqueda sistemática de información

Como apoyo a la búsqueda sistemática de información el método del *Framework* permite identificar los elementos para la estructuración de las ecuaciones de búsqueda. El *Framework*, se denomina FDC por las siglas de cada una de sus fases (facetar, derivar, combinar). El *Framework* está pensado para dar soporte a la clase de revisiones bibliográficas, en las que se revisan colecciones relativamente heterogéneas de artículos de investigación. El *Framework FDC* corresponde a las siglas (Codina, 2007):

- Facetar: Requiere representar el proyecto de investigación mediante sus facetas más características. Corresponde al tipo de facetas que suele requerir la memoria de un proyecto.
- Derivar: Consiste en derivar palabras clave de cada faceta.
- Combinar: Consiste en combinar las palabras clave en ecuaciones de búsqueda.

En la ecuación estructurada se utilizaron los operadores booleanos (OR – AND - ()), y se delimitaron los años de interés (1995-2019) y el tipo de documento (artículos resultado de investigación y de revisión de tema- *review*); posteriormente se seleccionó la búsqueda por título, *abstract* y palabras clave. Luego se realizó la generación de registros. Una vez arrojados los resultados, éstos se refinaron con relación al tema del presente proyecto, dando la posibilidad de efectuar métricas, con el soporte de los datos generados en Excel por cada una de las bases de datos consultadas, en las cuales se relacionan registros de título, autor, año de publicación, título de la fuente, total de citas, etc.

Con la información recolectada se identificaron las siguientes métricas:

- Productividad y tendencia por años.
- Autores más citados.
- Productividad por idioma.
- Frecuencia de citas recibidas por título.
- País de origen de los autores (países más productivos en publicación del tema).
- Principales tendencias de investigación.

A partir de los estudios identificados, se analizaron los resúmenes y se seleccionaron los artículos que demostraron el potencial de las algas como bioestimulantes ecológicos.

5.3. Interpretación de los resultados obtenidos en los estudios de las algas como bioestimulantes

La información se sistematizó y clasificó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Géneros de algas más representativos.
- Métodos de aplicación.
- Efectos apreciados en las plantas evaluadas.

5.4. Definición de las perspectivas en la aplicación de las algas en el marco de la agricultura sostenible

Se realizó análisis de los documentos sistematizados, identificando las aplicaciones de mayor potencial, con base en los resultados obtenidos, que tengan posibilidad de ser evaluados en nuestro contexto.

6. Resultados y discusión

6.1. Identificación de los principales estudios que demuestren el potencial de las algas como bioestimulante, empleando análisis bibliométrico

Luego del rastreo realizado en los resúmenes recuperados de las diferentes bases de datos y buscadores, a través del empleo del descriptor “algas como bioestimulantes”, se identificaron los descriptores relacionados con el tema, los cuales se relacionan en la Tabla 1.

Tabla 1. Identificación de palabras clave a partir de resúmenes de artículos relacionados con el tema (algas como bioestimulantes), en diferentes bases de datos y buscadores.

Google académico	Web of science	Science direct	Scopus	Springer
Bioestimulante algal Cultivo Fotosíntesis y rendimiento Agricultura Extractos Germinación Restauración y crecimiento Efectos fisiológicos Estrés abiótico Calidad de las cosechas Zonas costeras Producción Aprovechamiento Fertilización foliar Fertilización edáfica Sustainable agriculture Marine algae extract Active compounds Bioregulators Supercritical fluid extraction Micro-algae biomass Ecological production Biofertilizer Seaweeds Seaweed liquid fertilizers	Feeding stimulant Feeding preference Agriculture Biostimulants Extracts Seaweeds Secondary metabolites Growth rates Soil fertilizer	Biomass productivity Microalgal strains Estrés abiótico Sustainable agriculture Ecological production Biofertilizer Seaweed liquid fertilizers	Plant biostimulants Photosynthetic microorganisms Algal extract Biomass production Cultivation Sustainable development Sustainable agriculture Agricultural management Seaweed sap Plant growth regulators Agricultural biostimulants Nutritional value Protein content Diversity Growth rates	Micro-nutrient Protein content Biostimulant effect Growth Yield Quality Microalgae

6.1.1. Aplicación del método Framework para definición de ecuaciones de búsqueda

Los descriptores identificados, son palabras clave diversas, en las cuales se identifica el carácter para realizar una búsqueda estructurada del tema de estudio, que se ajustó a medida del proceso de selección tomando en cuenta los descriptores más específicos. En el proceso de aplicación del método Framework FDC, se abordaron los siguientes elementos en cada etapa:

6.1.1.1. Facetar

Luego de considerar todas las facetas características de la investigación académica (tales como el objeto de estudio, el marco teórico, el marco metodológico, etc.), se obtuvo el análisis relacionado en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis de las facetas del proyecto.

Faceta	Descripción
Objeto de estudio	Las algas como bioestimulantes en plantas
Tipo de acción	Análisis, comparación, evaluación, identificación
Marco teórico	Confluyen disciplinas como la biología, microbiología, agronomía. Desarrollo sostenible, medio ambiente, buenas prácticas agrícolas.
Técnicas de obtención de datos	Búsqueda en bases de datos
Estrategias metodológicas	Estudio conceptual
Topónimos	No se define un lugar geográfico determinado
Nombres propios	No se define un autor determinado
Software o herramientas	Bases de datos Scopus y Web of Science

6.1.1.2. Derivar

Posteriormente se aplicó la fase de derivar palabras clave que representaron el objeto de estudio del proyecto, incluyendo sinónimos y variaciones en la lengua de trabajo (español) y en inglés (Tabla 3).

Tabla 3. Relación de las palabras derivadas, de la representación del objeto del proyecto.

Faceta	Palabras clave
Objeto de estudio	Algas, bioestimulantes
Tipo de acción	Análisis, comparación, evaluación, identificación
Marco teórico	Aprovechamiento Agricultura Bioestimulante algal Calidad de las cosechas Cultivo Extractos Efectos fisiológicos Estrés abiótico Fertilización foliar

	Fertilización edáfica Fotosíntesis y rendimiento Germinación Producción Restauración y crecimiento Active compounds <i>Agriculture</i> <i>Agricultural biostimulants</i> <i>Agricultural management</i> <i>Algal extract</i> <i>Biomass productivity</i> <i>Biofertilizer</i> <i>Biomass production</i> <i>Biostimulant effect</i> <i>Biostimulants</i> Bioregulators <i>Cultivation</i> <i>Diversity</i> <i>Ecological production</i> <i>Extracts</i> <i>Ecological production</i> <i>Feeding stimulant</i> <i>Feeding preference</i> <i>Growth rates</i> <i>Growth</i> <i>Marine algae extract</i> <i>Micro-algae biomass</i> <i>Microalgal strains</i> <i>Micro-nutrient</i> <i>Microalgae</i> <i>Nutritional value</i> <i>Quality</i> <i>Plant growth regulators</i> <i>Protein content</i> <i>Plant biostimulants</i> <i>Photosynthetic microorganisms</i> <i>Seaweeds</i> <i>Sustainable agriculture</i> <i>Seaweed liquid fertilizers</i> <i>Secondary metabolites</i> <i>Soil fertilizer</i> <i>Sustainable development</i> <i>Seaweed sap</i> <i>Yield</i>
Técnicas de obtención de datos	Búsqueda en bases de datos
Estrategias metodológicas	Estudio conceptual
Topónimos	No se define un lugar geográfico determinado
Nombres propios	No se define un autor determinado
Software o herramientas	Bases de datos Scopus y Web of Science

Mediante esta etapa se fueron ajustando las palabras claves más relevantes en el proceso, pero que seguían siendo de un carácter muy amplio para la búsqueda del tema de estudio; sin embargo, en esta etapa resulta imprescindible la relación de cada una de las palabras derivadas con la representación del objeto del proyecto.

6.1.1.3. Combinar

Posteriormente, se agruparon las palabras clave de las fases anteriores, en la ecuación de búsqueda relacionada en la Tabla 4.

Tabla 4. Ecuación de búsqueda resultado de la aplicación del método del Framework.

("bioestimulante algal") AND (aprovechamiento OR agricultura OR "calidad de las cosechas" OR cultivo OR extractos OR "efectos fisiológicos" OR "estrés abiótico" OR "fertilización foliar" OR "fertilización edáfica" OR fotosíntesis OR rendimiento OR germinación OR producción OR restauración OR crecimiento) AND ("algal biostimulant") AND ("active compounds" OR agriculture OR "agricultural biostimulants" OR "agricultural management" OR "algal extract" OR "biomass productivity" OR biofertilizer OR "biomass production" OR "biostimulant effect" OR bioregulators OR cultivation OR diversity OR "ecological production" OR extracts OR "ecological production" OR "feeding stimulant" OR "feeding preference" OR "growth rates" OR growth OR "marine algae extract" OR "micro-algae biomass" OR "microalgal strains" OR micro-nutrient OR microalgae OR "nutritional value" OR quality OR "plant growth regulators" OR "protein content" OR "plant biostimulants" OR "photosynthetic microorganisms" OR seaweeds OR "sustainable agriculture" OR "seaweed liquid fertilizers" OR "secondary metabolites" OR "soil fertilizer" OR "seaweed sap" OR yield)
--

Esta ecuación se aplicó en Scopus, la cual se empezó a ajustar, con el fin de obtener los resultados más relacionados con el tema de interés. Finalmente, se obtuvieron 51 resultados, empleando la ecuación que se relaciona en la Tabla 5.

Tabla 5. Ecuación de búsqueda, empleada en Scopus (fecha de consulta agosto 23 de 2019).

ALL ((biostimulant) AND (microalgal) AND (algae) AND ("active compounds" OR agricultura OR "agricultural biostimulants" OR "agricultural management" OR "algal extract" OR "biomass productivity" OR biofertilizer OR "biomass production" OR "biostimulant effect" OR bioregulators)) AND (EXCLUDE (SRCTYPE , "b") OR EXCLUDE (SRCTYPE , "k") OR EXCLUDE (SRCTYPE , "p") OR EXCLUDE (SRCTYPE , "d")) AND (EXCLUDE (DOCTYPE , "ch") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "cp") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "bk"))
--

En la búsqueda realizada en la WoS, se trató de utilizar la misma ecuación empleada en Scopus, sin embargo, ésta no arrojó resultados y se requirió de su ajuste. Finalmente, la ecuación que más aciertos tuvo con relación al tema en estudio fue más sencilla a la aplicada en Scopus (Tabla 6).

Tabla 6. Ecuación de búsqueda, empleada en WoS (fecha de consulta septiembre 2 de 2019).

ALL (microalgal biostimulants) AND (microalgae") AND (Agricultural biostimulant) OR (algae) AND (soil) AND (plant) AND ("microalgal")
--

En el resultado de cada una de las búsquedas realizadas, se verificó la coherencia de cada título con el tema de interés, permitiendo refinar los resultados obtenidos. En la búsqueda en Scopus, se obtuvo un total de 51 documentos, de los cuales 9 títulos no correspondían con el tema. Lo cual dio un porcentaje de acierto de la ecuación del 82,35%.

En WoS, se obtuvieron 12 títulos, de los cuales todos estaban relacionados con el tema de la presente revisión de tema, obteniéndose un porcentaje de acierto de la ecuación del 100%.

Con la información encontrada y depurada, se realizaron las métricas para los datos obtenidos en cada base de datos, como se relaciona a continuación.

6.1.2. Métricas de los resultados obtenidos en Scopus

Luego de refinar la búsqueda se obtuvieron 42 títulos en Scopus; los cuales muestran la mayor producción en el 2018, seguido de la producción obtenida hasta septiembre de 2019 (Figura 1). Lo anterior muestra una tendencia en aumento por el estudio de este tipo de organismos con esta aplicación, debido a que anteriormente las aplicaciones de las algas estaban más relacionadas con alimentos en acuicultura (alimento para larvas, probióticos), ingredientes para alimentos funcionales y nutracéuticos (ácidos grasos poli insaturados, oligosacáridos, antioxidantes), farmacéuticas, cosméticas, agroquímicas, pigmentos, biocombustibles. Algunas algas intervienen en la preparación de sustancias gelatinosas utilizadas para el cultivo de bacterias y hongos, como agentes gelificantes para postres y confituras (Rosa, 2012).

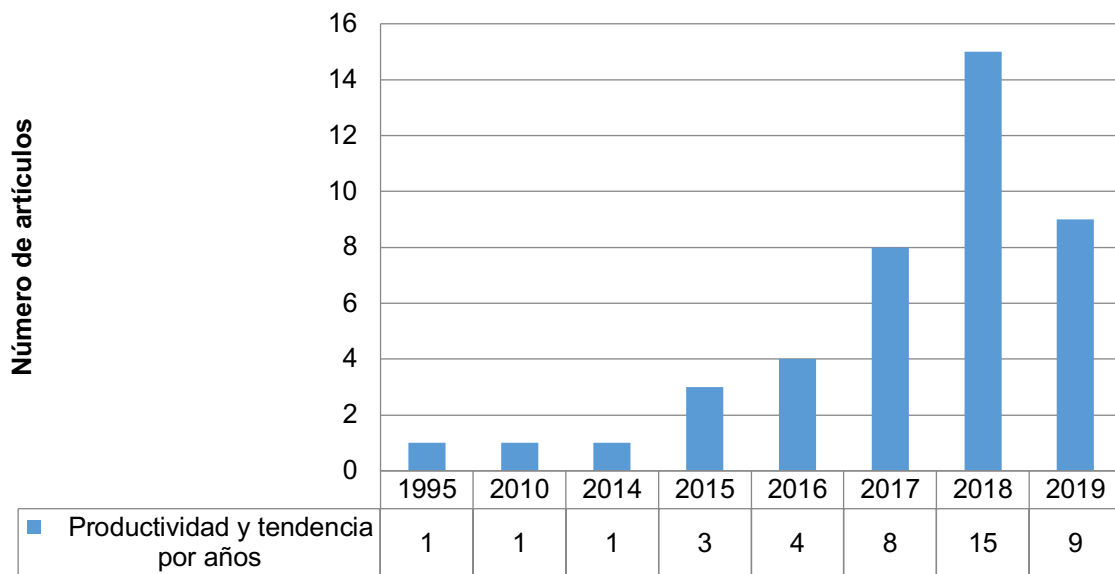


Figura 1. Productividad y tendencia por años de publicación, en la base de datos Scopus (1995-2019).

Adicionalmente, se identificaron los diez autores más citados en los documentos analizados (Figura 2). Se aprecia que los autores con mayor número de artículos publicados fueron Michalak (25%) y Chojnacka (21,87%); ambos autores provienen de Polonia.

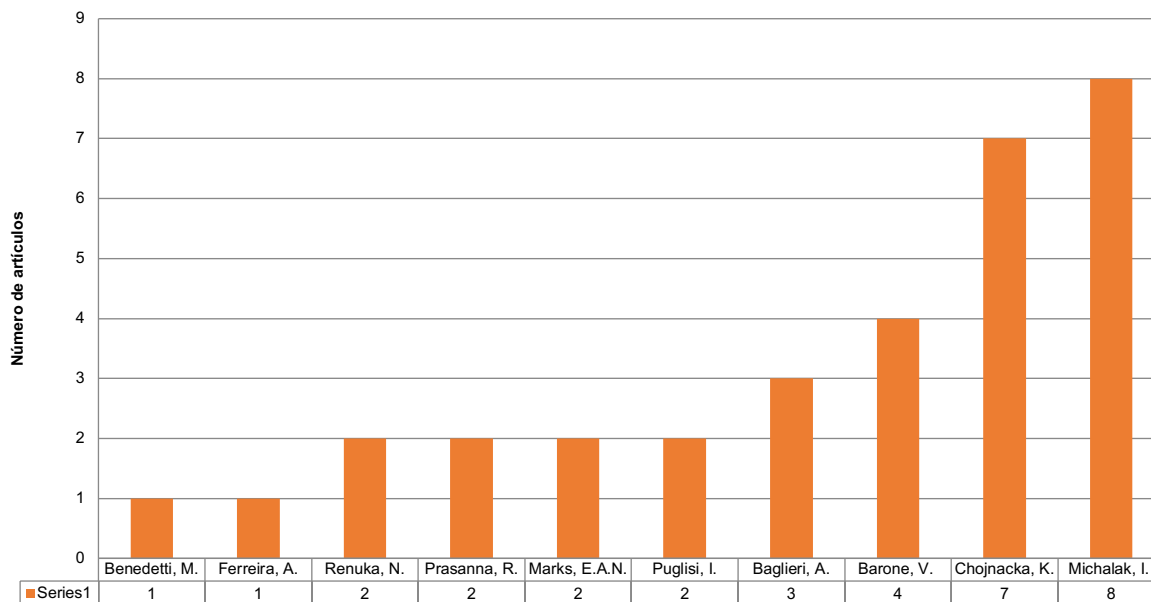


Figura 2. Relación de los 10 autores más citados, en la base de datos Scopus (1995-2019).

La frecuencia de citas recibidas por título (Figura 3), presentó una coincidencia con la tendencia evidenciada en la Figura 2, donde dos de los autores con el mayor número de citas, tuvieron un título con valores altos en citación (60 y 87 citaciones por título respectivamente) los cuales corresponden a los autores Chojnacka y Michalak. El mayor número de citaciones por título (105) correspondió al autor Kulik, en un artículo relacionado con el uso potencial de las cianobacterias y algas en el control biológico de bacterias y hongos fitopatógenos. Esta aplicación tiene una novedad importante en la aplicación de este tipo de organismos.

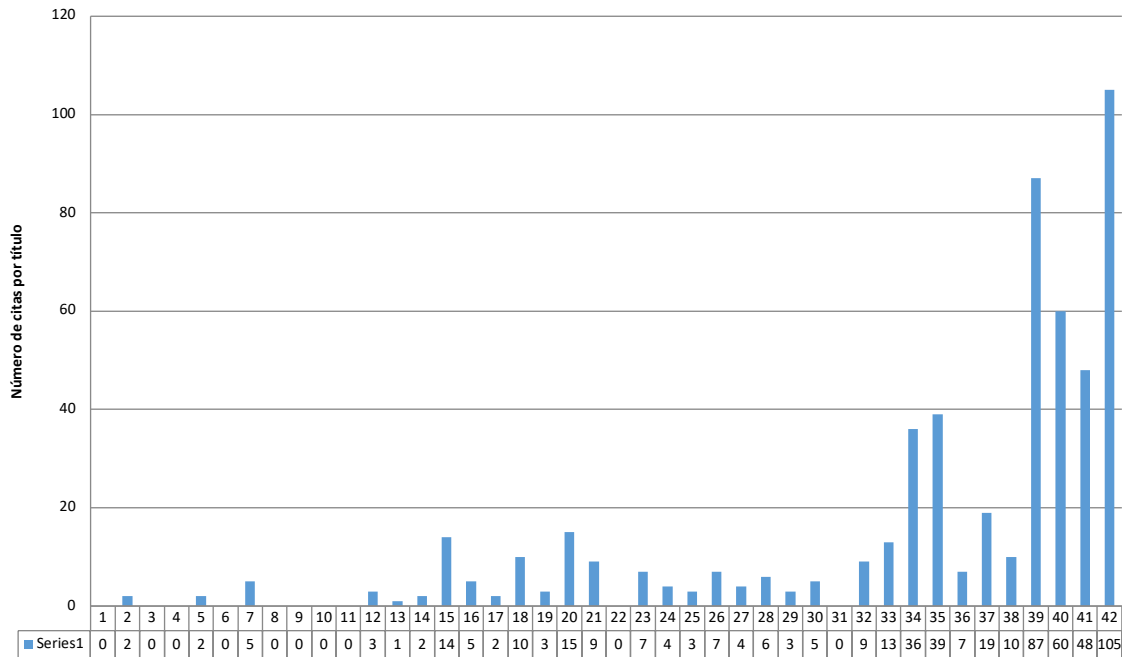


Figura 3. Frecuencia de citas recibidas por título, en la base de datos Scopus (1995-2019). Los títulos se codificaron de 1 a 42, por efectos de espacio en la figura (ver Anexo 1).

En la Figura 4, se aprecia que dentro de las principales tendencias de investigación en las que se encontró delimitado el tema de estudio, sobresalen las ciencias agropecuarias y biológicas, y las ciencias ambientales e ingeniería química.

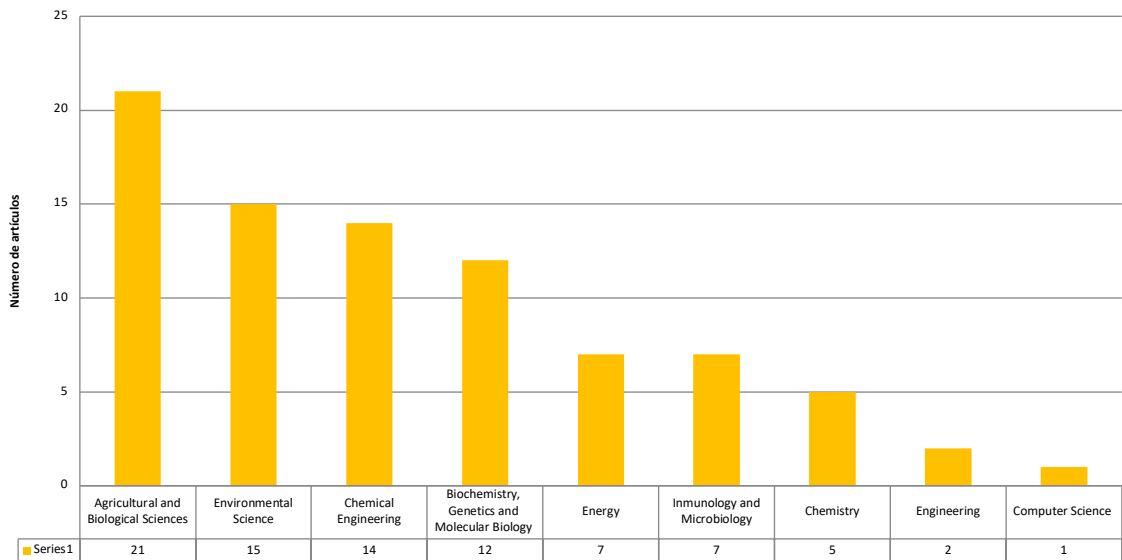


Figura 4. Principales tendencias de investigación, en la base de datos Scopus (1995-2019).

La distribución de los títulos seleccionados de acuerdo con el tipo de documento se presenta en la Figura 5, en la cual se aprecia que el mayor número de documentos corresponden a artículos resultado de investigación (59,52%), seguido de revisiones de tema (40,48%). El 100% de los títulos encontrados están escritos en inglés.

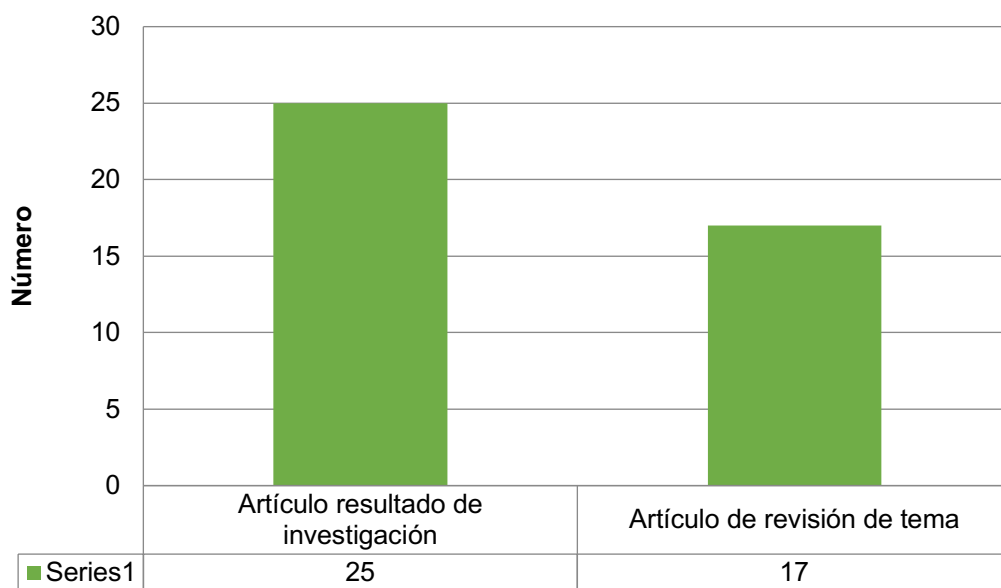


Figura 5. Tipo de documentos, en la base de datos Scopus (1995-2019).

Los países de origen de los autores más citados son: Polonia, Italia, India, Portugal, Sur África y España.

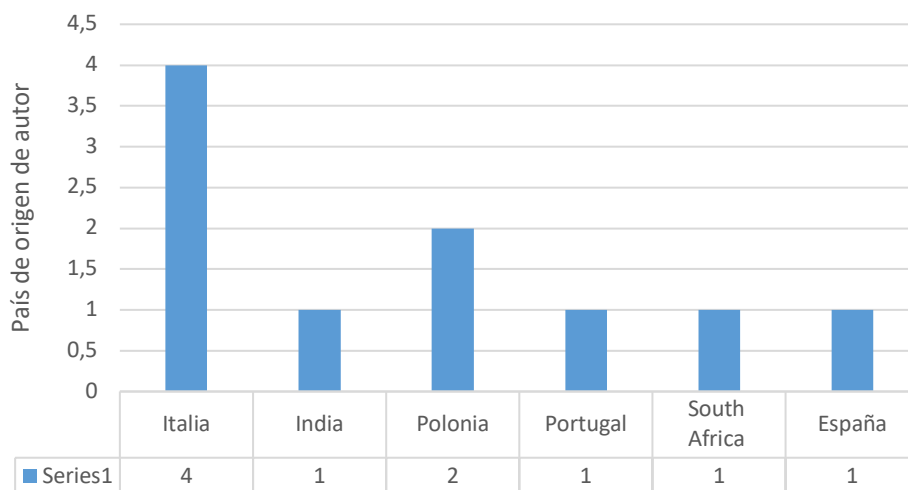


Figura 6. País de origen de los autores más citados, en la base de datos Scopus (1995-2019).

6.1.3. Métricas de los resultados obtenidos en la Web of Science

Seguidamente luego de refinar la búsqueda se obtuvieron 12 títulos en la WoS; los cuales muestran la mayor producción en el 2018, seguido de la producción obtenida hasta septiembre de 2019 (Figura 7).

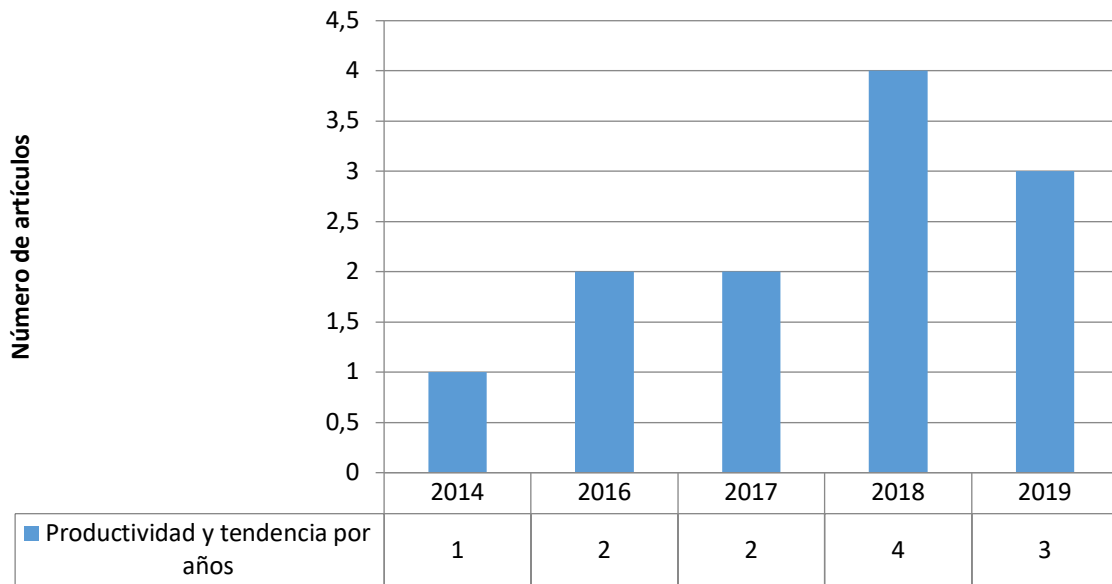


Figura 7. Productividad y tendencia por años de publicación, en la base de datos WoS (1995-2019).

Se tomaron en cuenta los diez autores más citados (Figura 2), siendo el de mayor producción Ronga (3 títulos citados); los otros nueve autores presentan el mismo número de citaciones (1 título citado).



Figura 8. Relación de los 10 autores más citados, en la base de datos WoS (20014-2019).

La frecuencia de citas recibidas por título (Figura 9), concuerda con la figura 8 ya que el autor más citado Ronga, posee el mayor número de citas por título, seguido de Erkelens y Marks.

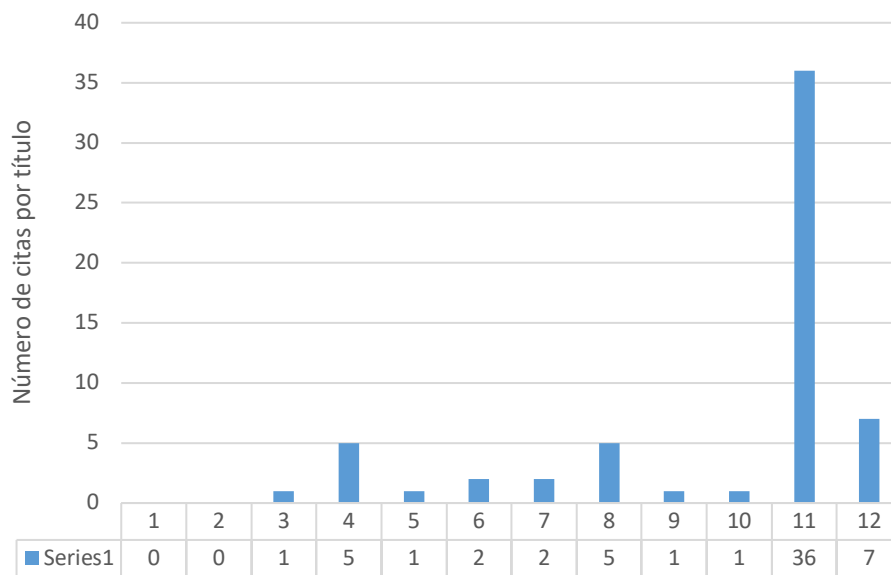


Figura 9. Frecuencia de citas recibidas por título, en la base de datos WoS (1995-2019). Los títulos se codificaron de 1 a 12, por efectos de espacio en la figura (ver Anexo 2).

Dentro de las principales tendencias de investigación en las que se encontró delimitado el tema de estudio (Figura 10), sobresalen ciencias agropecuarias y biológicas, ciencia ambiental, agronomía y ciencia de las plantas.

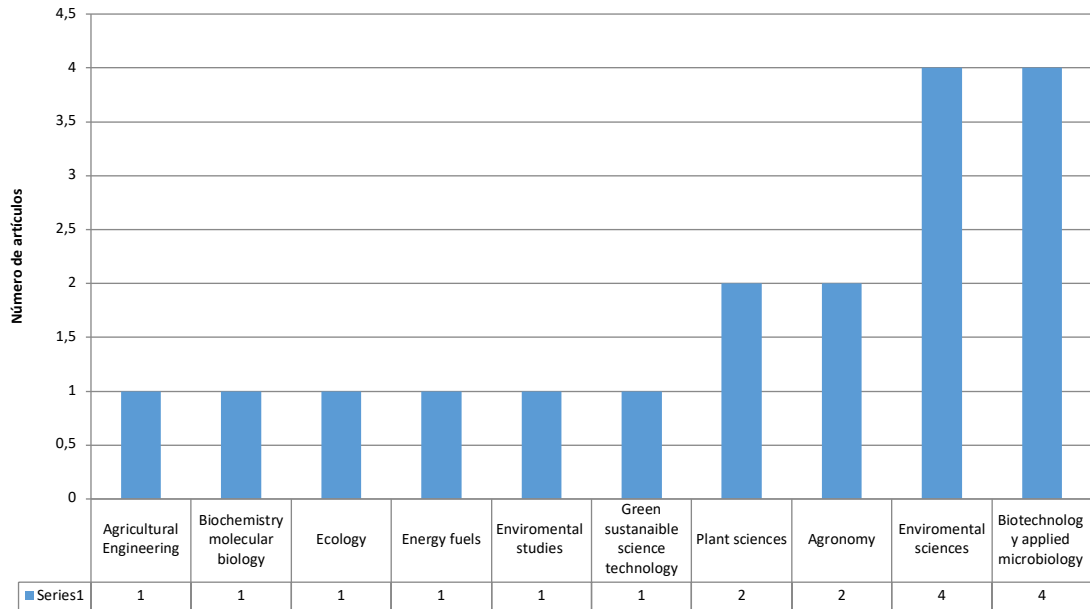


Figura 10. Principales tendencias de investigación, en la base de datos WoS (1995-2019).

La búsqueda realizada en la base de datos WoS para los tipos de documentos (Figura 11), fue refinada para tener en cuenta artículos científicos y *review* relacionados con el tema de estudio; después de este proceso se obtuvieron 7 en artículos resultado de investigación y 5 artículos de revisión de tema. Los 12 documentos seleccionados en la base de datos WoS, se encuentran escritos en inglés.

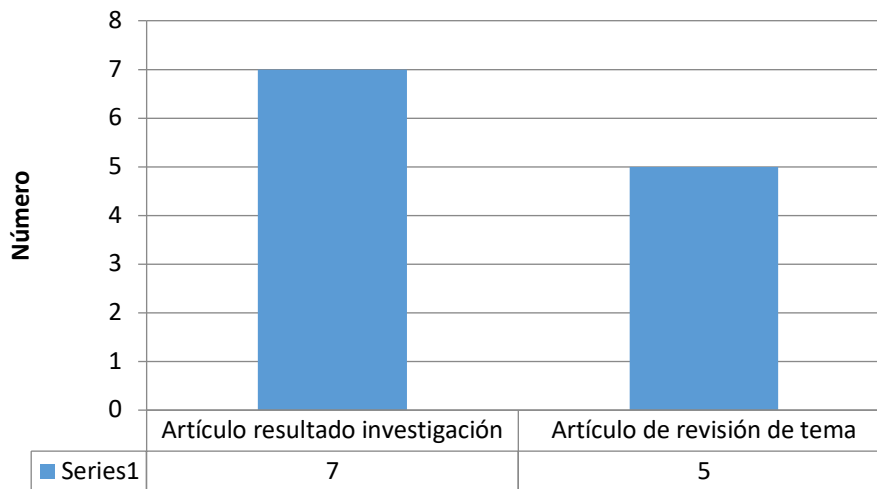


Figura 11. Tipo de documentos, en la base de datos WoS (1995-2019).

Los países de origen de los autores más citados son: China, Australia, Burgos, España, Hong Kong, Hungría, Irán, Italia, Marruecos.

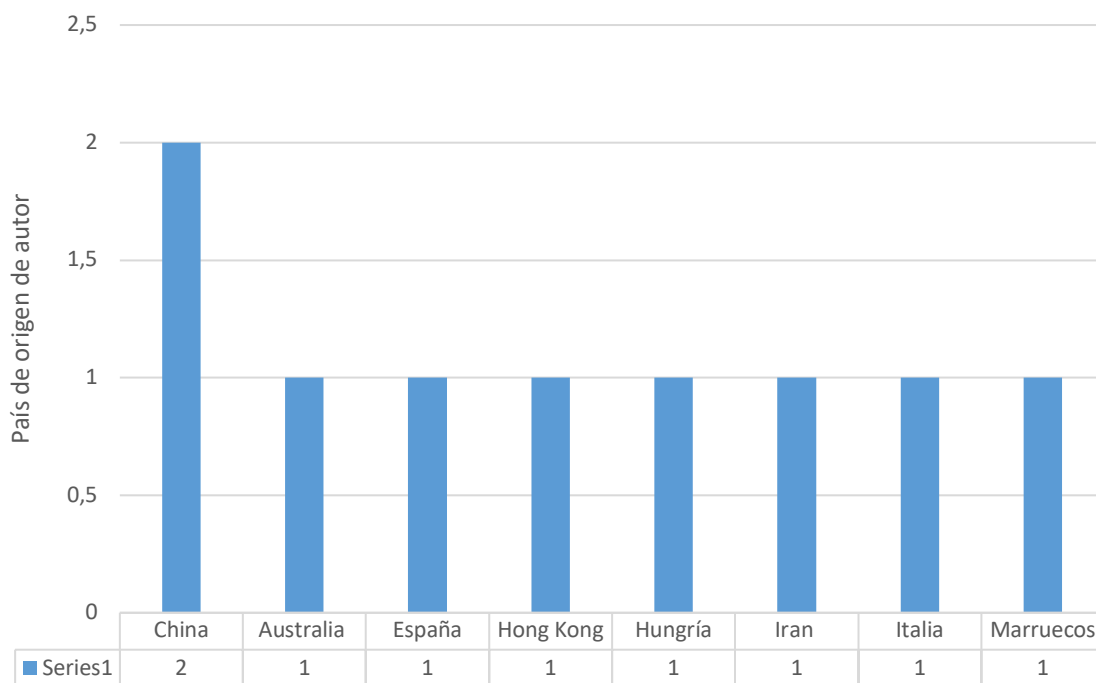


Figura 12. País de origen de los autores más citados, en la base de datos WoS (1995-2019).

A partir de los estudios identificados, se analizaron los resúmenes y se seleccionaron los artículos que demostraron el potencial de las algas como bioestimulantes ecológicos (Anexo 1 y 2); este análisis se realizó en 54 documentos.

6.2. Interpretación de los resultados obtenidos en los estudios de las algas como bioestimulantes

6.2.1. Base de datos Scopus

Se analizó la sistematización de los 25 artículos resultado de investigación encontrados en la base de Scopus entre 1995 hasta septiembre de 2019, representado el 59,5% de la información recolectada. Se encontró que los géneros de algas más estudiados en la aplicación como bioestimulante en cultivos de interés son *Chlorella sorokiana*, *Scenedesmus quadricauda*, algas bálticas, *Chorella vulgaris* y *Spiruilna platensis*,

relacionados en el 78,6% en los artículos. En el 21,4% de los artículos resultado de investigación se estudiaron los géneros: *Ulva* sp., *Chlorella fusca*, *Scenedesmus obliquus*, *Neochloris oleabundans*, *Kappaphycus alvaressi*, *Chlorococcum*, *Chroococcus*, *Ascophyllum nodosum* y *Acotudesmus dimorphus*.

6.2.1.1. Artículos resultado de investigación

El alga *Chlorella sorokiana* fue estudiada en seis artículos a través de diferentes tratamientos, presentado resultados satisfactorios y benéficos cuando ésta fue utilizada. El alga ha sido evaluada principalmente en tomate y trigo. Los estudios relacionados con esta alga se relacionan a continuación:

Eban *et al.*, (2019), evaluaron el alga en tomate, a través de un primer experimento en macetas con suelo agrícola en una cámara de crecimiento a 25 ± 2 °C iluminadas por luz artificial. Se determinó periódicamente la actividad biológica del suelo al suministrar el alga *Chlorella sorokiana*, arrojando resultados satisfactorios en el aumento de la concentración de CO₂ en un 25% de la superficie del suelo

Raja *et al.*, (2018) germinaron semillas de *Triticum aestivum* en macetas que contenían un sustrato de crecimiento (vermiculita de turba) y cultivadas durante quince días con aplicaciones de *Chlorella sorokiana*. Se apreciaron resultados positivos en la planta de estudio, con un incremento del 30% en la longitud de la planta, además de un aumento del 22% en la biomasa seca total del suelo.

Lucas *et al.*, (2018), estudiaron el efecto de la temperatura en la alteración de la producción de biomasa y metabolitos de las microalgas. Obteniendo como resultado un aumento de los carotenoides totales de *Chlorella sorokiana*, después de ser sometida a temperaturas de 39/35°C (0,578 y 0,830) y una biomasa seca máxima de (2900 mg/L⁻¹).

Azianabiha *et al.*, (2018), investigaron la capacidad de aclimatación de *Chlorella sorokiana* nativa y *Chlorella sorokiana* comercial en un efluente proveniente de molino de aceite de palma. Se demostró que ambas algas presentaron un aumento en la tasa de crecimiento específico (μ_{max} de 0,31 día y 0,30 día, respectivamente). Aunque se apreció un tiempo de adaptación más prolongado (40%) en la *Chlorella sorokiana* comercial.

Nirmal *et al.*, (2017), utilizaron un consorcio de microalgas nativas entre las cuales se encontraba *Chlorella sorokiana*, en un sustrato de vermiculita como compost. Se comprobó cuál de los tratamientos podría mejorar la disponibilidad de los micronutrientes del suelo en la cosecha de trigo. Se registró una mejora de 35,1 - 51% en el contenido del carbono orgánico, además de un rendimiento del grano de 37,3-48% y aumento en micronutrientes (Zn, Fe, Cu, Mn) producido por *Chlorella sorokiana*.

Finalmente, Ryan *et al.*, (2010) evidenciaron un aumento de la productividad de la biomasa en un 170% al utilizar *Chlorella sorokiana* adicionada con fitohormonas en un cultivo estático, a través de una cámara de crecimiento con temperatura controlada.

Otro de los géneros de algas que presenta efectos benéficos en el crecimiento de las plantas evaluadas ha sido *Chlorella vulgaris*. El primer estudio se realizó en macetas con suelo agrícola utilizando plantas de tomate, iluminadas con luz artificial con fotoperiodos de 16 horas. Al ser analizadas las plantas, éstas mostraron un aumento significativo en el crecimiento entre 3,5 y 4,3 cm (Valeria *et al.*, 2019).

En un segundo experimento se evaluó el efecto bioestimulante de *Chlorella vulgaris* sobre sustancias húmicas extraídas de desechos industriales y residuos de tomate, lo que demostró un aumento significativo en la producción de biomasa y lípidos para residuos del material de una granja agrícola y residuos de tomate (Ivana *et al.*, 2018).

El alga *Scenedesmus quadricauda*, presentó efectos benéficos en plantas de tomate, en las cuales se evaluó el índice de potencial de fertilidad en suelo agrícola con un Mw de 9,47 (Valeria *et al.*, 2019). Igualmente, se evaluó este género en presencia de DHL (digestato de residuos agropecuarios), afectando positivamente el crecimiento de las plantas de tomate con un Mw de 7,92 (Valeria *et al.*, 2019). En el cultivo de aceite de colza, la microalga *Scenedesmus quadricauda* aumentó significativamente la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados, carbohidratos y clorofila en un 19% (Valeria *et al.*, 2019).

Con relación al uso de algas bálticas se encontraron cuatro artículos relacionados, donde se demostró su gran utilidad, principalmente en cultivos de berro (*Lepidium sativum*). El primer artículo describe un estudio, en el cual se demostró que al aplicar las algas en las

plantas *Lepidium sativum* y *Raphanus sativus*, se biofortificaron en micro y macroelementos (B, Fe, Cu, Zn, Ca, K, S) (Izabela *et al.*, 2017).

En un segundo estudio se comprobó nuevamente que al suministrar las algas a las plantas *Lepidium sativum*, hubo un incremento significativo en el contenido de micro y macroelementos especialmente en boro, calcio, hierro y silicio (Izabela, 2017).

En el tercer experimento se aplicaron las algas bálticas en plantas de trigo de invierno variedad Akteur, lo que permitió un aumento de la masa de 1000 granos en un 18,5% (Izabela, 2016).

En el cuarto experimento los extractos de algas bálticas obtenidos por MAE (extracción asistida por microondas), presentan el mayor potencial como bioestimulantes en las plantas de *Lepidium sativum*, en cuanto a un mayor contenido de clorofila, micro y macroelementos, peso en un 20,30 y 40% y altura en un 10% (Izabela, *et al.* 2015).

Con *Spirulina platensis* se demostró un aumento de la longitud del vástago en las plantas de trigo de invierno variedad Akteur de 1,5L/ha. Al combinar la biomasa de *S. platensis* con aguas residuales de acuicultura, se demostró que mejora el crecimiento de las hojas de las plantas *Eruca sativa*, *Ameranthus gangeticus*, *Brassica rapa ssp. chinensis*, lo cual se evidenció a través del incremento del peso seco de las plántulas.

6.2.1.2. Artículos de revisión de tema

Posteriormente, se analizó la sistematización de los 17 *review* encontrados en la base de Scopus entre los años 1995 hasta septiembre de 2019, los cuales representan el 40,47% de la información recolectada.

Dentro de los artículos de revisión de tema, se resalta la importancia de generar una biotecnología basada en microalgas, con el fin de potencializar su cultivo y utilización (Nirmal, *et al.* 2018); siendo de gran importancia la reducción de costos, ya que esta tecnología demanda grandes inversiones lo que imposibilita que muchas empresas o personas puedan acceder a ésta (Siew, *et al.* 2018). Además, se relacionan los métodos de extracción más efectivos, que permiten conocer los principales compuestos bioactivos y su uso en la agricultura (Pasquale, *et al.* 2018), también de la importancia en el desarrollo del

procesamiento de los bioestimulantes y biofertilizantes de microalgas (Domenico, et al. 2019).

6.2.2. Base de datos WoS

6.2.2.1. Artículos resultado de investigación

Se analizó la sistematización de los 7 artículos encontrados en la base de WoS (1995 hasta septiembre de 2019), los cuales representan el 58,3% de los documentos. En el 42,85% de los artículos, las algas más estudiadas fueron *Chlorella vulgaris* y *Nostoc* sp., representando y en el 57,15% de los documentos los géneros más estudiados fueron *Dunaliella salina*, *Scenedesmus dimorphus* y *Tetraselmis* sp.

En el estudio de los componentes de extractos acuosos (EA) de la microalga *Chlorella vulgaris* se identificaron en las hojas de la *Artemisia ordosica*, que los EA contenían fluorescencia de ácido húmico y fúlvico, componentes con alta aromaticidad. También comprendían cuatro componentes químicos principales a saber (alcoholes, fenoles, ácidos orgánicos y sacáridos). Se demostró que las bajas concentraciones de AE aumentaron la tasa de crecimiento y el rendimiento de fluorescencia de clorofila de *C. vulgaris* (Xiangjun et al. 2019).

El nitrógeno es uno de los factores limitantes en la producción del arroz convencional (*Oryza sativa*), que ha sido suplido en gran medida por fertilizantes sintéticos. Se diseñó un fotobiorreactor de transporte aéreo semicerrado vertical (PBR) para cultivo de microalgas, que posteriormente se evaluó como fertilizante en el crecimiento de arroz. Se demostró que la altura de las plantas de arroz tratadas con biomasa de microalgas a base de policultivo de *C. vulgaris* aumentó de manera significativa (Michael et al. 2018).

En un experimento de laboratorio controlado con suspensiones de *Chlorella* aplicadas al suelo, se demostró que ésta estimula la actividad heterotrófica y promueve el crecimiento bacteriano. Además, que el efecto de la oscuridad también es prueba de la importancia de la fotosíntesis en la actividad de las algas (Evan et al. 2017).

Por otra parte, se evaluó el potencial de *Dunaliella salina* para atenuar el efecto del estrés salino en el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*). Se logró mitigar el estrés salino entre 3 y 6 g/L (El Arroussi et al. 2018).

6.2.2.2. *Artículos de revisión de tema*

Se analizó la sistematización de los 5 artículos de revisión de tema encontrados en la base de datos WoS entre los años 2009 hasta septiembre de 2019, representando el 41,6% de la información recolectada.

En cuanto a la información que se obtuvo en los *review* se puede deducir que se buscó concientizar a través de una perspectiva crítica las consecuencias del uso deliberado de los pesticidas sintéticos, ofreciendo como alternativa los bioestimulantes a base de microalgas (Jorge, et al. 2018), para lograr una agricultura sostenible y amigable con el medio ambiente (Isiri, et al. 2018). Además del desarrollo de los bioestimulantes y biofertilizantes de microalgas y su uso como una técnica alternativa para la protección y buena calidad de los cultivos, aumentando el rendimiento de estos (Domenico, 2016).

6.3. Definición de las perspectivas en la aplicación de las algas en el marco de la agricultura sostenible

Luego del análisis de los resultados obtenidos se apreció un potencial enorme en las microalgas por la capacidad de producir biomasa, en diferentes condiciones, a partir de la plasticidad metabólica que le permite adaptarse a diferentes condiciones y ambientes. En este sentido las microalgas pueden realizar fotosíntesis a partir de diferentes fuentes de nutrientes como las sales minerales en condiciones autotróficas, o de sustancias orgánicas (como estiércoles y aguas residuales) en condiciones mixotróficas. Adicionalmente, algunas microalgas pueden crecer en condiciones heterotróficas, usando carbono orgánico en ausencia de luz. Esta capacidad puede ser usada en la producción de alimentos, concentrados, compuestos bioactivos, bioestimulantes, en la biorremediación y la producción de biofertilizantes (Chisti, 2007).

Colombia tiene una gran diversidad de ficoflora marina, sin embargo, la recolección y utilización de algas se mantiene por debajo de su potencial. Se hace necesario generar

estudios sobre algas marinas enfocándose en investigaciones de muestreo, taxonomía, explotación y cultivo de algas económicamente importantes para el país.

En la agricultura también han sido utilizados los extractos de algas marinas, como acondicionadores del suelo para mejorar la productividad de los cultivos (Newton 1951; Booth 1969; Abdel-Raouf *et al.* 2013). Asimismo, se ha confirmado que los polisacáridos extraídos de algas marinas se usan como perfectos quelantes de iones metálicos. Además, se ha informado que estos polisacáridos son ricos en grupos funcionales que tienen la capacidad para unir a algunos microelementos con valor importante como nutrientes vegetales (Kaplan *et al.* 1987). Además, los extractos de algas marinas son conocidos como estimulantes del crecimiento de plantas. Se han aplicado por aspersión foliar y al sustrato para mejorar el crecimiento de la planta en condiciones extremas de congelación, sequía y alta salinidad, también las plantas tratadas con extractos de algas marinas han mostrado una notable resistencia a enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus. Finalmente, mejoran el rendimiento y la productividad de varios cultivos (Norrie y Keathley 2006; Gajc-Wolska *et al.* 2013; Sharma *et al.* 2014).

Las evidencias hasta ahora conocidas sobre las actividades potenciales de los extractos de las algas marinas, las hace un foco de atención para realizar investigaciones de este tipo en nuestro país, donde existe un gran número de especies a lo largo de los océanos. En Colombia existe poca información referente al tema, por lo que el objetivo es contribuir a un mayor conocimiento sobre el uso potencial de las especies, con base en el conocimiento previo sobre las principales categorías de los usos y sus modos de acción.

7. Conclusiones

A través del anterior estudio, se realizó el análisis bibliométrico del estado actual de las algas como bioestimulantes y perspectivas de su uso en la agricultura sostenible durante el periodo 1995- septiembre 2019 en las bases de datos Scopus y Web of Science. Lo cual permitió identificar que existe un enorme potencial en investigación debido a que, por el número de documentos publicados, aún se tienen posibilidades de ampliar la información relacionada con el tema. Esta investigación permitió determinar algunas características del estudio bibliométrico de las algas como bioestimulante, las cuales se relacionan a continuación:

- Se encontró que los géneros de algas más estudiados en la aplicación como bioestimulante en cultivos de interés son *Chlorella sorokiana*, *Scenedesmus quadricauda*, algas bálticas, *Chorella vulgaris* y *Spirulina platensis*.
- En los cultivos (tomate, berro, trigo) donde se aplicaron las algas se encontraron resultados positivos como aumento en la altura de las plantas, en el índice potencial de fertilidad en tierra agrícola y en la biomasa seca, incremento en el contenido de micro y macroelementos (boro, calcio, hierro y silicio), aumento en la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados, carbohidratos y clorofila.
- Se resalta la importancia de generar una biotecnología basada en microalgas, con el fin de potencializar su cultivo y utilización; siendo de gran importancia la reducción de costos, ya que esta tecnología demanda grandes inversiones lo que imposibilita que muchas empresas o personas puedan acceder a ésta. Además, se relacionan los métodos de extracción más efectivos, que permiten conocer los principales compuestos bioactivos y su uso en la agricultura, también de la importancia en el desarrollo del procesamiento de los bioestimulantes y biofertilizantes de microalgas.
- Las microalgas se han convertido en un recurso a nivel mundial, ya que su producción se ha destinado fundamentalmente a la utilización como bioestimulantes y biofertilizantes en la agricultura. Además, estas poseen en su biomasa proteínas, lípidos esenciales, carbohidratos, vitaminas que las convierten en candidatas propicias para la generación de un sin número de productos naturales.
- Los cultivos de microalgas en fotobiorreactores generan mayor productividad que los cultivos de algas al exterior, ya que estos generan un crecimiento celular de manera eficaz, rápida, controlada y sostenible.

- Hasta ahora los estudios se han centrado principalmente en la demostración del potencial de las microalgas evaluadas, por lo tanto, es necesario profundizar en la evaluación de otros cultivos de interés económico, aplicación en diferentes estados fenológicos de las plantas, métodos de aplicación, frecuencia de aplicación, métodos de producción y formulación de las microalgas para el desarrollo de un bioestimulante, entre otros aspectos.

8. Recomendaciones

Se espera que esta revisión actualizada sobre las especies de microalgas y su uso potencial contribuya de manera significativa a complementar los conocimientos previos, despertando el interés para futuras investigaciones en el marco de la línea de investigación en Biosistemas integrados. Lo anterior debido a que la investigación de los compuestos activos en las microalgas y su amplio espectro biológico se ha incrementado en los últimos años. En Colombia, es necesario realizar una evaluación con precisión para entender y elucidar claramente su mecanismo de acción, donde la relación entre estructura y función debe ser descifrada por estudios intensivos.

9. Referencias bibliográficas

Akila, V., Manikandan, A., Sukeetha, D.S., Balakrishnan, S., Ayyasamy, D.M. y Rajakumar, S. 2019. Biogas and biofertilizer production of marine macroalgae: An effective anaerobic digestion of *Ulva* sp.. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*.

Arroussi, H., Benhima, R., Elbaouchi, A., Sijilmassi, B., Mernissi, E., Aafsar, A., Kadmiri, M., Bendaou, N. y Smouni, A. 2018. *Dunaliella salina* exopolysaccharides: a promising biostimulant for salt stress tolerance in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Applied Phycology*. 30:2929–2941.

Bai, A., Popp, J., Pető, K., Szőke, I., Rákos, M. y Gabnai, Z. 2017. The Significance of Forests and Algae in CO₂ Balance: A Hungarian Case Study. *Sustainability*.

Barone, V., Puglisi, I., Fragalà, F., Stevanato, P. y Baglieri, A. 2018. Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *J Appl Phycol*. 30:1061–1071.

Barone, V., Puglisi, I., Fragalà, F., Stevanato, P., Lo Piero, A.R., Giuffrida, F y Baglieri, A. 2019. Novel bioprocess for the cultivation of microalgae in hydroponic growing system of tomato plants. *Journal of Applied Phycology*. 31:465–470.

Barone, V., Baglieri, A., Stevanato, P., Broccanello, C., Bertoldo, G., Bertaggia, M., Cagnin, M., Pizzeghello, D., Moliterni, V. M. C., Mandolino, G., Fornasier, F., Squartini, A., Nardi, S. y Concheri, G. 2017. Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *J Appl Phycol*.

Beltrán-Rocha, J.C., Barceló-Quintal, I.D., Martínez, M., Osornio-Berthet, L., Saavedra-Villarreal, N., Villarreal-Chiu, J. y López-Chuken, U.J. 2017. Polishing of municipal secondary effluent using native microalgae consortia. *Water Science y Technology*.

Benedetti, M., Vecchi, V., Barera, S. y Dall'Osto, L. 2018. Biomass from microalgae: the potential of domestication towards sustainable biofactorial. *Microbial Cell Fact*. 17:173.

Bietti, S. y Orlando, J. 2003. Nutrición vegetal: Insumos para cultivos: Bioestimulantes/Correctores, disponible en URL: www.triavet.com.ar

Booth, B. 1969. The manufacture and properties of liquid seaweed extracts. *Proc Intl Seaweed Symp.*6:655–662.

Burg B. 2003. Extremophiles as a source for novel enzymes. *Current Opinión in Microbiology*.

Chiaiese, P., Corrado, G., Colla, G., Kyriacou, M.C. y Roupael, Y. 2018. Renewable Sources of Plant Biostimulation: Microalgae as a Sustainable Means to Improve Crop Performance. *Frontiers in Plant Science*.

Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*.

Coêlho, D., Tundisi, L., Cerqueira, K., Rodrigues, J., Mazzola, O. y Tambourgi, E. 2019. Microalgae: Cultivation Aspects and Bioactive Compounds. *Biological and Applied Sciences*.

Erkelens, M., Ball, A. y Lewis, D. 2014. The influences of the recycle process on the bacterial community in a pilot scale microalgae raceway pond. *Bioresource Technology* 157: 364–367.

Ferreira, A. y Ribeiro, M. 2019. *Scenedesmus obliquus* microalgabased biorefinery – from brewery effluent to bioactive compounds, biofuels and biofertilizers – aiming at a circular bioeconomy. *Biofpr*.

Gajc-Wolska, J., Spizewski, T. y Grabowska, A. 2013. The effect of seaweed extracts on the yield and quality parameters of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *cymosa* L.) in open field production. *Acta Horticulture*. 1009, 83–89.

García-González, J. y Sommerfeld, M. 2016. Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. *J Appl Phycol*. 28:1051–1061.

Gatamaneni, L., Bhalamurugan, O.V. y Mark, L. 2018. Valuable bioproducts obtained from microalgal biomass and their commercial applications: A review. *Environ. Eng.* 23(3): 229-241.

Giraldo-Calderón, N.D., Romo-Buchelly, R.J., Arbeláez-Pérez, A.A., Echeverri-Hincapié, D. y Atehortúa-Garcés, L. 2018. Microalgae biorefineries: applications and emerging technologies. *DYNA*. Medellín.

Guerrero Chapi, A. 2006. Efecto de tres bioestimulantes comerciales en el crecimiento de los tallos de *Proteas*, *Leucadendron* sp cv. Safari Sunset. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing. Agrop. Ecuador: Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Haque, F., Banayan, S., Yee, J. y Chiang, Y. 2017. Extraction and applications of cyanotoxins and other cyanobacterial secondary metabolites. *Chemosphere* 183: 164e175.

Hernández-Pérez, A., & Labbé, J. I. 2014. Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de biología marina y oceanografía*, 49(2), 157-173.

Hong, D. D., H. M. Hien & P. N. Son. 2007. Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. *Journal of Applied Phycology* 19: 817-826. DOI:10.1007/s10811-007-9228-x.

Hunt, R.W., Chinnasamy, S., Bhatnagar, A. y Das, K.C. 2010. Effect of Biochemical Stimulants on Biomass Productivity and Metabolite Content of the Microalga, *Chlorella sorokiniana*. *Appl Biochem Biotechnol.* 162:2400–2414

IICA. (2015). Documento técnico "Una productividad competitiva, incluyente y sustentable: oportunidad para el continente americano". México: Autor.

Jochum, M., Moncayo, L.P. y Jo, K.Y. 2018. Microalgal cultivation for biofertilization in rice plants using a vertical semi-closed airlift photobioreactor. *PLOS ONE*.

Khalid, A., Yaakob, Z., Abdullah, S. y Takriff, M. 2018. Growth improvement and metabolic profiling of native and commercial *Chlorella sorokiniana* strains acclimatized in recycled agricultural wastewater. *Bioresource Technology*. 247:930–939.

Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J. y Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal Plant Growth Regulation*. 28:386–399.

Kholssi, R., Marks, E., Miñón, J., Montero, O., Debdoubi, A. y Rad, C. 2018. Biofertilizing Effect of *Chlorella sorokiniana* Suspensions on Wheat Growth. Springer Science+Business Media.

Kaplan, D., Christiaen, D. y Arad, S.M. 1987. Chelating properties of extracellular polysaccharides from *Chlorella* spp. *Applied and Environmental Microbiology*. 53, 2953–2956.

Koutra, E., Economou, C., Tsafrakidou, P. y Kornaros, P. 2018. Bio-Based Products from Microalgae Cultivated in Digestates. *Trends in Biotechnology*. Vol. 36, No. 8.

Kim, M.J., Shim, C.K., Kim, Y.K., Byong-Gu, K., Park, J.H., Hwang, S.G. y Kim, B.H. 2018. Effect of Biostimulator *Chlorella fusca* on Improving Growth and Qualities of Chinese Chives and Spinach in Organic Farm. *Plant Pathol. J.* 34(6) : 567-574.

Lababpour, A. 2016. Potentials of the microalgae inoculant in restoration of biological soil crusts to combat desertification. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 13:2521–2532.

Latorre Arboleda, F. 2011. *La vida de las plantas: Los fitorreguladores*. Quito, Ecuador: Editorial Universitaria.

Maneveldt, G. y Frans, R. 2003. Of Sea-fan Kelp and Bladder Kelp, disponible en URL: <http://www.botany.uwc.ac.za>.

Marks, E., Miñón, J., Pascual, A., Montero, O., Navas, L. y Rad, C. 2017. Application of a microalgal slurry to soil stimulates heterotrophic activity and promotes bacterial growth. *Science of the Total Environment*. 610–617.

Marks, E., Montero, O. y Rad, C. 2019. The biostimulating effects of viable microalgal cells applied to a calcareous soil: Increases in bacterial biomass, phosphorus scavenging, and precipitation of carbonates. *Science of the Total Environment*. 784–790.

Maroubou, L.A., Andrade, D.S., Caviglione, J.H., Lovato, G. y Nagashima, G. 2018. Potential Outdoor Cultivation of Green Microalgae Based on Response to Changing Temperatures and by Combining with Air Temperature Occurrence. *BioEnergy Research*.11:748–762.

Martin, M. y Kulik, M. 1995. The potential for using cyanobacteria (blue-green algae) and algae in the biological control of plant pathogenic bacteria and fungi. *European Journal of Plant Pathology*. 101: 585-599.

Michalak, I., Chojnacka, K., Dmytryk, A., Wilk, R., Gramza, M. y Rój, E. 2016. Evaluation of Supercritical Extracts of Algae as Biostimulants of Plant Growth in Field Trials. *Frontiers in Plant Science*.

Michalak, I., Wilk, R. y Chojnack, K. 2 Michalak, I. y Chojnacka, K. 2014. Algal extracts: Technology and advances. *Engineering in Life Sciences*.

Michalak, I., Dmytryk, I., Wieczorek, P.P., Rój, E., Awska, B.B., Górka, B.B., Lipok, Mikulewicz, B.M., Wilk, R.D., Schroeder, G. y Chojnacka, K. 2015. Supercritical Algal Extracts: A Source of Biologically Active Compounds from Nature. Hindawi Publishing Corporation. *Journal of Chemistry*. 14 pages.

Michalak, I., Chojnacka, K. y Saeid, A. 2017. Plant Growth Biostimulants, Dietary Feed Supplements and Cosmetics Formulated with Supercritical CO₂ Algal Extracts. *Molecules*. 017. Bioconversion of Baltic Seaweeds into Organic Compost. *Waste Biomass*. 8:1885–1895.

Michalak, I., Tuhy, L. y Chojnacka, K. 2015. Seaweed extract by microwave assisted extraction as plant growth biostimulant. *The Gruyter Open*.

Michalak, I., Miller, U., Tuhy, L., S'owka, I. y Chojnacka, K. 2017. Characterisation of biological properties of co-composted Baltic seaweeds in germination tests. *Engineering in Life Science*. 17, 153–164.

Nayak, M., Thirunavoukkarasu, M. y Mohanty, R.C. 2016. Cultivation of freshwater microalga *Scenedesmus* sp. using a low-cost inorganic fertilizer for enhanced biomass and lipid yield. *Applied Microbiology, Molecular and Cellular Biosciences Research Foundation*. 62, 7–13.

Newton, G. W. 1951. *Seaweed manure for perfect soil and smiling fields*. Sampson Low, London, 188 pp.

Norrie, J. y Keathley, J.P. 2006. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. *Acta Horticulture* 727:243–247.

Ortiz-Moreno, M., Cortes-Castillo, C., Sánchez-Villarraga, J., Padilla, J. y Otero-Paternina, A. 2011. Evaluación del crecimiento de la microalga *Chlorella sorokiniana* en diferentes medios de cultivo en condiciones autotróficas y mixotróficas.

Phang, S.M. 2018. Development of phycology in Malaysia. *Journal of Applied Phycology*. 30:2967–2979.

Perera, I., Subashchandrabose, S.R., Venkateswarlu, K., Naidu, R. y Megharaj, R. 2018. Consortia of cyanobacteria/microalgae and bacteria in desert soils: an underexplored microbiota. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 102:7351–7363

Perin, G., Yunus, I.A., Valton, M., Alobwede, E. y Jones, P. 2019. Sunlight-driven recycling to increase nutrient use-efficiency in agriculture. *Algal Research*.

РОМАНЕНКО Е.А, РОМАНЕНКО П.А, БАБЕНКО Л.М, КОСАКОВСКАЯ И.В. 2017. ВЛИЯНИЕ СОЛЕВОГО СТРЕССА НА ХАРАКТЕР РОСТА И СОДЕРЖАНИЕ

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В АЛЬГОКУЛЬТУРЕ ACUTODESMUS DIMORPHUS (CHLOROPHYTA). Физиология, биохимия, биофизика.

Puglisi, I., Barone, V., Sidella, S., Coppa, M., Broccanello, C., Gennari, M. y Baglieri, A. 2018. Biostimulant activity of humic-like substances from agro-industrial waste on *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda*. *European Journal of Phycology*, 53:3, 433-444.

Saborío Pozuelo, F. (2002). Bioestimulantes en fertilización foliar: Fertilización foliar: Principios y aplicaciones. Costa Rica: Centro de Investigaciones Agronómicas.

Solovchenko, A., Ismagulova, T., Lukyanov, A., Vasilieva, S., Konyukhov, I., Pogosyan, S., Lobakova, E. y Gorelova, O. 2019. Luxury phosphorus uptake in microalgae. *Journal of Applied Phycology*. 34: 550–564

Solovchenko, A., Verschoor, A., Jablonowski, N. y Ladislav Nedbal. 2016. Phosphorus from wastewater to crops: An alternative path involving microalgae. *Biotechnology Advances*. 34: 550–564.

Raouf, N., Enazi, A., Homaidan, I., Ibraheem, M., Othman, A. y Hatamleh, A. 2013. Antibacterial β -amylin isolated from *Laurencia microcladia*. *Arabian Journal of Chemistry*. 8:32–37.

Renuka, N., Guldhe, A., Prasanna, R., Singh, P. y Bux, P. 2018. Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology Advances*. 36:255–1273.

Renuka, N., Prasanna, R., Sood, A., Bansal, R., Bidyarani, N., Singh, R., Shivay, Y.S., Nain, L. y Ahluwalia, A.S. 2017. Wastewater grown microalgal biomass as inoculants for improving micronutrient availability in wheat. *Rhizosphere*.3: 150–159.

Righini, H., Roberti, R. y Baraldi, E. 2018. Use of algae in strawberry management. *Journal of Applied Phycology*. 30:3551–3564.

Ronga, D., Biazzi, E., Parati, P., Carminati, D., Carminati, D. y Tava, A. 2019. Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. *Agronomy*.

Sharma, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R. y Martin, T. 2014. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology* 26, 465–490.

Stiles, W.A.V., Styles, D., Chapman, S.P., Esteves, S., Bywater, A., Melville, L., Silkina, A., Lupatsch, I., Grünewald, C., Lovitt, R., Chaloner, T., Bull, A., Morris, C. y Llewellyn, C.A. 2018. Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities. *Bioresource Technology*. 732–742.

Trivedi, K., Vijay, K.G., Kubavat, D., Kumar, R., Vaghela, P. y Ghosh, R. 2017. Crop stage selection is vital to elicit optimal response of maizeto seaweed bio-stimulant application. *J Appl Phycol*. 29:2135–2144.

Vázquez, E. (2003). Funciones de los carbohidratos. Instituto de Química, UNAM, disponible en <http://laguna.fmedic.unam.mx/~evazquez/0403/quimica%20de%20los%20carbohidratos2.html>. URL:

Vieira, J.A., Bastos, B., Gonzales, C., Silveira, J. y Morais, M. 2018. A potential of microalgae as biopesticides to contribute to sustainable agriculture and environmental development. *J. Clean. Prod.*197, 1823–1839.

Wang, Y., Li, Y.Q., Lv, K., Cheng, J.J., Chen, X.L., Ge, Y. y Yu, X.Y. 2018. Soil microalgae modulate grain arsenic accumulation by reducing dimethylarsinic acid and enhancing nutrient uptake in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Soil*. 430:99–111.

Wuang, S., Khin, M.C., Chua, P.Q. y Luo, Y.D. 2016. Use of *Spirulina* biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers. *Algal Research* 15: 59–64.

Zhou, X., Zhang, Y., An, X., Philippis, R., Ma, X., Ye, C. y Chen, L. 2019. Identification of aqueous extracts from *Artemisia ordosica* and their allelopathic effects on desert soil algae. *Chemoecology*.

10. ANEXOS

Anexo 1. Sistematización de títulos encontrados en Scopus.

No.	Título	Autor	Año	Revista	Número Citaciones
1	The biostimulating effects of viable microalgal cells applied to a calcareous soil: Increases in bacterial biomass, phosphorus scavenging, and precipitation of carbonates	Marks, E.A.N., Montero, O., Rad, C.	2019	Science of the Total Environment 692, pp. 784-790	0
2	Microalgal extracellular polymeric substances and their interactions with metal(lloid)s: A review	Naveed, S., Li, C., Lu, X., (...), Zhang, C., Ge, Y.	2019	Critical Reviews in Environmental Science and Technology 49(19), pp. 1769-1802	0
3	Sunlight-driven recycling to increase nutrient use-efficiency in agriculture	Perin, G., Yunus, I.S., Valton, M., Alobwede, E., Jones, P.R.	2019	Algal Research 41,101554	2
4	Biofertilizing Effect of Chlorella sorokiniana Suspensions on Wheat Growth	Kholssi, R., Marks, E.A.N., Miñón, J., (...), Debdoubi, A., Rad, C.	2019	Journal of Plant Growth Regulation 38(2), pp. 644-649	0
5	Effect of living cells of microalgae or their extracts on soil enzyme activities	Barone, V., Puglisi, I., Fragalà, F., Stevanato, P., Baglieri, A.	2019	Archives of Agronomy and Soil Science 65(5), pp. 712-726	0
6	Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions	Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., (...), Carminati, E., Tava, A.	2019	Agronomy 9(4),192	2
7	Microalgal–Bacterial Flocs and Extracellular Polymeric Substances: Two Essential and Valuable Products of Integrated Algal Pond Systems	Jimoh, T.A., Keshinro, M.O., Cowan, K.A.	2019	Water, Air, and Soil Pollution 230(4),95	0
8	Auto-flocculation through cultivation of Chlorella vulgaris in seafood wastewater discharge: Influence of culture conditions on microalgae growth and nutrient removal	Nguyen, T.D.P., Tran, T.N.T., Le, T.V.A., (...), Show, P.-L., Chia, S.R.	2019	Journal of Bioscience and Bioengineering 127(4), pp. 492-498	1
9	Effect of multiple product extractions on bio-methane potential of marine macrophytic green alga Ulva lactuca	Mhatre, A., Gore, S., Mhatre, A., (...), Anil, A., Lali, A.	2019	Renewable Energy 132, pp. 742-751	3
10	Biogas and biofertilizer production of marine macroalgae: An effective anaerobic digestion of Ulva sp.	Akila, V., Manikandan, A., Sahaya Sukeetha, D., (...), Ayyasamy, P.M., Rajakumar, S.	2019	Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 18,101035	0

11	Novel bioprocess for the cultivation of microalgae in hydroponic growing system of tomato plants	Barone, V., Puglisi, I., Fragalà, F., (...), Giuffrida, F., Baglieri, A.	2019	Journal of Applied Phycology 31(1), pp. 465-470	5
12	Scenedesmus obliquus microalga-based biorefinery – from brewery effluent to bioactive compounds, biofuels and biofertilizers – aiming at a circular bioeconomy	Ferreira, A., Ribeiro, B., Ferreira, A.F., (...), Goginyan, V., Gouveia, L.	2019		0
13	Luxury phosphorus uptake in microalgae	Solovchenko, A.E., Ismagulova, T.T., Lukyanov, A.A., (...), Lobakova, E.S., Gorelova, O.A.	2019		0
14	Effect of biostimulator chlorella fusca on improving growth and qualities of chinese chives and spinach in organic farm		2018	Kim, M.-J., Shim, C.-K., Kim, Y.-K., (...), Hwang, S.-G., Kim, B.-H.	0
15	Potential Outdoor Cultivation of Green Microalgae Based on Response to Changing Temperatures and by Combining with Air Temperature Occurrence	Maroubo, L.A., Andrade, D.S., Caviglione, J.H., Lovato, G.M., Nagashima, G.T.	2018	Bioenergy Research 11(4), pp. 748-762	0
16	Use of algae in strawberry management	Righini, H., Roberti, R., Baraldi, E.	2018	Journal of Applied Phycology 30(6), pp. 3551-3564	3
17	Development of phycology in Malaysia	Phang, S.-M.	2018	Journal of Applied Phycology 30(6), pp. 2967-2979	1
18	Biomass from microalgae: The potential of domestication towards sustainable biofactories	Benedetti, M., Vecchi, V., Barera, S., Dall'Osto, L.	2018	Microbial Cell Factories 17(1),173	2
19	Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities	Stiles, W.A.V., Styles, D., Chapman, S.P., (...), Morris, C., Llewellyn, C.A.	2018	Bioresource Technology 267, pp. 732-742	14
20	Valuable bioproducts obtained from microalgal biomass and their commercial applications: A review	Bhalamurugan, G.L., Valerie, O., Mark, L.	2018	Environmental Engineering Research 23(3), pp. 229-241	5

21	Algal Biofertilizers and Plant Growth Stimulants for Sustainable Agriculture	Win, T.T., Barone, G.D., Secundo, F., Fu, P.	2018	Industrial Biotechnology 14(4), pp. 203-211	2
22	Bio-Based Products from Microalgae Cultivated in Digestates	Koutra, E., Economou, C.N., Tsafrakidou, P., Kornaros, M.	2018	Trends in Biotechnology 36(8), pp. 819-833	10
23	Biostimulant activity of humic-like substances from agro-industrial waste on <i>Chlorella vulgaris</i> and <i>Scenedesmus quadricauda</i>	Puglisi, I., Barone, V., Sidella, S., (...), Gennari, M., Baglieri, A.	2018	European Journal of Phycology 53(3), pp. 433-442	3
24	Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges	Renuka, N., Guldhe, A., Prasanna, R., Singh, P., Bux, F.	2018	Biotechnology Advances 36(4), pp. 1255-1273	15
25	Life cycle assessment of high rate algal ponds for wastewater treatment and resource recovery	Arashiro, L.T., Montero, N., Ferrer, I., (...), Gómez, C., Garfí, M.	2018	Science of the Total Environment 622-623, pp. 1118-1130	18
26	Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (<i>Beta vulgaris</i> L.)	Barone, V., Baglieri, A., Stevanato, P., (...), Nardi, S., Concheri, G.	2018	Journal of Applied Phycology 30(2), pp. 1061-1071	9
27	Microalgae biorefineries: Applications and emerging technologies [Biorefinerías de microalgas: Aplicaciones actuales y nuevas tecnologías en desarrollo]	Giraldo-Calderón, N.D., Romo-Buchelly, R.J., Arbeláez-Pérez, A.A., Echeverri-Hincapié, D., Atehortúa-Garcés, L.	2018	DYNA (Colombia) 85(205), pp. 219-233	0
28	Renewable sources of plant biostimulation: Microalgae as a sustainable means to improve crop performance	Chiaiese, P., Corrado, G., Colla, G., Kyriacou, M.C., Rouphael, Y.	2018	Frontiers in Plant Science 871,1782	7
29	Growth improvement and metabolic profiling of native and commercial <i>Chlorella sorokiniana</i> strains acclimatized in recycled agricultural wastewater	Khalid, A.A.H., Yaakob, Z., Abdullah, S.R.S., Takriff, M.S.	2018	Bioresource Technology 247, pp. 930-939	4
30	The financial feasibility of microalgae biodiesel in an integrated, multi-output production system	Doshi, A., Pascoe, S., Coglean, L., Rainey, T.	2017	Biofuels, Bioproducts and Biorefining 11(6), pp. 991-1006	3
31	Bioconversion of Baltic Seaweeds into Organic Compost	Michalak, I., Wilk, R., Chojnacka, K.	2017	Waste and Biomass Valorization 8(6), pp. 1885-1895	3
32	Crop stage selection is vital to elicit optimal response of maize to seaweed bio-stimulant application	Trivedi, K., Vijay Anand, K.G., Kubavat, D., (...), Vaghela, P., Ghosh, A.	2017	Journal of Applied Phycology 29(4), pp. 2135-2144	7

33	Wastewater grown microalgal biomass as inoculants for improving micronutrient availability in wheat	Renuka, N., Prasanna, R., Sood, A., (...), Nain, L., Ahluwalia, A.S.	2017	Rhizosphere 3, pp. 150-159	4
34	Polishing of municipal secondary effluent using native microalgae consortia	Beltrán-Rocha, J.C., Barceló-Quintal, I.D., García-Martínez, M., (...), Villarreal-Chiu, J., Javier López-Chuken, U.	2017	Water Science and Technology 75(7), pp. 1693-1701	6
35	Chemical characterization of <i>Enteromorpha prolifera</i> extract obtained by enzyme-assisted extraction and its influence on the metabolic activity of Caco-2	Michalak, I., Dmytryk, A., Śmieszek, A., Marycz, K.	2017	International Journal of Molecular Sciences 18(3),479	5
36	Characterisation of biological properties of co-composted Baltic seaweeds in germination tests	Michalak, I., Miller, U., Tuhy, Ł., Sówka, I., Chojnacka, K.	2017	Engineering in Life Sciences 17(2), pp. 153-164	3
37	Plant growth biostimulants, dietary feed supplements and cosmetics formulated with supercritical CO ₂ Algal Extracts	Michalak, I., Chojnacka, K., Saeid, A.	2017	Molecules 22(1),A124	5
38	Salt stress effects on growth and photosynthetic pigments' content in algoculture of <i>Acutodesmus dimorphus</i> (Chlorophyta)	Romanenko, E.A., Romanenko, P.A., Babenko, L.M., Kosakovskaya, I.V.	2017	International Journal on Algae 19(3), pp. 271-282	0
39	Extraction and applications of cyanotoxins and other cyanobacterial secondary metabolites	Haque, F., Banayan, S., Yee, J., Chiang, Y.W.	2017	Chemosphere 183, pp. 164-175	9
40	Evaluation of supercritical extracts of algae as biostimulants of plant growth in field trials	Michalak, I., Chojnacka, K., Dmytryk, A., (...), Gramza, M., Rój, E.	2016	Frontiers in Plant Science 7(OCTOBER2016),1591	13
41	Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga <i>Acutodesmus dimorphus</i>	Garcia-Gonzalez, J., Sommerfeld, M.	2016	Journal of Applied Phycology 28(2), pp. 1051-1061	36
42	Use of <i>Spirulina</i> biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers	Wuang, S.C., Khin, M.C., Chua, P.Q.D., Luo, Y.D.	2016	Algal Research 15, pp. 59-64	39
43	High-value products from macroalgae: the potential uses of the invasive brown seaweed, <i>Sargassum muticum</i>	Milledge, J.J., Nielsen, B.V., Bailey, D.	2016	Reviews in Environmental Science and Biotechnology 15(1), pp. 67-88	34

44	Cultivation of freshwater microalga <i>Scenedesmus</i> sp. using a low-cost inorganic fertilizer for enhanced biomass and lipid yield	Nayak, M., Thirunavoukkarasu, M., Mohanty, R.C.	2016	Journal of General and Applied Microbiology 62(1), pp. 7-13	7
45	Golden Tides: Problem or golden opportunity? The valorisation of <i>Sargassum</i> from beach inundations	Milledge, J.J., Harvey, P.J.	2016	Journal of Marine Science and Engineering 4(3),60	10
46	Seaweed extract by microwave assisted extraction as plant growth biostimulant	Michalak, I., Tuhy, Ł., Chojnacka, K.	2015	Open Chemistry 13(1), pp. 1183-1195	19
47	Supercritical Algal Extracts: A Source of Biologically Active Compounds from Nature	Michalak, I., Dmytryk, A., Wieczorek, P.P., (...), Schroeder, G., Chojnacka, K.	2015	Journal of Chemistry 2015,597140	10
48	Algae as production systems of bioactive compounds	Michalak, I., Chojnacka, K.	2015	Engineering in Life Sciences 15(2), pp. 160-176	87
49	Algal extracts: Technology and advances	Michalak, I., Chojnacka, K.	2014	Engineering in Life Sciences 14(6), pp. 581-591	60
50	Effect of biochemical stimulants on biomass productivity and metabolite content of the microalga, <i>Chlorella sorokiniana</i>	Hunt, R.W., Chinnasamy, S., Bhatnagar, A., Das, K.C.	2010	Applied Biochemistry and Biotechnology 162(8), pp. 2400-2414	48
51	The potential for using cyanobacteria (blue-green algae) and algae in the biological control of plant pathogenic bacteria and fungi	Kulik, M.M.	1995	European Journal of Plant Pathology 101(6), pp. 585-599	105

Anexo 2. Sistematización de títulos encontrados en WoS.

No.	Título	Autor	Año	Revista	Número Citaciones
1	Potential of microalgae as biopesticides to contribute to sustainable agriculture and environmental development	Costa, JAV (Vieira Costa, Jorge Alberto); Freitas, BCB (Bastos Freitas, Barbara Catarina); Cruz, CG (Cruz, Camila Gonzales); Silveira, J (Silveira, Jessica); Morais, MG (Morais, Michele Greque)	2019 (Review)	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B- PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES. Volumen: 54 Número: 5 Páginas: 366-375	0
2	Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions	Ronga, D (Ronga, Domenico); Biazz, E (Biazz, Elisa); Parati, K (Parati, Katia); Carminati, D (Carminati, Domenico); Carminati, E (Carminati, Elio); Tava, A (Tava, Aldo)	2019 (Review)	AGRONOMY-BASEL Volumen: 9 Número: 4 Número de artículo: 192 DOI: 10.3390/agronomy9040192	0
3	Identification of aqueous extracts from Artemisia ordosica and their allelopathic effects on desert soil algae	Zhou, XJ (Zhou, Xiangjun); Zhang, YR (Zhang, Yurui); An, XL (An, Xiaoliang); De Philippis, R (De Philippis, Roberto); Ma, XY (Ma, Xinyue); Ye, CR (Ye, Chaoran); Chen, LZ (Chen, Lanzhou)	2019	CHEMOECOLOGY Volumen: 29 Número: 2 Páginas: 61-71	1
4	Dunaliella salina exopolysaccharides: a promising biostimulant for salt stress tolerance in tomato (Solanum lycopersicum)	EL Arroussi, H (EL Arroussi, H.); Benhima, R (Benhima, R.); Elbaouchi, A (Elbaouchi, A.); Sijilmassi, B (Sijilmassi, B.); EL Mernissi, N (EL Mernissi, N.); Aafsar, A (Aafsar, A.); Meftah-Kadmiri, I (Meftah-Kadmiri, I.); Bendaou, N (Bendaou, N.); Smouni, A (Smouni, A.)	2018	JOURNAL OF APPLIED PHYCOLOGY. Volumen: 30 Número: 5 Páginas: 2929-2941	5
5	Microalgal cultivation for biofertilization in rice plants using a vertical semi-closed airlift photobioreactor	Jochum, M (Jochum, Michael); Moncayo, LP (Moncayo, Luis P.); Jo, YK (Jo, Young-Ki)	2018	PLOS ONE Volumen: 13 Número: 9 Número de artículo: e0203456	1
6	Consortia of cyanobacteria/microalgae and bacteria in desert soils: an underexplored microbiota	Ronga, D (Ronga, Domenico); Biazz, E (Biazz, Elisa); Parati, K (Parati, Katia); Carminati, D (Carminati, Domenico); Carminati, E (Carminati, Elio); Tava, A (Tava, Aldo)	2018 (Review)	APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY Volumen: 102 Número: 17 Páginas: 7351-7363	2

7	Soil microalgae modulate grain arsenic accumulation by reducing dimethylarsinic acid and enhancing nutrient uptake in rice (<i>Oryza sativa</i> L.)	<u>Wang, Y</u> (Wang, Ya); Li, YQ (Li, You Qing); Lv, K (Lv, Kang); Cheng, JJ (Cheng, Jin Jin); Chen, XL (Chen, Xiao Long); Ge, Y (Ge, Ying); Yu, XY (Yu, Xiang Yang)	2018	PLANT AND SOIL Volumen: 430 Número: 1-2 Páginas: 99-111	2
8	Application of a microalgal slurry to soil stimulates heterotrophic activity and promotes bacterial growth	<u>Marks, EAN</u> (Marks, Evan A. N.); Minon, J (Minon, Jorge); Pascual, A (Pascual, Ana); Montero, O (Montero, Olimpio); Navas, LM (Manuel Navas, Luis); Rad, C (Rad, Carlos)	2017	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT Volumen: 605 Páginas: 610-617	5
9	The Significance of Forests and Algae in CO2 Balance: A Hungarian Case Study	Bai, A (Bai, Attila); Popp, J (Popp, Jozsef); Peto, K (Peto, Karoly); Szoke, I (Szoke, Iren); Harangi-Rakos, M (Harangi-Rakos, Monika); Gabnai, Z (Gabnai, Zoltan)	2017	SUSTAINABILITY Volumen: 9 Número: 5 Número de artículo: 857	1
10	Potentials of the microalgae inoculant in restoration of biological soil crusts to combat desertification	Lababpour, A (Lababpour, A.)	2016 (Review)	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY Volumen: 13 Número: 10 Páginas: 2521-2532	1
11	Phosphorus from wastewater to crops: An alternative path involving microalgae	<u>Ronga, D</u> (Ronga, Domenico); <u>Biazz, E</u> (Biazz, Elisa); <u>Parati, K</u> (Parati, Katia); <u>Carminati, D</u> (Carminati, Domenico); <u>Carminati, E</u> (Carminati, Elio); <u>Tava, A</u> (Tava, Aldo)	2016 (Review)	BIOTECHNOLOGY ADVANCES Volumen: 34 Número: 5 Páginas: 550-564	36
12	The influences of the recycle process on the bacterial community in a pilot scale microalgae raceway pond	<u>Erkelens, M</u> (Erkelens, Mason); Ball, AS (Ball, Andrew S.); Lewis, DM (Lewis, David M.)	2014	BIORESOURCE TECHNOLOGY Volumen: 157 Páginas: 364-367	7

Anexo 3. Interpretación de los resultados obtenidos en Scopus.

Artículo	Géneros de algas más representativos	Métodos de aplicación	Efectos apreciados en las plantas evaluadas
1	<i>Chlorella sorokiniana</i>	Se aplicaron tres filtrados de un cultivo de <i>Chlorella sorokiniana</i> para microcosmos del suelo, separando las microalgas de otros microorganismos, también como un filtrado de control estéril sin actividad biológica.	La biomasa bacteriana en suelos que recibieron el no filtrado (NF) con células de algas viables, se incrementó en un 25% en la superficie del suelo (0–8 mm), y la actividad heterotrófica en esos tratamientos aumentaron según lo medido por la evolución de CO ₂ -C. Las concentraciones totales de carbono en el suelo aumentaron en el tratamiento con células de algas vivas (NF) en un 0,4%, pero no se detectaron diferencias en el carbono orgánico. En cambio, se encontró que las concentraciones de carbono inorgánico (CaCO ₃) aumentaron en un 0,6% solo en el tratamiento con NF. La disponibilidad de fósforo en el suelo también se redujo en la superficie del tratamiento con NF, lo que indica una mayor demanda biológica.
2 Review	No se hace énfasis en un género en particular	Se analizó una tecnología, impulsada por microalgas procariontas y eucariotas, como vehículo para la captura de lixiviados y suministro de nutrientes en los sistemas agrícolas.	Esta tecnología tiene el potencial de hacer una diferencia, pero sigue siendo inmadura y se necesita mejorar rápidamente el conocimiento acerca de sus oportunidades y desafíos para explotarlo en una economía circular sostenible de nutrientes.
3	<i>Chlorella sorokiniana</i>	Se utilizaron cuatro tratamientos de biofertilizantes en este experimento: (i) Biomasa de <i>Chlorella sorokiniana</i> cosechada por centrifugación de cultivos en la fase de crecimiento exponencial y resuspendidos en medio de crecimiento agotado (solución 1); (ii) BG11 filtrado- medio utilizado para el cultivo de algas después de cosechar la biomasa de algas (solución 2); (iii) algas cosechadas que fueron resuspendidas en medio BG11 fresco (solución 3); y (iv) medio BG11 fresco (control). Se germinaron semillas de <i>Triticum aestivum</i> . en macetas que contenían un sustrato en crecimiento (mezcla de vermiculita de turba 1: 1 (v / v)) y cultivadas durante 15 días con aplicaciones	La longitud de la planta se incrementó en un 30% con la solución 2; la biomasa seca total del suelo y las partes subterráneas mejoraron en un 22% y 51%, respectivamente, en tratamientos con filtrado de <i>Chlorella sorokiniana</i> (solución 2), en comparación con el control, lo que indica que los nutrientes y las sustancias extracelulares excretadas por las algas en el filtrado fueron pertinentes a los efectos beneficiosos sobre el crecimiento de las plantas.

		de cuatro soluciones de tratamientos.	
4	<i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i>	Los experimentos se realizaron en macetas con suelo agrícola y tomate. Las plantas se pusieron a crecer en una cámara de crecimiento a 25 ± 2 ° C iluminadas por luz artificial con un fotoperíodo de 16 h. La actividad biológica del suelo fue analizada por monitoreo de la hidrólisis del diacetato de fluoresceína, deshidrogenasas, ácido y actividades de fosfomonoesterasa alcalina y ureasa. Se analizó el peso seco y los valores del índice de clorofila de las plantas de tomate.	Los resultados mostraron que tanto las microalgas como sus extractos afectaron positivamente la actividad biológica del suelo al aumentar los valores de la bioquímica, índice de fertilidad potencial del suelo (Mw) tanto en cultivos como en suelos. El valor más alto de Mw se alcanzó en el suelo cultivado tratado para 11 días con la menor concentración de extracto de <i>S. quadricauda</i> (Mw 9,47). Todos los tratamientos aumentaron significativamente el crecimiento de las plantas de tomate con respecto al suelo no tratado. Estos resultados son muy prometedores con miras a mejorar la actividad biológica del suelo y aumentando el crecimiento de las plantas.
5 Review	No se hace énfasis en un género en particular	Esta revisión está dirigida a informar sobre los desarrollos en el procesamiento de MBS y MBF, resumiendo las actividades de sus compuestos biológicamente activos, y examinando las investigaciones que respaldan el uso de MBS y MBF para gestionar productividad y tensiones abióticas en la producción de cultivos.	Las microalgas se utilizan en la agricultura en diferentes aplicaciones, como enmiendas, aplicación foliar y cebado de semillas. MBS y MBF pueden ser aplicado como una técnica alternativa, o usado junto con fertilizantes sintéticos, protección de cultivos productos y reguladores del crecimiento de las plantas, generando múltiples beneficios, como un enraizamiento mejorado, mayor rendimiento de los cultivos y calidad y tolerancia a la sequía y la sal. A nivel mundial, MBS y MBF permanecen en gran parte sin explotar, de modo que este estudio destaca algunas de las investigaciones actuales y futuras prioridades de desarrollo.
6	<i>Ulva</i> sp.	<i>Ulva</i> sp. mezclado con materia orgánica (estiércol de vaca) se ha utilizado en diferentes concentraciones para la producción de biogás. El metano fue calculado teóricamente 1.528 kg / m ³ de sólidos volátiles (VS). La proporción de 3:1 obtenida fue 574 ± 26 mL-g VS biogás producción que el control y	Los resultados revelaron que los parámetros fisicoquímicos: pigmentos y análisis de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) se incrementaron en la relación 3:1, en comparación con los demás. <i>Ulva</i> sp. fue utilizado en la gestión ecológica y de cero residuos en el proceso. De las algas <i>Ulva</i> sp., se emplea para tener un medio

		relación 1:1, 2:1. El biogás acumulado se analizó cuantitativamente por cromatografía de gas para la proporción de metano (CH ₄) y varió del 72% en <i>Ulva</i> sp.: estiércol de vaca 3: 1. El residuo sólido se utilizó como fertilizante orgánico para el crecimiento de <i>Vigna radiata</i> .	ambiente sostenible y limpio; para mejorar la agricultura la producción de cultivos y para mejorar la fertilidad del suelo.
7	<i>Chlorella vulgaris</i> o <i>Scenedesmus quadricauda</i>	Se realizó un sistema de co-cultivo hidropónico de microalgas (<i>Chlorella vulgaris</i> o <i>Scenedesmus quadricauda</i>) y plantas de tomate, cultivados en solución nutritiva de Hoagland. Se evaluó su efecto mutuo y la influencia de un bioestimulante natural obtenido por extracción alcalina de un digestato de residuos agropecuarios (DHL).	Los resultados mostraron que el sistema de co-cultivo afectó positivamente el crecimiento de las plantas de tomate y microalgas. La mejor opción, dirigida a un beneficio mutuo para ambos cultivos, resultó ser el sistema de co-cultivo de plantas de tomate y <i>S. quadricauda</i> en presencia de DHL, afectando positivamente el crecimiento de plantas de tomate junto con un gran aumento en la biomasa de microalgas.
8	<i>Scenedesmus obliquus</i>	La microalga se cultivó en una columna cilíndrica de burbujas. fotobiorreactores (PBR) de 14 cm de diámetro y 40 cm de altura. Los PBRs fueron operados en modo por lotes con un volumen de trabajo de 4 L, mantuvieron a temperatura ambiente (23–25 ° C) bajo constante luz fluorescente(43.2 μmolm ⁻² s ⁻¹).	Se obtuvieron varios compuestos y productos de la biomasa, tales como: (a) fenoles (0.249-1.016 mg GAE mL (-1)) y flavonoides (0.05-0.167 mg CE mL (-1)) por extracción subcrítica de agua (SWE) a 120 grados °C, la eficiencia de extracción es cinco veces mayor a 200 grados C; (b) biohidrógeno por fermentación oscura (67,1 mL de H-2 g (VS) (- 1)); (c) bio-aceite (64%), biochar (30%) y biogás (6%) por pirólisis; y (d) mayor capacidad de germinación / crecimiento de semillas de trigo y cebada por cultivo de <i>S. obliquus</i> y biomasa (<i>pellet</i> , después de la centrifugación). Se obtuvieron mejores resultados con la biomasa cultivada en el efluente de la cervecería (en comparación con el medio sintético), y el pellet de biomasa fue mejor que todo el cultivo. Las semillas de cebada tratadas con el sedimento del efluente de la cervecería tuvieron el índice de germinación (IG) más alto de 85 en comparación con el IG de control (agua del grifo) de 35.
9	No se hace énfasis en un género en particular	La mayoría de las microalgas se aclimatan naturalmente a ambientes de baja concentración	La aplicación moderna de los enfoques de las ómicas y las técnicas avanzadas de

		<p>de fósforo (P); por lo tanto, son capaces de tomar y almacenar P en grandes cantidades siempre que esté disponible. La capacidad de absorber más P de lo necesario para el crecimiento inmediato, se denomina absorción de Bluxury. Comprender este fenómeno constituye una visión crucial de los procesos impulsados por nutrientes en la naturaleza, comunidades de algas, como las floraciones de algas nocivas, así como en la operación de tecnologías basadas en algas para el uso sostenible de P como el reciclaje del nutriente de las aguas residuales con biofertilizantes. La mayor parte de P adquirida durante la captación se almacena en forma de polifosfato inorgánico, compuesto con presencia casi ubicua y función multifacética en la célula.</p>	<p>microscopía de imágenes permitieron obtener una visión mecanicista más profunda de estos procesos. Sin embargo, nuestro conocimiento sobre la absorción de P sigue siendo mucho más limitado en comparación con el de la escasez de P y mecanismos de tolerancia a este estrés en microalgas. En esta revisión, el conocimiento de la captación de P originada en los métodos clásicos de bioquímica se enfrentan a la comprensión recientemente obtenida de los mecanismos moleculares del transporte de P a la célula, biosíntesis de polifosfato, regulación y control genético de estos procesos.</p>
10	<i>Chlorella fusca</i>	<p>El alga de <i>C. fusca</i> se preparó agregando 5 ml / l de medio de cultivo exclusivo de <i>Chlorella</i> a 4 l de agua mineral comercial, Después de cultivar <i>Chlorella</i> durante 5 a 7 días, se confirmó con un microscopio óptico que la concentración celular de <i>Chlorella</i> fue 1.5×10^7 células / ml o más y se utiliza en este experimento. ($1,5 \times 10^7$ células / ml) se diluyó con agua corriente hasta una concentración del 0,4% (v / v) y el control se roció con agua, seguido de la aplicación de la hoja y el riego del suelo a intervalos de dos semanas usando un atomizador de alta presión.</p>	<p>La altura promedio de las cebolletas chinas tratadas con la <i>Chlorella</i> fue 3,7 cm más pequeña que la del sin tratamiento. El ancho de la hoja y el peso fresco de las cebolletas tratadas con la <i>Chlorella</i> fueron 0,5 mm más anchas y 30,3 g más pesadas que el de los no tratados. La comercialización y rendimiento de cebollino chino tratado con el <i>Chlorella</i> fue 11,9% y 18,3%, respectivamente mayor que el de los no tratados. Además, la gravedad de la enfermedad del moho gris de las cebolletas chinas tratadas con <i>Chlorella</i> se redujo en más del 24,2% en comparación con los no tratados.</p> <p>El espesor y el número de las hojas de espinaca tratadas con <i>Chlorella</i> fue del 27,9% y 41,8%, respectivamente más alto que el de los no tratados. El peso fresco y el rendimiento de las espinacas tratadas con <i>Chlorella</i> fue 63,6% y 31,5%, respectivamente mayor que el de los no tratados. Por otra parte, el contenido mineral de K, Ca, Mg, P, Fe y Mn se registraron más altos en las espinacas tratadas con <i>Chlorella</i> en comparación con el de no tratado. Los resultados</p>

			indicaron que el alga de agua dulce, <i>Chlorella fusca</i> es un bioestimulante eficiente y económico para mejorar el crecimiento y la calidad de las plantas cebollino chino y espinacas en granja orgánica.
11	<i>Chlorella</i> spp., <i>Chlorella sorokiniana</i> y <i>Neochloris oleoabundans</i>	Todas las microalgas se cultivaron a temperaturas controladas en cámaras programables con un 12:12-h (claro / oscuro) fotoperíodo, con una intensidad de radiación fotosintéticamente activa de $100 \pm 20 \mu\text{mol}$ de fotones $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para la preparación del inóculo y de $35\text{--}37 \mu\text{mol}$ de fotones $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para experimentos de temperatura, medido con un porómetro de estado estable. Las cepas se cultivaron en botellas de vidrio de 1000 ml que contenían 600 ml de BBM estéril durante 7 días a $28.0 \pm 2.0 \text{ }^\circ\text{C}$ sin agitar.	Un experimento factorial reveló una interacción significativa entre las clorofilas a y b (Chl a y Chl b), relación carotenoide / Chl (a + b), biomasa y productividad total de lípidos de seis microalgas verdes (cuatro <i>Chlorella</i> spp., <i>Chlorella sorokiniana</i> y <i>Neochloris oleoabundans</i>) después de 15 días a cuatro temperaturas. A $39/35 \text{ }^\circ\text{C}$, dos <i>Chlorella</i> sp. son (IPR7115 e IPR7117) mostraron mayores carotenoides totales / Chl (a + b) (0.578 y 0.830), respectivamente. <i>N. oleoabundans</i> tenía el mayor Chl a ($8210 \mu\text{g L}^{-1}$) y Chl b ($1909 \mu\text{g L}^{-1}$) a $19/15 \text{ }^\circ\text{C}$ y la máxima biomasa seca máxima (2900 mg L^{-1}), específica tasa de crecimiento (0.538 día^{-1}) y lípidos totales (1003 mg L^{-1}) a $15/8 \text{ }^\circ\text{C}$. Aplicamos un método para inferir el crecimiento de estos seis microalgas verdes en estanques al aire libre, según su respuesta a los cambios de temperatura y mediante la combinación con datos históricos del día / ocurrencia de temperatura del aire nocturno para una región determinada. Llegamos a la conclusión de que el uso de mapas regionalizados basados en la temperatura del aire es una buena estrategia para predecir el cultivo de microalgas en estanques al aire libre en función de sus características y tolerancia al cambio de temperatura.
12 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	En particular, para la fresa, el manejo de una serie de enfermedades graves en campo abierto y el invernadero en el suelo o el cultivo sin suelo se ha vuelto difícil debido a las restricciones recientes en el uso de agroquímicos y la falta de alternativas efectivas Esta revisión	La existencia de los informes sobre este tema muestran el gran potencial de la aplicación de extractos de algas en plantas como bioestimulantes y bioprotectores contra hongos patógenos. Se necesita más investigación para descubrir completamente las

		proporciona una visión general de los hallazgos más recientes sobre el uso potencial de extractos de algas para manejo de la fresa, tanto por sus efectos bioestimulantes como por sus propiedades antifúngicas contra los patógenos	propiedades antifúngicas interesantes y explotables de extractos de algas y para aclarar el mecanismo de acción de extractos y componentes singulares contra los patógenos.
13 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	Las soluciones de sostenibilidad son especialmente relevante y continuará impulsando el desarrollo de nuestra industria de algas y las oportunidades para el establecimiento de Una industria de algas en Malasia. El cultivo de algas ofrece muchas oportunidades para actividades de investigación y desarrollo, y excelentes potencial, especialmente debido a la abundante luz solar tropical, la larga costa, la buena infraestructura y las conectividades globales.	
14 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	Las ventajas de la producción de microalgas versus biomasa vegetal incluyen mayor rendimiento, uso de tierras no cultivables, recuperación de nutrientes de las aguas residuales, captura eficiente de carbono y desarrollo más rápido de nuevas cepas domesticadas. Además, la adaptación a una amplia gama de condiciones ambientales evolucionó enormemente la diversidad genética dentro de este grupo polifilético, lo que convierte a las microalgas en una rica fuente de metabolitos interesantes y útiles.	Se redactó los eventos moleculares de la fotosíntesis que regulan la conversión de la luz en biomasa, y discuten cómo pueden enfocarse para mejorar la productividad a través de mutagénesis, selección de cepas o ingeniería genética. Describimos los principales éxitos alcanzados y prometedores estrategias para lograr contribuciones significativas a la futura biotecnología basada en microalgas.
15 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	Demostrar el potencial de cultivar microalgas en digestato como materia prima, ya sea directamente después de la dilución, o indirectamente del efluente restante después de la extracción del biofertilizante. La biomasa microalgal resultante puede utilizarse para producir piensos para ganado, biocombustibles o bioproductos de mayor valor. El enfoque podría mitigar posibles regionales excesos, y sustituir productos convencionales de alto impacto con recursos biológicos, mejorando la sostenibilidad dentro de una economía circular.	
16 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	Esta revisión presenta los diferentes productos de valor agregado obtenidos de biomasa	

		microalgal y la aplicabilidad de estos productos comercialmente.	
17	<i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Scenedesmus quadricauda</i>	<p>Los extractos de microalgas se caracterizaron primero por el SNC, análisis espectroscópico infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR), y resonancia magnética nuclear de carbono-13 (¹³C NMR).</p> <p>Las plántulas se cultivaron en la solución de Hoagland bajo condiciones controladas.</p>	<p>Cincuenta y tres genes de remolacha azucarera supuestamente involucrados en la inanición de sulfato fueron probados en muestras tratadas y no tratadas. Raíz morfológica los rasgos se midieron por medio de un escáner sistema de análisis de imagen. Análisis estadístico multivariado revelado sin cambios significativos en el perfil ionómico de las soluciones de Hoagland tratadas con los dos extractos de microalgas con respecto a la de la solución no tratada. A nivel molecular, los suministros de extracto de microalgas regulan al alza muchas de las genes evaluados. La categorización funcional reveló estos genes relacionados con diversas vías y procesos biológicos incluyendo metabolismo primario y secundario y transporte intracelular.</p> <p>A nivel morfológico, las plántulas tratadas mostraron valores significativamente más altos para los rasgos de la raíz relacionado con la exploración del suelo y la absorción de nutrientes, como el total longitud de raíz, longitud de raíz fina (diámetro <0.5 mm) y número de puntas de raíz, que las plantas no tratadas. Estos datos indican que los extractos de microalgas tienen efectos bioestimulantes sobre la expresión de rasgos de raíz y genes relacionados con la adquisición de nutrientes en remolacha azucarera.</p>
18 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	<p>Las microalgas representan una opción prometedora para producir varios productos con aplicaciones ecológicas. Sin embargo, varios desafíos debe superarse para reducir el costo de producción. Para este fin, usando efluentes de unidades de producción de biogás, llamados digestatos, en sistemas de cultivo puede ayudar a optimizar los bioprocesos y varios bioproductos, incluidos los</p>	

		biocombustibles, se pueden obtener biofertilizantes, proteínas y productos químicos valiosos.	
19	<i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Scenedesmus quadricauda</i>	<p>Las microalgas utilizadas en este estudio fueron <i>Chlorella vulgaris</i> (Beijerinck, CCAP 211 / 11C) y <i>Scenedesmus quadricauda</i> (aislado de una alga estanque de alcantarillado).</p> <p>Todos los experimentos fueron realizados por triplicado utilizando un matraz de 250 ml que contiene 150 ml de medio de cultivo estéril BG11 a pH 8.4. El medio de cultivo fue inoculado con 50 ml de suspensión de algas, que contiene 75 mg de células calculadas como masa seca a 60 ° C, a partir de centrifugado obtenido de la suspensión homogénea de algas.</p>	<p>Los resultados mostraron que los HL utilizados en la prueba son bioestimulantes efectivos de <i>C. vulgaris</i> y <i>S. quadricauda</i>. El efecto bioestimulante parece depender del tipo de extracto utilizado para cultivar las microalgas, la concentración y las especies tratadas. Entre los extractos aplicados al crecimiento medio, D-HL y T-HL parecen tener un efecto significativo sobre la biomasa de microalgas y la producción de lípidos. Aunque B-HL no mostró efecto significativo sobre el contenido de biomasa y lípidos de <i>C. vulgaris</i> y <i>S. quadricauda</i>, su presencia en el crecimiento el medio aumentó la proporción de ácidos grasos saturados: insaturados (SFA / UFA) y estimuló el metabolismo del azúcar del microalgas al aumentar su contenido de carbohidratos y clorofila.</p>
20 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	<p>Esta revisión se centra en las perspectivas y los desafíos de aplicación de microalgas en diversas áreas de la agricultura, incluida la producción de cultivos, la protección y manejo de recursos naturales. Una visión general de los avances recientes, las nuevas tecnologías desarrolladas, su comercialización estado y direcciones futuras también están incluidos.</p>	
21	<i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Scenedesmus quadricauda</i>	<p>Los dos extractos de microalgas se caracterizaron primero por el SNC, análisis espectroscópico infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR), y resonancia magnética nuclear de carbono-13 (13C NMR). Las plántulas se cultivaron en la solución de Hoagland en condiciones controladas.</p>	<p>El análisis estadístico multivariado no reveló cambios significativos en el perfil iónico de las soluciones de Hoagland tratadas con los dos extractos de microalgas con respecto a la de la solución no tratada. En lo molecular nivel, los suministros de extracto de microalgas regulan al alza muchas de los genes evaluados. La categorización funcional reveló estos genes relacionados con diversas vías y procesos biológicos, incluidos el metabolismo primario y secundario y el transporte intracelular. A nivel morfológico, los tratados las plántulas mostraron valores</p>

			significativamente más altos para los rasgos de la raíz relacionado con la exploración del suelo y la absorción de nutrientes, como el total longitud de raíz, longitud de raíz fina (diámetro <0.5 mm) y número de puntas de raíz, que las plantas no tratadas. Estos datos indican que Los extractos de microalgas tienen efectos bioestimulantes en la expresión de rasgos de raíz y genes relacionados con la adquisición de nutrientes en remolacha azucarera
22 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	En esta revisión se describe un amplio abanico de esquemas de explotación de microalgas enfocado en nuevos usos de sus constituyentes. Además, se exploran las tecnologías emergentes destinadas a aprovechar esta biomasa de una manera más versátil y eficiente.	
23 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	Este documento presenta una visión general de los principales métodos de extracción de microalgas, sus compuestos bioactivos y aplicación métodos en agricultura. Mecanismos de bioestimulación que influyen en el rendimiento de la planta. También se describen la fisiología, la resistencia al estrés abiótico y el microbioma de la planta. Considerando el estado actual de la técnica, las perspectivas para futuras investigaciones sobre microalgas se discuten los bioestimulantes, que van desde el desarrollo de cultivos a medida, productos altamente efectivos para su aplicación para aumentar la sostenibilidad en la agricultura.	
24	<i>Chlorella sorokiniana</i>	El crecimiento de microalgas en POME (en el efluente del molino de aceite de palma) se monitoreó durante 20 días hasta que alcanzó la fase estacionaria. La biomasa se obtuvo cosechando las microalgas, y se centrifugó a 8000 rpm durante 10 min. Antes del crecimiento medida, la paleta de biomasa se lavó dos veces con agua destilada para eliminar el sólido suspendido de POME. El peso celular seco (DCW) fue medido por método gravimétrico utilizando Whatman.	Resultado muestra que ambas cepas produjeron un crecimiento comparable en POME, con $\mu_{\text{máx}}$ de 0,31 día ⁻¹ y 0,30 día ⁻¹ respectivamente, aunque λ más largo por el CS-C. Sin embargo, tres ciclos de aclimatación pudieron reducir λ de ocho días a dos días para CS-C. El perfil metabólico utilizando el análisis de componentes principales (PCA) muestra un grupo claro de aclimatados cepas para sugerir una mejor tolerancia al

			estrés de CS-N. Finalmente, un notable μ_{\max} de 0.57 día ⁻¹ sin fase de retraso fue logrado usando CS-N aclimatado en 40% de concentración de POME. La aclimatación ha acertado con éxito el λ y se demostró que la dilución con el efluente final es factible para una mejora adicional del crecimiento de microalgas.
25	Algas bálticas	<p>Aproximadamente 1 tonelada de algas bálticas secas y granuladas se sometieron a proceso de compostaje. El proceso se realizó al aire libre en una pila con dimensiones de aproximadamente 1.5 m x 9 m x 1.2 m, lo que permitió el efecto de llamado "aireación de chimenea". La humedad se mantuvo a nivel 60–65% por 6 semanas. La mezcla se volcó una vez por semana. La temperatura máxima alcanzada fue 38 C. La temperatura se midió (por triplicado) durante el proceso, en varios puntos alrededor de las pilas, en una profundidad de 60 cm. Se evaluó la madurez del compost, midiendo parámetros como el cambio de olor, color y la estructura del compost y el rendimiento.</p> <p>La prueba de fitotoxicidad. El compost resultante también fue caracterizado con respecto a la composición química.</p>	Los resultados mostraron que no había fitotóxicos efectos en ambos casos y la adición de compost y extracto aumentó el crecimiento de la planta. La diferencia en el peso para ambas plantas entre los grupos examinados fue insignificante. La biomasa de las plantas fertilizadas con compost y extracto de algas se biofortificó en micro y macroelementos (en particular B, Fe, Cu, Zn, Ca, K, S).
26	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<p><i>Kappaphycus alvarezii</i>, fue recolectado y utilizado para la preparación del extracto. Las algas fueron lavadas con agua, y la biomasa se molió mecánicamente en condiciones ambientales.</p> <p>La suspensión resultante se centrifugó y el sobrenadante se conservó agregando una mezcla de 0.02% propilparabeno, 0.2% metil parabeno y 0.1% benzoato de potasio. Este sobrenadante fue considerado como 100% SWE a partir del cual las diluciones apropiadas debían disminuir en un 10% debido a varios factores, incluido el clima.</p>	Sin embargo, en contraste, cuando se aplica antes en V5 o más tarde en la etapa V15, se registró una mejora del rendimiento de 13.7 y 11.1% sobre sus respectivos controles. También mostramos que la aplicación de el extracto en V5 junto con V15 obtuvo la mejor respuesta de rendimiento (32%) y sin mayores ganancias significativas acumuladas con mayor número de aplicaciones. Además, hubo una disminución en la relación beneficio / costo de 1.7 registrado en V5 + V15 a menor o igual a 1 en otros tratamientos. Aplicación consecutiva en las etapas V5 y V15 también mostró una disminución neta del 20% en la categoría de impacto del cambio climático en comparación con el control, y

			este tratamiento resultó en ahorros de 35.7 kg de CO ₂ -equivalentes por tonelada de producción de granos de maíz en comparación con donde solo se realizó una aplicación en la etapa V10.
27	<i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Chlorococcum</i> , <i>Chroococcus</i>	<p>Para el desarrollo de consorcios, cantidades iguales de cada cepa de microalgas (0.1–0.2 µg mL⁻¹ en base a clorofila) se mezclaron y se dejaron crecer medio basal, bajo condiciones exteriores en una casa de polietileno.</p> <p>Se recogieron consorcios de microalgas de varios días, se lavaron con agua destilada para eliminar el material adherente, y se utiliza como inóculo en aguas residuales.</p> <p>Las aguas residuales se recogieron en contenedores de plástico de 15 L. Después del asentamiento primario, las aguas residuales residuales, se filtró a través de tela de muselina y se usó como medio de crecimiento para cultivo de microalgas El cultivo de microalgas se realizó bajo condiciones de la puerta exterior (a temperatura ambiente diurna / diurna y luz Intensidad de 16–32 ° C y 350–1420 µmol fotones m⁻² s⁻¹ respectivamente)</p>	<p>Un avance significativo se registró una mejora de 35.1 - 51% en el contenido de carbono orgánico en consorcios de microalgas inoculados tratamientos sobre control. Los valores más altos se observaron en el tratamiento T5 (75% N + dosis completa formulación PK + con MC2, que comprende microalgas filamentosas nativas (<i>Phormidium</i>, <i>Anabaena</i>, <i>Westiellopsis</i>, <i>Fischerella</i>, <i>Spirogyra</i>). El tratamiento T4 (75% N + dosis completa PK + formulación MC1 (que comprende algas verdes unicelulares <i>Chlorella</i>, <i>Scenedesmus</i>, <i>Chlorococcum</i>, <i>Chroococcus</i>) mostraron valores significativamente más altos de deshidrogenasa actividad. Las plantas del tratamiento T5 (75% N + dosis completa formulación PK + con MC2) registraron 53% más hoja de clorofila, en comparación con T1 (dosis recomendada de fertilizante) en la etapa intermedia del cultivo. Consorcios de microalgas los tratamientos inoculados también mostraron un aumento de 37.3 a 48.0% en el rendimiento de grano con micronutrientes significativamente más altos (Zn, Fe, Cu y Mn) contenido en granos, en comparación con el control. Se registró una fuerte correlación positiva entre la disponibilidad de micronutrientes en el suelo a mitad de cultivo y el rendimiento de grano.</p>
28	Consortio de 12 microalgas nativas	<p>Un consorcio seleccionado (01 y 12) realizó un tratamiento posterior en tres condiciones operativas: agitación (S), S + 12 h de aireación diaria (S + A) y S + A enriquecido con CO₂ (S + AC). Las microalgas seleccionadas se propagaron usando un probador en 100 rpm en vasos de precipitados de 1,000 mL</p>	<p>Durante los experimentos se demostró que la alcalinización del pH debido al crecimiento de microalgas beneficia la eliminación química de amoníaco y fósforo. Además, las ventajas del aumento del pH podrían lograrse mediante la adición intermitente de CO₂</p>

		<p>lleno con 750 ml de efluente MWTP no modificado con luz continua a 4.800 lux. Cada 8 días, 250 ml de los medios de crecimiento se reemplazaron con efluente MWTP fresco para mantener las algas activas y cercanas al crecimiento exponencial.</p>	<p>que en esta investigación (tratamiento S + AC) promovió un mayor rendimiento y concentración de lípidos. El análisis de biomasa seca resultante mostró un bajo contenido de lípidos (0.5-4.3%) no ideal para la producción de biodiesel. Además, la alta tasa de cenizas (29.3–53.0%) sugiere que la biomasa podría reciclarse fácilmente como biofertilizante debido al suministro de minerales y componentes orgánicos formados por C, N y P (por ejemplo, carbohidratos, proteínas y lípidos).</p>
29	Algas bálticas	<p>La biomasa de algas se mezcló con aserrín y estiércol de codorniz. La mezcla inicial de compostaje estaba compuesta de algas: 30 kg de masa seca (d.m.), aserrín: 14 kg d.m. y estiércol de codorniz —1 kg de masa fresca (f.m.) (humedad 40%). Una biomasa total</p> <p>Se compostaron 45 kg al aire libre bajo condiciones atmosféricas en un compostador EvoGREEN IKST (volumen 600 L). La humedad inicial de la mezcla de compost fue aproximadamente del 60%. Compost regularmente se mezcló completamente para airear y humedecer todo el material. El proceso de compostaje se realizó por 120 días</p>	<p>La longitud promedio de las plantas en el grupo con compost fue 14.5% mayor que en el grupo con el extracto (diferencia no estadísticamente significativa). Ha sido observado un efecto positivo de la adición de compost en el contenido de micro y macronutrientes en la biomasa de las plantas cultivadas, especialmente boro, calcio, hierro y silicio. Las concentraciones promedio de olor medidas a partir del compost y las muestras de extracto fueron muy bajas y alcanzaron los valores de 8 y 24 ouE / m³, respectivamente. Según los resultados obtenidos, mediante el compostaje de algas es posible para producir un valioso</p>
30 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	<p>El artículo de revisión presenta el uso de extractos de algas como componentes seguros y sin solventes de bioestimulantes de crecimiento vegetal, aditivos alimentarios y cosméticos. Tecnología innovadora que utiliza extractos obtenidos por extracción supercrítica de CO₂, como método de aislamiento de biológicamente activo se presentan compuestos de biomasa de algas.</p>	<p>Los bioproductos fueron probados. Se realizaron pruebas de germinación y se realizaron pruebas de campo para buscar propiedades bioestimuladoras del crecimiento de las plantas.</p>
31	<i>Acutodesmus dimorphus</i>	<p>Se estudió el efecto del estrés salino sobre el crecimiento, la acumulación de biomasa y el contenido pigmentos fotosintéticos de algas verdes de agua dulce <i>Acutodesmus dimorphus</i> (Turpin).</p>	<p>Se muestra que cuando se introduce en medio de cultivo cloruro de sodio crecimiento de microalgas en la fase de crecimiento activo Los cultivos disminuyeron, la cantidad de clorofilas ayb disminuyó. Con el</p>

			aumento DE concentración de sal y duración del cultivo aumentaron los carotenoides. Se observó un aumento en el número de carotenoides el día 18 cultivo en todas las concentraciones de sal investigadas, se observaron valores a 0,75% de NaCl en el medio de cultivo.
32	No se hace énfasis en un género en particular	Este artículo resume las técnicas óptimas para el metabolito secundario extracción y los posibles productos útiles que se pueden obtener de las cianobacterias, con adicional enfoque dado a productos derivados de metabolitos secundarios. Se hace evidente que el potencial para su uso como biocidas, quelantes, biocombustibles, biofertilizantes, productos farmacéuticos, alimentos y piensos y cosméticos tiene aún no ha sido estudiado exhaustivamente o implementado ampliamente.	
33	<i>Spirulina plantensis</i> , <i>Ascophyllum nodosum</i> y macroalgas verdes del Báltico <i>Forthial</i> y <i>Asahi</i>	Se proporcionan las características de <i>S. platens</i> comercialmente disponible. por WBlm-undExportW.Beringer & Co.GmbH. Las microalgas marinas fueron recolectados del Báltico directamente del agua cerca de Sopotbeach (Polonia). Macroalga marrón– <i>A. nodosum</i> fue suministrada por laboratoires Goëmar SAS1. Luego se secó a la humedad15% en la temperatura 40 C. Finalmente, fue molido para obtener la fracción de tamaño 500 mm.	El número de orejas por m2 fue el más alto en el grupo donde las macroalgas del Báltico. El extracto se aplicó en la dosis de 1,0 L / ha (diferencias estadísticamente significativas). Número de granos en el oído (diferencias estadísticamente significativas) y la longitud del vástago fue la más alta en el grupo tratado con <i>Spirulina</i> a la dosis de 1,5 l / ha. En el grupo con <i>Ascophyllum</i> en el dosis 1.0 L / ha, se observó la mayor longitud del oído. El rendimiento fue comparable en todos los grupos experimentales (falta de diferencias estadísticamente significativas). Entre los probados extractos supercríticos, los mejores resultados se obtuvieron para la <i>Spirulina</i> (1,5 l / ha). La masa de 1000 granos fue el más alto para el extracto de macroalgas del Báltico y fue 3.5% más alto que para <i>Asahi</i> , 4.0% más alto que para <i>Forthial</i> y 18.5% más alto que para el control grupo (diferencias estadísticamente significativas).
34	<i>Acutodesmus dimorphus</i>	<i>Acutodesmus dimorphus</i> , se cultivó al aire libre en siete paneles	Semillas tratadas con <i>A. dimorphus</i> a con

		<p>de hileras de producción de 1,22 m x 14,63 m en fotobiorreactores que usan medio de cultivo de algas BG-11 estándar, burbujeado con aire mezclado con 1% Dióxido de carbono.</p> <p>La biomasa se cosechó por centrifugación el día 14 de cultivo y luego se congeló hasta su uso.</p> <p>La biomasa congelada se descongeló en una habitación fría a 4 ° C durante 24 h. Una vez descongelada, la biomasa se extendió sobre diez bandejas metálicas con un grosor de 1,5 cm y colocadas dentro de una liofilizadora a -40 ° C para liofilizar durante aproximadamente 48 h.</p> <p>La biomasa seca se recogió y se almacenó en una cámara fría a 4 ° C.</p>	<p>concentraciones de extracto más altas de 50% (0.75 g mL⁻¹) desencadenó una germinación de semillas más rápida 2 días antes que el grupo de control. Los extractos acuosos también se aplicaron como fertilizantes foliares en varias concentraciones (0, 10, 25, 50, 75 y 100%) en plantas de tomate. Extracto foliar la aplicación a una concentración del 50% (3.75 g mL⁻¹) resultó en aumento de la altura de la planta y mayor cantidad de flores y ramas por planta. Dos tratamientos de biomasa seca (50 y 100 g) se aplicaron 22 días antes del trasplante de plántulas y en el momento del trasplante para evaluar si el momento de la la aplicación de biofertilizantes influyó en la efectividad de biofertilizante</p> <p>Tratamientos de biofertilizantes aplicados 22 días antes de el trasplante de plántulas mejoró el crecimiento de las plantas, incluso cantidad de ramas y flores, en comparación con el control grupo y los tratamientos de biofertilizantes aplicados en el momento de trasplante. El cultivo de <i>A. dimorphus</i>, extracto celular y seco. biomasa aplicada como bioestimulante, pulverización foliar y biofertilizante, respectivamente, fueron capaces de desencadenar una germinación más rápida y mejorar el crecimiento de las plantas y la producción floral en Roma plantas de tomate</p>
35	<i>Spirulina platensis</i>	<p><i>S. platensis</i> se obtuvo de la Universidad de Texas y habitualmente cultivada en el Guillard F / 2 con dilución (1: 1000) en agua corriente con 30 g / L de sal marina.</p>	<p>Este trabajo proporciona conocimiento del potencial de la biomasa de algas como fertilizantes agrícolas, cuando se combina con las aguas residuales de la acuicultura. remediación La capacidad de los fertilizantes a base de espirulina para mejorar el crecimiento de las plantas se demostró en vegetales de hoja como Arugula (<i>Eruca sativa</i>), Bayam Red (<i>Ameranthus gangeticus</i>) y Pak Choy (<i>Brassica rapa ssp. chinensis</i>). La germinación de la col china (<i>B. rapa ssp. Chinensis</i>) y Kai</p>

			Lan (<i>Brassica oleracea alboglabra</i>), también mejoró significativamente en términos de peso seco de las plántulas.
36	<i>Scenedesmus</i> sp.	El potencial de un fertilizante inorgánico como alternativa fuente de nutrientes para el cultivo de <i>Scenedesmus</i> sp. IMMTCC-6 fue investigado. Con un estudio preliminar a escala de matraz de agitación, el cultivo de microalgas se amplió en un fotobiorreactor que contiene un fertilizante inorgánico medio. Microalgas cultivadas en un matraz de agitación que contiene 0.1 g L ⁻¹ de urea y 1.0 g L ⁻¹ de NPK (Nitrógeno: Fósforo: Potasio).	Durante el estudio a escala en un fotobiorreactor específico tasa de crecimiento (μ d ⁻¹), rendimiento de biomasa (g L ⁻¹) y total se observó que la productividad de la biomasa (mg L ⁻¹ d ⁻¹) era 0.265, 1.19 y 66.1, respectivamente. El rendimiento de lípidos (%) según el peso de las células secas (DCW) y la productividad de los lípidos (mg L ⁻¹ d ⁻¹) resultó ser un máximo de 28.55 y 18.87, respectivamente, en una papelería fase del crecimiento de microalgas. Los ácidos grasos se demostró que el perfil de éster metílico es deseable para producción de biodiesel.
37	Algas marinas del Báltico	La biomasa de algas (<i>Polysiphonia</i> , <i>Ulva</i> , <i>Cladophora</i>). se obtuvo mediante dos métodos: se recogió directamente del agua con un cargador especialmente preparado, que minimizó la contaminación de la materia prima, como en la arena. Después de la recolección, la biomasa se enjuagó con agua para purificarla de la sal y la arena. Siguiendo este proceso, se separaron impurezas como piedras, arena, conchas, trozos de madera. Finalmente, la biomasa se secó al 15% de humedad. La biomasa marina de algas preparada y purificada se sometió a molienda hasta un tamaño de partícula <0,3 mm.	Los resultados mostraron que el contenido de polifenoles en los extractos disminuyó con la temperatura, mientras que el contenido de micro y macroaleaciones aumentó con la temperatura. Los extractos acuosos no contenían ácidos grasos y no mostraron efecto inhibitorio sobre <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> . Las pruebas de germinación mostraron que las plantas en los grupos experimentales con una concentración óptima de extracto tenían un mayor contenido de altura, peso, clorofila y micro y macroelementos que las plantas en el grupo de control. Los extractos de algas no influyeron significativamente en la morfología de las plantas. Los resultados muestran que los extractos de algas obtenidos por MAE tienen el mayor potencial aplicado en la agricultura como bioestimulantes.
38 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	El documento discute la aplicabilidad potencial del proceso de extracción de fluido supercrítico (SFE) en la producción de extractos de algas con la consideración de las condiciones	

		del proceso y los rendimientos. Estado del arte en la investigación sobre aislamiento biológico sin disolventes	
39 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	En este artículo de revisión, se accede a los aspectos centrales de tecnología de microalgas, que cubre sus principales características, y de manera integral presentando las principales características de sus diversos modos de cultivo y actividad biológica de metabolitos	
40 (Review)	No se hace énfasis en un género en particular	Revisión de los diferentes métodos de pretratamiento de biomasa. Productos derivados de algas son seguros para plantas, animales y humanos. Por lo tanto, se pueden usar en modernos agricultura (bioestimulantes, biorreguladores, aditivos para piensos) y en alimentos, cosméticos y industrias farmacéuticas	
41	<i>Chlorella sorokiniana</i>	<i>C. sorokiniana</i> , se obtuvo de UTEX Culture Collections y se mantuvo en BG11 medio de crecimiento. El pH del medio de cultivo BG11 se ajustó a $7,5 \pm 0,2$ antes de la inoculación, y el alga se mantuvo en un crecimiento a temperatura controlada cámara a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ y $100 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ intensidad de luz proporcionada por blanco frío Bombillas fluorescentes (6500K) T-8 con ciclos de luz / oscuridad de 12:12 h.	Estos tratamientos fueron NAA5 ppm + PAA30 ppm, NAA2.5 ppm + PAA15 ppm, NAA5 ppm + IBA10 ppm, NAA5 ppm + GA310 ppm, NAA5 ppm + ZT1 ppm y NAA5 ppm + GA310 ppm + ZT1 ppm. Combinaciones de NAA con otras auxinas no tuvo efectos sinérgicos o antagonicos en el crecimiento. Sin embargo, las combinaciones de compuestos de diferentes familias de fitohormonas, como NAA5 ppm + GA310 ppm + ZT1 ppm, aumentó dramáticamente la productividad de biomasa en un 170% el control seguido por los tratamientos: NAA 5 ppm + GA310 ppm (138%), NAA 5 ppm + ZT1 ppm (136%) y NAA 5 ppm (133%). El efecto de los estimulantes bioquímicos también se midió en metabolitos como la clorofila, las proteínas y los lípidos en <i>C. sorokiniana</i> . Renovado interés en las microalgas para aplicaciones de biotecnología y biocombustibles pueden justificar el uso de productos bioquímicos estimulantes para la reducción de costos en cultivos a gran escala a través de una mayor productividad de biomasa.

42 (Review)	Cianobacterias	<p>Una serie de cianobacterias y algas eucariotas, particularmente macroalgas, producen diversos compuestos biológicamente activos. Estos incluyen antibióticos que en las pruebas de laboratorio inhibieron bacterias y hongos que incitan enfermedades de los humanos. Además, los siguientes hongos que son de interés para los patólogos de plantas, fueron inhibidos in vitro por sustancias producidas por varias cianobacterias: Los saprófitos <i>Chaetomium globosum</i>, <i>Cunninghamella blakesleeana</i> y <i>Aspergillus oryzae</i>, y la planta patógena <i>Rhizoctonia solani</i> y <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>. Extractos de algas (macroalgas) rociadas en plantas. Se ha informado que reduce la incidencia de <i>Botrytis cinerea</i> (moho gris) en las fresas, <i>Erysiphe polygoni</i> (moho polvoriento) en los nabos y la amortiguación de las plántulas de tomate. Porque muchas cianobacterias y algas producen una gran cantidad de materiales antibacterianos y antifúngicos, casi nunca son una amenaza para el medio ambiente y muchos se pueden dar en cultivo masivo, son candidatos adecuados para la explotación como agentes de biocontrol de bacterias y hongos patógenos de plantas.</p>	
----------------	----------------	--	--

Anexo 4. Interpretación de los resultados obtenidos en WoS.

Artículo	Géneros de algas más representativos	Métodos de aplicación	Efectos apreciados en las plantas evaluadas
1 Review	No se hace énfasis en un género en particular	El presente trabajo tiene como objetivo proporcionar una perspectiva crítica sobre las consecuencias del uso de pesticidas sintéticos, ofreciendo como alternativa los bioplaguicidas obtenidos de la biomasa de microalgas, que pueden usarse junto con la implementación de sistemas agrícolas amigables con el medio ambiente.	
2 Review	No se hace énfasis en un género en particular	Esta revisión está dirigida al informar sobre los desarrollos en el procesamiento de MBS y MBF, resumiendo las actividades biológicamente activas compuestos, y examinando las investigaciones que respaldan el uso de MBS y MBF para gestionar productividad y tensiones abióticas en la producción de cultivos. Las microalgas se utilizan en la agricultura en diferentes aplicaciones, como enmiendas, aplicación foliar y cebado de semillas. MBS y MBF pueden ser aplicado como una técnica alternativa, o usado junto con fertilizantes sintéticos, protección de cultivos productos y reguladores del crecimiento de las plantas, generando múltiples beneficios, como un enraizamiento mejorado, mayor rendimiento de los cultivos y calidad y tolerancia a la sequía y la sal.	
3	<i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Nostoc</i> sp.	Hojas caducas de <i>A. ordosica</i> <i>Krasch</i> fueron recolectados de Shapotou, Condado de Zhongwei. Materiales secados al aire se cortaron en trozos de 1 mm de largo y alcuotas de 100 g se remojaron en 200 ml de agua esterilizada durante 48 ha 4 ° C. El procedimiento de extracción de agua se repitió cinco veces para extraer completamente cada réplica experimental. Los extractos acuosos fueron filtrados a través de cuatro capas de gasa para eliminar los desechos fibrosos y luego filtrados a través de un filtro de fibra de vidrio (Whatman, 0,45 µm) con una bomba de vacío. Los EA fueron designado como soluciones madre de AE a una concentración de 0.1	Por el contrario, las altas concentraciones de AE inhibieron el crecimiento y las actividades fotosintéticas de ambas microalgas del suelo, lo que resultó de la disminución de las actividades de superóxido dismutasa y catalasa y la acumulación de especies reactivas de oxígeno y contenido de malondialdehído. La concentración de tolerancia del alga verde <i>C. vulgaris</i> a los EA fue mayor que la de la cianobacteria <i>Nostoc</i> sp. Los efectos adversos de <i>A. ordosica</i> ejercieron diferentes grados de efectos estimuladores o inhibidores

		<p>g /mL. Un mililitro de los AA obtenidos se diluyó 1:10 durante análisis de fluorescencia y 2 ml de los AA fueron liofilizados para la detección de componentes químicos por cromatografía de gases espectrometría de masas (GC-MS). Entonces, 0.1 g / mL Aes de las tres réplicas se recogieron juntas y se diluyeron a diferentes concentraciones (0, 1, 5, 10 y 25 g L⁻¹) en 200 ml de BG11 medio para el tratamiento de microalgas.</p>	<p>sobre las tasas de crecimiento y las actividades fisiológicas de <i>Nostoc sp.</i> y <i>C. vulgaris</i>, que podría afectar a la comunidad de microalgas del suelo estructura y formación de BSC en tierras secas. Este estudio revela los mecanismos de respuesta de las algas del suelo a los lixiviados de arbustos y mejora nuestra comprensión del papel de las plantas vasculares en la configuración de las comunidades BSC.</p>
4	<i>Dunaliella salina</i>	<p>El cultivo de <i>Dunaliella salina</i> fue filtrado al vacío por Whatman papel de filtro. Para PS precipitación, se utilizaron cuatro volúmenes de etanol absoluto, agitando vigorosamente y se dejó durante la noche a 4 ° C. Después de la centrifugación a 16800 × g durante 10 min, el sobrenadante fue descartado. Los PS purificados fueron liofilizados, pesados, y almacenado a - 80 ° C para uso futuro.</p>	<p>La aplicación de exopolisacáridos sulfatados en plantas de tomate alivió el estrés salino y mitigó la disminución de la longitud y el secado peso de los sistemas de brotes y raíces de la planta, así como el del potasio (K⁺) y la relación K⁺ / Na⁺. Además, el aumento en las actividades de prolina, compuestos fenólicos, Na⁺ y enzimas antioxidantes (CAT, POD, SOD) causadas por el estrés salino se atenuaron después del tratamiento con exopolisacárido. El análisis de metabolómica de GC-MS mostró que el tratamiento con PS permitió la activación y / o inhibición de diversas vías metabólicas involucradas en la tolerancia de la planta al estrés, como las vías dependientes del ácido jasmónico.</p>
5	<i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Scenedesmus dimorphus</i>		<p>Estos se evaluaron los biofertilizantes para arroz en condiciones de invernadero, los resultados mostraron que las alturas de las plantas de arroz tratadas con biomasa de microalgas a base de policultivo fueron similares o mejor que el tratamiento con urea. Los efectos de la inoculación de la cianobacteriana fijadora de N₂ La inoculación en el crecimiento de plántulas no fue estadísticamente</p>

			<p>significativa. En conclusión, la vertical</p> <p>El método de cultivo PBR de sistema semicerrado desarrollado en este estudio demostró ser simple y método efectivo para cultivar microalgas. Demostración de la producción confiable. Un sistema para cianobacterias de fijación de N₂ y clorofitas a una escala media podría potencialmente abrir la futura aplicación de biofertilizantes de microalgas en la producción de arroz.</p>
6 Review	No se hace énfasis en un género en particular	Ingeniería de tales consorcios de cianobacterias, microalgas y bacterias serían funcionales en el desarrollo sostenible de los desiertos mediante la mejora del suelo fertilidad, preservación del agua, producción primaria, eliminación de contaminantes y mantenimiento de la estabilidad del suelo. Herramientas y técnicas modernas ayudaría a construir consorcios de cianobacterias / microalgas-bacterias altamente funcionales que son de gran utilidad en el establecimiento de vegetación en desiertos, así como en aplicaciones biotecnológicas.	
7	Dos algas verdes y cinco cianobacterias	Se esterilizaron semillas de arroz (<i>Oryza sativa</i> L. cv. <i>Nipponbare</i>) con 30% (v / v) H ₂ O ₂ durante 15 minutos, enjuagado y empapado en agua desionizada durante la noche; estaban entonces transferido a una incubadora para germinación (32 ° C, 2 días) en condiciones de oscuridad. El pre-germinado las semillas se sembraron debajo de la superficie inundada del suelo bajo las siguientes condiciones de crecimiento: 12: 12-h de luz: ciclo oscuro (360 μmol m ⁻² s ⁻¹), temperaturas de 30:25 ° C día: noche y una humedad relativa del 60–70%. Después de 3 semanas de crecimiento, las plántulas de arroz uniformes fueron transferido a un invernadero y cultivado en macetas de plástico (16,5 cm de altura con 25 cm de diámetro, cuatro plantas por maceta), cada una de las cuales contenía 3 kg de	<p>La inoculación de microalgas mejoró enormemente absorción de nutrientes y crecimiento del arroz. La presencia de representante microalga <i>Anabaena azotica</i> no significativamente difieren las concentraciones de grano inorgánico como pero notablemente disminuido la raíz de arroz y DMA de grano concentraciones La translocación de As de raíces a los granos también disminuyeron notablemente por el arroz inoculado con <i>A. azotica</i>. Esto posteriormente condujo a una disminución en La concentración total de As en granos de arroz.</p>

		tierra A o seca suelo B. Las macetas se dividieron en tres grupos.	
8	<i>Chlorella</i> sp.	Las muestras de suelo se tomaron del horizonte Ap (0–20 cm). El suelo está clasificado como Regosol Distrito (Rd) según la FAO (IUSS, 2006), con una textura franco arenosa (arena 76,5%, limo 11,0%, arcilla 12,5%).	El desarrollo de microorganismos autotróficos fue 3,5 veces mayor en tratamientos con aplicación de algas medida por la concentración de pigmento de clorofila. Contra las expectativas que aumentaron la fotosíntesis. La actividad disminuiría el flujo de CO ₂ -C, la suspensión de algas con un fotoperíodo aumentó significativamente respiración del suelo en comparación con los filtrados de cultivo sin células de algas, con cantidades acumuladas de 1,8 y 0,7 g de CO ₂ -C m ⁻² , respectivamente. Además, los análisis de ácidos grasos fosfolípidos (PLFA) mostraron que la suspensión aceleró el desarrollo de una comunidad estable de microorganismos eucariotas y procariotas en la superficie del suelo, mientras que los biomarcadores bacterianos de PLFA se asociaron significativamente con biomarcadores eucariotas en el nivel de estudio.
9	No se hace énfasis en un género en particular	Se concluyó que el secuestro de CO ₂ y el ahorro de gas natural de los bosques es típicamente 3.78 veces mayor que las emisiones resultantes de La tecnología de producción y del proceso de grabación. Lo económico y medioambiental la eficiencia relacionada con la protección opera en direcciones opuestas. La capacidad de secuestro de CO ₂ de las algas puede se utiliza principalmente cuando está conectado a plantas de energía. La solución óptima podría ser la producción de algas. integrado con plantas de energía de biogás	
10 Review	No se hace énfasis en un género en particular	Este artículo revisa procedimientos basados en la restauración del suelo biológico práctica de restauración de la corteza. Se presentan los	

		principales hitos. y resaltado incluyendo selección de cepa (s) y desarrollo, producción de biomasa en masa, preparación de inóculo, inoculación del suelo, aumento del suelo, viveros y monitoreo y control de la sucesión de la corteza. La revisión también presenta varios estudios de caso exitosos en los EE. UU. Y La República de China	
11 Review	No se hace énfasis en un género en particular	En este documento, se revisa los detalles de la absorción de P de las corrientes de desechos ricas en nutrientes, prestando especial atención a captación de lujo por las células de microalgas y la posible aplicación de biomasa de algas enriquecida en P para fertilizar los suelos de los cultivos.	
12 Review	<i>Tetraselmis</i> sp.	Se utilizó PCR-DGGE y PCR en tiempo real para evaluar la dinámica de la comunidad bacteriana dentro del reciclado agua después de los pasos de cosecha y concentración para un sistema de estanque abierto a escala piloto (120,000 L), que fue desarrollado para la producción de petróleo crudo verde de <i>Tetraselmis</i> sp. en agua hiper salina. Se utilizaron dos etapas en la cosecha; Etapa 1 de electrofloculación, y Etapa 2 de centrifugación.	Electrofloculación Se demostró que tiene poco efecto sobre la concentración de células bacterianas. En contraste la diversidad bacteriana y la concentración celular dentro del paso de centrifugación se redujo considerablemente