



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales renovables

Carrera de Agronomía

### Identificación de consorcios microbianos fotosintéticos a partir de suelos hortícolas en la provincia de Loja.

Trabajo de Integración Curricular,  
previa a la obtención del título de  
Ingeniera Agrónoma.

**AUTORA:**

Stefany Tatiana Jiménez Gordillo

**DIRECTOR:**

Ing. Ángel Rolando Robles Carrión PhD.

Loja – Ecuador

2024

Educamos para **Transformar**

## Certificación

Loja, 24 de agosto de 2023

Ing. Ángel Rolando Robles Carrión PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Identificación de consorcios microbianos fotosintéticos a partir de suelos hortícolas de la provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrónoma** de la autoría de la estudiante **Stefany Tatiana Jiménez Gordillo**, con **cédula de identidad** Nro. **1104241805**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Ángel Rolando Robles Carrión PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, **Stefany Tatiana Jiménez Gordillo**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Stefany', enclosed within a hand-drawn oval shape.

**Firma:**

**Cédula de identidad:** 1104241805

**Fecha:** 24 de enero del 2024

**Correo electrónico:** stefany.t.jimenez@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0959749869

**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Stefany Tatiana Jiménez Gordillo**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Identificación de consorcios microbianos fotosintéticos a partir de suelos hortícolas de la provincia de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Agrónoma**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinticuatro días del mes de enero de dos mil veinticuatro.



**Firma:**

**Autora:** Stefany Tatiana Jiménez Gordillo

**Cédula:** 1104241805

**Dirección:** Satélite Mirador-Loja, Ecuador

**Correo electrónico:** stefany.t.jimenez@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0959749869

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Integración Curricular:**

Ing. Ángel Rolando Robles Carrión PhD.

## **Dedicatoria**

En primer lugar a Dios, a mis padres, a toda mi familia y especialmente a mi hermana Romina, y a todos aquellos que durante estos 4 años y medio estuvieron a mi lado apoyándome y alentándome a llegar a la meta.

*Stefany Tatiana Jiménez Gordillo*

## **Agradecimiento**

Gratitud eterna a la Universidad Nacional de Loja, a todos los docentes que me formaron; quienes, con sus conocimientos y experiencia, contribuyeron en mi formación. También a todo el personal del centro de Biotecnología, que siempre estuvieron presentes en mi investigación. Quiero dejar constancia de mi agradecimiento al Ingeniero Ángel Robles, e Ingeniera Yadira Collahuazo, quiénes como director de Trabajo de Integración Curricular, y técnica docente respectivamente me han apoyado el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

*Stefany Tatiana Jiménez Gordillo*

## Índice de contenido

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenido</b> .....	<b>vii</b>
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras .....	x
Índice de anexos .....	xi
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
Objetivo General .....	6
Objetivos Específicos.....	6
<b>4. Marco teórico</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1 Importancia del suelo</b> .....	<b>7</b>
<b>4.2 Suelos hortícolas</b> .....	<b>7</b>
<b>4.3 Cultivos hortícolas de interés en la provincia de Loja</b> .....	<b>7</b>
<b>4.4 Consorcios microbianos fotosintéticos</b> .....	<b>7</b>
<b>4.5 Microorganismos presentes en el suelo</b> .....	<b>8</b>
4.5.1 Hongos .....	8
4.5.2 Protozoarios.....	8
4.5.3 Microalgas y Cianobacterias .....	8
4.5.4 Interrelaciones de microorganismo-suelo .....	8

<b>4.6 Estudios relacionados con la identificación de consorcios microbianos fotosintéticos</b>	<b>9</b>
<b>4.7 Importancia de la identificación de los consorcios microbianos fotosintéticos</b>	<b>9</b>
<b>4.8 Medios de cultivos selectivos para el crecimiento de consorcios microbianos</b>	<b>10</b>
4.8.1 Medio BG11	10
<b>5. Metodología</b>	<b>12</b>
<b>5.1 Localización del área de estudio</b>	<b>12</b>
.....	<b>13</b>
<b>5.2 Metodología General</b>	<b>13</b>
<b>5.3 Metodología para el primer objetivo “<i>Caracterizar microorganismos fotosintéticos en base a sus características morfológicas y taxonómicas</i>”</b>	<b>13</b>
<b>5.4 Metodología para el segundo objetivo “<i>Realizar ceparios de consorcios de microorganismos fotosintéticos</i>”</b>	<b>14</b>
5.4.1 Protocolo de Crioconservación	14
5.4.2 Realización de cepario	15
<b>6. Resultados</b>	<b>16</b>
<b>6.1 Resultados para el primer objetivo “<i>Caracterizar microorganismos fotosintéticos en base a sus características morfológicas y taxonómicas</i>”</b>	<b>16</b>
<b>6.2 Resultados para el segundo objetivo “<i>Realizar ceparios de consorcios de Microorganismos fotosintéticos</i>”</b>	<b>20</b>
<b>7. Discusiones</b>	<b>22</b>
<b>7.1 Discusiones para el primer objetivo “<i>Caracterizar microorganismos fotosintéticos en base a sus características morfológicas y taxonómicas</i>”</b>	<b>22</b>
<b>7.2 Discusiones para el segundo objetivo “<i>Realizar ceparios de consorcios de Microorganismos fotosintéticos</i>”</b>	<b>23</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>24</b>
<b>9. Recomendaciones</b>	<b>25</b>
<b>10. Bibliografía</b>	<b>26</b>
<b>11. Anexos</b>	<b>30</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Componentes del medio de cultivo BG11, (Rippka, 1988) .....	10
<b>Tabla 2.</b> Componentes del medio de cultivo BG110, (Alvear, 2015).....	10
<b>Tabla 3.</b> Componentes medio de cultivo Bassfoliar, (Alvear, 2015).....	11
<b>Tabla 4 .</b> Características morfológicas y taxonómicas, (Jiménez, 2024) .....	16
<b>Tabla 5.</b> Índice de Shannon, (Jiménez, 2024) .....	18
<b>Tabla 6.</b> Índice de Margalef, (Jiménez, 2024).....	19
<b>Tabla 7.</b> Mapa de crioconservación, (Jiménez, 2024).....	20

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa político de Loja, (Jiménez, 2024) .....	12
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación centro Biotecnología, (Jiménez, 2024) .....	13
<b>Figura 4.</b> Procedimiento de crio-conservación, (Jiménez, 2024).....	19
<b>Figura 5.</b> Procedimiento de Crio-conservación, (Jiménez,2024) .....	20

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Closterium spp.....	29
<b>Anexo 2.</b> Chlorococcum spp.....	30
<b>Anexo 3.</b> Chlorella spp.....	29
<b>Anexo 4.</b> Scenedesmus spp.....	30
<b>Anexo 5.</b> Borzia spp.....	30
<b>Anexo 6.</b> Borzia spp.....	31
<b>Anexo 7.</b> Radiococcus spp.....	30
<b>Anexo 8.</b> Elliptochloris spp.....	31
<b>Anexo 9.</b> Elliptochloris spp.....	30
<b>Anexo 10.</b> Oocystis spp.....	31
<b>Anexo 11.</b> Scenedesmus spp.....	31
<b>Anexo 12.</b> Chlorella spp.....	32
<b>Anexo 13.</b> Chlorella spp.....	31
<b>Anexo 14.</b> Chlorella spp.....	32
<b>Anexo 15.</b> Spirulina spp.....	31
<b>Anexo 16.</b> Asterococcus spp.....	33
<b>Anexo 17.</b> Asterococcus spp.....	32
<b>Anexo 18.</b> Chlorella spp.....	33
<b>Anexo 19.</b> Certificación inglés.....	34

## **1. Título**

**Identificación de consorcios microbianos fotosintéticos a partir de suelos hortícolas de la provincia de Loja.**

## 2. Resumen

En la actualidad, la contaminación ambiental derivada del uso excesivo de productos químicos se ha convertido en un problema mundial. En la provincia de Loja, se ha hecho notorio que el empleo de diferentes agroquímicos es de uso común en labores culturales de cultivos, como en el maíz, tomate, hortalizas, entre otros. Para proteger a los microorganismos del suelo de los efectos nocivos de los agroquímicos, es necesario minimizar su uso, permitiendo su recuperación y su acción en diferentes actividades que ejercen en el suelo acelerando el proceso de biodegradación. Los consorcios microbianos son de importancia ecológica y biotecnológica por que contribuyen a los ciclos biogeoquímicos y producen compuestos de alto valor añadido. Es por ello, que el objetivo de la presente investigación consistió en realizar la identificación de consorcios microbianos fotosintéticos de suelos hortícolas de la provincia de Loja, destinados al cultivo de tomate, pimiento y lechuga. Se identificaron y caracterizaron de 10 consorcios, que fueron identificados en el medio de cultivo BG11, en donde hubo un mayor crecimiento de los mismos, además se realizó la elaboración de un cepario para futuros estudios relacionados a la producción de productos con base a los mismos. Los consorcios microbianos nos demuestran las capacidades de aplicación en la agronomía, y permiten vislumbrar su posible aplicación biotecnológica como bio-fertilizante, las muestras evaluadas nos dieron un resultado mayor al 70 % respecto a la presencia de la micro-alga *Chlorella*, misma que es un agente formador de suelos, gracias a la producción de polisacáridos y sustancias mucilaginosas que le proveen de minerales y ayudan a estructuración.

***Palabras clave:*** Hortalizas, caracterización, BG11, bio-fertilizante, identificación.

## **Abstract**

Currently, environmental pollution derived from the excessive use of chemicals has become a global problem. In the province of Loja, it has become known that the use of different agrochemicals is commonly used in cultural crops, such as corn, tomatoes, vegetables, among others. To protect soil microorganisms from the harmful effects of agrochemicals, it is necessary to minimize their use, allowing their recovery and their action in different activities that they carry out in the soil, accelerating the biodegradation process. Microbial consortia are of ecological and biotechnological importance because they contribute to biogeochemical cycles and produce compounds of high added value. For this reason, the objective of this research was to identify photosynthetic microbial consortia from horticultural soils in the province of Loja, intended for the cultivation of tomato, pepper and lettuce. Nine consortia were identified and characterized, which were identified 10 in the BG11 culture medium, where there was greater growth; in addition, a strain collection was developed for future studies related to the production of products based on them. . The microbial consortia demonstrate the application capabilities in agronomy, and allow us to glimpse its possible biotechnological application as a bio-fertilizer. The samples evaluated gave us a result greater than 70% regarding the presence of the micro-algae *Chlorella*, which is a soil-forming agent, thanks to the production of polysaccharides and mucilaginous substances that provide minerals and help with structuring.

***Keywords:*** *Vegetables, characterization, BG11, bio-fertilizer, identification.*

### 3. Introducción

Los consorcios microbianos fotosintéticos (CM), se pueden encontrar en cualquier entorno dentro de la naturaleza, son fundamentales en procesos biotecnológicos, permiten diversas estrategias metabólicas. Respecto al suelo se considera un medio importante donde las comunidades microbianas cumplen funciones importantes para el desarrollo de las plantas, (Vallejo-Quintero, 2013). Día a día aumenta la competencia por los recursos y la cooperación entre los microorganismos que integran un consorcio microbiano fotosintético, resulta difícil para los agricultores elaborar una identificación de los mismos puesto que se deben realizar procesos de laboratorio y se debe propiciar la creación de un cepario que permita establecer las características de cada uno de ellos para su uso en la agronomía y reemplazar los diversos químicos que hoy en día están presentes (Cruz-Leyva et al., 2015).

Los CM fotosintéticos formados por cianobacterias (*Cyanophyta*), se han utilizado para la remoción de metales pesados y de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales, y para la conversión de carbono y generación de biogás. También han demostrado mayor eficiencia de síntesis de productos y conversión de nutrientes a menor costo, comparado con la utilización de cultivos puros, (Delgadillo-López et al., 2011), disminuyendo el impacto ambiental y edáfico que provoca el uso de fertilizantes químicos. Cada año es más notorio el uso indiscriminado de agroquímicos, lo que provoca el aumento de metales pesados, sustancias químicas difíciles de eliminar que al pasar el tiempo deja de ser un suelo fértil, y se desgasta con mayor facilidad. La falta de conocimiento de los beneficios que pueden otorgar los consorcios microbianos fotosintéticos induce a que los agricultores omitan el uso de los mismos, así como la escasez de productos elaborados a base de los mismos (Acosta, 2007).

Nishikawa (2023) menciona que dentro de los cultivos de la provincia de Loja, se usan diferentes agroquímicos en labores culturales, como en el maíz, tomate, hortalizas, entre otros, es necesario minimizar su uso, para permitir su recuperación y su acción en diferentes actividades que ejercen en el suelo acelerando el proceso de biodegradación. El interés en la agricultura orgánica se incrementa a medida que aumenta la conciencia del consumidor sobre la seguridad alimentaria (Hernández-Melchor et al., 2019).

En el presente estudio se identificó los CM presentes en el suelo de los cultivos de tomate, pimiento, y lechuga, con el fin de caracterizar a los mismos para realizar un cepario que pueda

ayudar a estudios posteriores que, elaboren productos que sean a base de los mismos y permitan combatir los químicos (Ulibarry, 2019).

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Identificar los consorcios microbianos fotosintéticos a partir de suelos hortícolas de la provincia de Loja.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar microorganismos fotosintéticos en base a sus características morfológicas y taxonómicas.
- Realizar ceparios de consorcios de microorganismos fotosintéticos.

## **4. Marco teórico**

### **4.1 Importancia del suelo**

El suelo está formado por materiales minerales, producto de la descomposición de material parental de la corteza terrestre, que se produce por la acción de diferentes meteoros del clima, como la lluvia, la nieve y el viento, los cuales son impactados por los cambios de temperatura del día y de la noche. Las plantas, los animales y en general la materia orgánica que cae en la superficie y entra en contacto con seres microscópicos (hongos y bacterias) se encarga de desintegrar la materia orgánica y revolverla con las partículas minerales, y da origen al suelo (Acosta, 2007).

### **4.1 Suelos hortícolas**

Están conformados por minerales como: arena, limo y arcilla, además de materia orgánica descompuesta. Una producción óptima de hortalizas se obtiene en suelos limo-arenosos y con buen sistema de drenaje. Respecto a los cultivos a trabajar en el presente proyecto de investigación podemos determinar que prefieren suelos abonados con materia orgánica, y con la combinación regular de fuentes de materia orgánica manejadas adecuadamente (Sasahuay & Steven, 2023).

### **4.2 Cultivos hortícolas de interés en la provincia de Loja**

Los cultivos de interés en la provincia de Loja son muy diversos, existen zonas como Chuquiribamba, Loja y Catamayo, que priorizan a las hortalizas, sin embargo existen también frutales y plantas medicinales en toda la provincia, se pretende trabajar con cultivos de interés referentes a la temporada de cultivo, en este proyecto nos centramos en las hortalizas, donde se utiliza muestras de pimiento, lechuga, y tomate debido a ser una fuente muy rica en nutrientes, vitaminas y otros, los cuales aportan al cuerpo muchos beneficios como ayudar a la reconstrucción de tejidos (proteínas), producir energías (carbohidratos), regular funciones corporales (vitaminas), tener buena digestión (fibras), entre otros (Pincay-Ronquillo, 2022).

### **4.3 Consorcios microbianos fotosintéticos**

Son asociaciones naturales de dos o más especies de microorganismos que se benefician entre sí y favorecen su hábitat, facilitan el crecimiento, desarrollo y funcionamiento de procesos vitales como la promoción del crecimiento de las plantas y brindan protección contra los agentes fitoparasíticos. Los microorganismos eficientes pueden ocupar diferentes nichos en la zona de raíz y con ello pueden competir por espacio y nutrientes, no permitiendo el desarrollo de especies fitopatógenas. Asimismo, la actividad de supresión puede ejercerse mediante la

producción de compuestos con actividad antimicrobiana (antibióticos y compuestos antifúngicos), la producción de sideróforos, la inducción de resistencia, producción de metabolitos, antibiosis, activación de sistemas antioxidantes en plantas, activación de genes de resistencia en plantas (Morocho, 2019).

#### **4.4 Microorganismos presentes en el suelo**

##### ***4.4.1 Hongos***

Pueden ser de vida libre o estar unidos con las raíces de las plantas como es el caso de las micorrizas. Pertenecen a este grupo las levaduras y puede haber hongos benéficos, así como fitopatógenos. La importancia de este grupo radica en que muchos de ellos desempeñan un rol importante en los procesos de descomposición de la materia orgánica (Álvaro, 2019).

##### ***4.4.2 Protozoarios***

Son aquellos organismos que requieren de oxígeno para vivir por lo que están presentes cerca de la superficie del suelo. Su alimentación consiste en algas y bacterias del propio suelo.

##### ***4.4.3 Microalgas y Cianobacterias***

Se encuentran presentes cerca de la superficie del suelo y constituyen una fuente de alimento para protozoarios, hongos, lombrices de tierra y nemátodos. Las cianobacterias pueden fijar  $N_2$  atmosférico, mientras que las microalgas necesitan especies nitrogenadas como nitrato, amonio o aminoácidos (Gómez, 2022).

##### ***4.4.4 Interrelaciones de microorganismo-suelo***

Desarrollan el mantenimiento de la calidad, salud y fertilidad de cultivos y están directamente relacionados con la disponibilidad y movilidad de nutrientes en el sustrato suelo, proporcionan estructura, y aportan en el control de organismos patógenos, degradan contaminantes orgánicos y favorecen la huella de carbono en el suelo.

También contribuyen al mantenimiento de la fertilidad química, física y biológica del suelo, transformando determinados nutrientes inorgánicos que no pueden ser absorbidos por la planta (Delgadillo-López, 2011).

En condiciones de bajos niveles de nutrientes, materia orgánica, y/o en presencia de altas concentraciones de iones metálicos o contaminantes orgánicos (agroquímicos o hidrocarburos), los microorganismos del suelo, aunque de manera lenta, son capaces de adaptarse mediante diferentes mecanismos y participar así en algunos procesos que se mencionan a continuación:

- Recuperación y rehabilitación de suelos.
- Reducción de residuos peligrosos.
- Control de plagas y enfermedades.

#### **4.5 Estudios relacionados con la identificación de consorcios microbianos fotosintéticos**

Herández (2016) logró identificar que; en el estudio denominado: “Identificación morfológica y filogenética de un consorcio microbiano fotosintético de posible interés biotecnológico”, investigación que fue realizada en suelo de brócoli, logró identificar 21 microorganismos diferentes, de los cuales la agrupación alga/alga demostró una fijación de nitrógeno mayor, es así como se pudo determinar que era factible su posible aplicación biotecnológica como biofertilizante.

Gonzales, (2002) afirma que una vez evaluado la calidad de consorcios microbianos encontrados en suelos agrícolas, la cual dio como resultado que exista N tres veces más que otro fertilizante, y que tiene un tiempo de durabilidad indefinido si son tratados para su conservación se encontró que dichos fertilizantes elaborados con diferentes tipos de CM provocaban un menor rendimiento que si se aplicaba un fertilizante a base de dichos consorcios.

En el año 2021 se estudió la aplicación de los CM en un sistema de producción de plántulas de aguacate (*Persea americana* Mill.) cultivar ‘Criollo’, donde se encontró posibles influencias en el crecimiento y estado nutricional de los patrones. Hubo diferencias a los 170 DDS para: altura de planta, diámetro de tallo y contenido de clorofila; el análisis de concentración de nutrientes en tejido reportó valores dentro de los parámetros adecuados para la especie e incremento en la concentración del Cu. Con lo que se demostró que los consorcios microbianos aportan al crecimiento de las plántulas y en la asimilación de nutrientes (Villamar, 2022).

#### **4.6 Importancia de la identificación de los consorcios microbianos fotosintéticos**

Los consorcios microbianos fotosintéticos constituidos por cianobacterias (*Cyanophyta*) tienen una distribución muy amplia en la naturaleza, tanto en ambientes acuáticos como terrestres. Los CM resultan clave en los ciclos biogeoquímicos, lo que les confiere importancia ecológica dada la gran cantidad de estrategias metabólicas que pueden desarrollar. Desde el punto de vista tecnológico, los CM se han utilizado para la remoción de metales pesados y de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales, para la obtención de biodiesel, energía eléctrica, conversión de carbono y generación de biogás, han demostrado mayor eficiencia de

síntesis de productos y conversión de nutrientes a menor costo, comparado con la utilización de cultivos puros (Hernández-Melchor, 2016).

#### 4.7 Medios de cultivos selectivos para el crecimiento de consorcios microbianos

##### 4.7.1 Medio BG11

La composición para este medio de cultivo es la siguiente:

Tabla 1. Medio BG11

Reactivo	Cantidad (g)	Volumen (ml)
<i>Stock I (para 1 L)</i>		
NaNO <sub>3</sub>	150	10 ml/L
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	7	
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	3,6	
<i>Stock II (para 1L)</i>		
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> · 3H <sub>2</sub> O	4	10 ml/L
EDTA	0,1	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2	
<i>Stock III (para 1L)</i>		
Acido cítrico	0,6	10 ml/L
Citrato de sodio	0,64	
<i>Stock IV (para 1 L)</i>		
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2,86	1 ml/L
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	1,81	
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0,22	
NaMoO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0,39	
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0,8	
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0,05	
FeCl <sub>3</sub>	0,22	

Fuente: (Rippka, 1988).

##### 4.7.2 Medio de cultivo BG110

Tabla 2. Componentes BG110

Reactivo	Cantidad (g)	Volumen (ml)
<i>Stock I (para 1 L)</i>		
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	7	10 ml/Litro
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	3,6	

### 4.7.3 Medio de cultivo *Bassfoliar*

Tabla 3. Componentes medio de cultivo *Bassfoliar*

Contenido	Nutrientes	
<b>10 %</b>	N	nitrógeno total (12 % w/v) 1,0 % de nitrógeno nítrico (1,2 % w/v) 0,7 % de nitrógeno amoniacal (0,84 % w/v) 8,3 % de nitrógeno ureico (10 % w/v)
<b>4,0 %</b>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	pentóxido de fósforo soluble en agua (4,8 % w/v)
<b>7,0 %</b>	K <sub>2</sub> O	óxido de potasio soluble en agua (8,4 % w/v)
<b>1,6 %</b>	S	azufre total (1,9 % w/v)
<b>0,01 %</b>	B	boro (0,012 % w/v)
<b>0,002 %</b>	Cu	cobre (0,0024 % w/v)
<b>0,02 %</b>	Fe	hierro (0,024 % w/v)
<b>0,01 %</b>	Mn	manganeso (0,012 % w/v)
<b>0,001 %</b>	Mo	molibdeno (0,0012 % w/v)

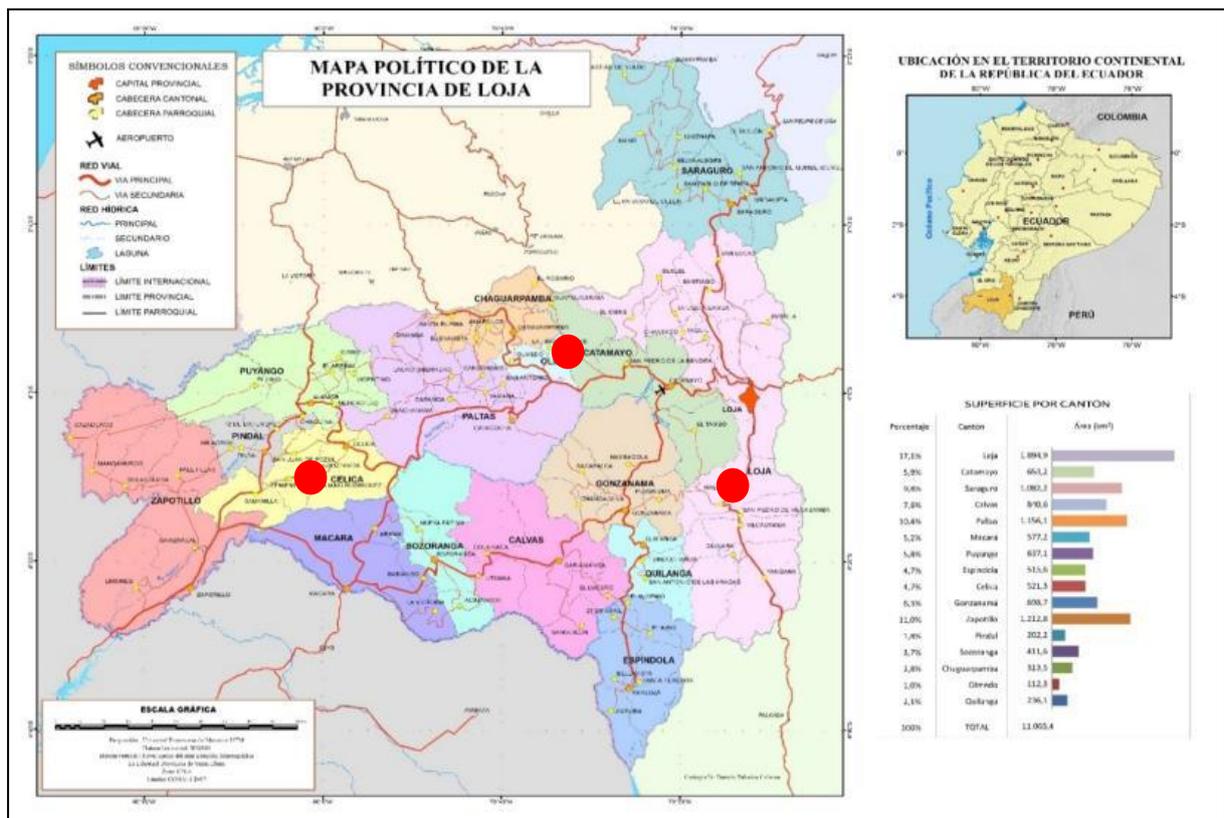
**Fuente:** (Alvear, 2015).

El uso de la aplicación de estos medios de cultivo en las muestras de suelo anteriormente mencionadas, permiten tener conocimiento de que medio era el más adecuado para el aislamiento de las colonias, y hacer más factible la crio-conservación de los CM.

## 5. Metodología

### 5.1 Localización del área de estudio

La provincia de Loja (Figura 1) ubicada entre  $3^{\circ} 58' 60''$  Sur,  $79^{\circ} 12' 0''$  oeste, constituye la provincia más austral del Ecuador. Todas las muestras de suelo fueron recolectadas dentro de la provincia de Loja, por ende; la muestra de suelo del cultivo de lechuga fue recolectada el 12 de Marzo del 2023, en Celica coordenadas  $4^{\circ}05'51.2''$  S y  $79^{\circ}57'56.7''$  O, la muestra de tomate fue recolectada el 13 de Marzo del 2023 en Catamayo en las coordenadas  $3^{\circ}59'32.0''$  sur y  $79^{\circ}21'30.6''$  oeste, finalmente la muestra de pimiento fue recolectada en Loja, el 13 de Marzo del 2023 en las coordenadas  $3^{\circ}58'33.8''$ sur y  $79^{\circ}12'40.3''$ oeste.

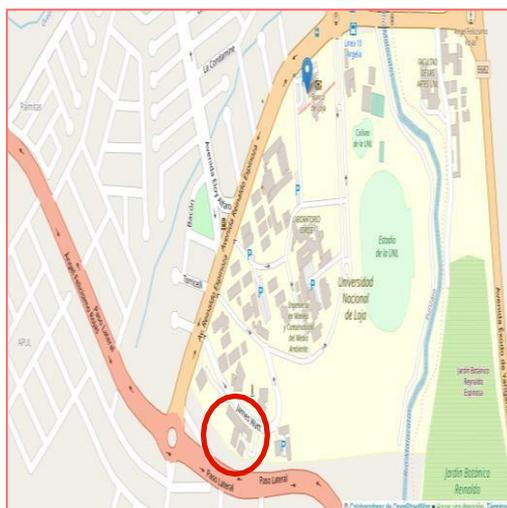


**Figura 1**

*Mapa político de Loja*

*Nota. Adaptado de Mapa político de Loja, por Dohnkan, 2016.*

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en el centro de Biotecnología de la Universidad Nacional de Loja (Figura 2) con coordenadas  $04^{\circ} 08' 00''$  S,  $79^{\circ}12' 00''$  O, dentro del laboratorio Vegetal.



**Figura 2**  
 Mapa ubicación del Centro de Biotecnología  
 Nota. Adaptado de Google Maps, por Google Maps, 2021.

## 5.2 Metodología General

Se seleccionaron suelos de las diferentes localidades, para esto se colectaron muestras de 1 kg de peso, para la recolección de los suelos se realizó el siguiente procedimiento: con guantes esterilizados se pesaron en bolsas cipro la cantidad antes mencionada una muestra de suelo en cada tipo de cultivo: tomate, pimiento, y lechuga. Se realizó la aplicación de los medios de cultivos para solventar los requerimientos nutricionales y asilar los microorganismos, se trabajó con el suelo en su estado original es decir, no se le realizó ningún procedimiento, la primera aplicación se hizo en las bandejas plásticas cada una de 1 kg y la segunda aplicación se realizó después de 40 días, por cada bandeja se colocó 1 muestra de suelo en frascos de vidrio con 0.20 ml de medio de cultivo, se elaboró protocolos de crio-conservación en diferentes medios para la elaboración del cepario.

La investigación fue de tipo experimental con alcance descriptiva, con enfoque cualitativo.

## 5.3 Metodología para el primer objetivo “*Caracterizar microorganismos fotosintéticos en base a sus características morfológicas y taxonómicas*”.

1. Con la finalidad de inducir crecimiento de microorganismo en las muestras de suelos colectadas se aplicaron los siguientes medios de cultivo; Bassfoliar (200 ml), BG11 (200 ml) y BG110 (200 ml) para solventar sus requerimientos nutricionales, en cada una de las bandejas
3. Después de la primera aplicación se esperó un total de 40 días desde la fecha anterior.
4. Para la segunda aplicación se pesó dos gramos de cada bandeja que contiene los diferentes tipos de suelos, con 20 ml de cada medio Bassfoliar, BG110 y BG11 en frascos de vidrio

estériles, para la aplicación de los medios de cultivo se utilizó pipetas de vidrio previamente esterilizadas. Los frascos fueron colocados sobre luz led, durante 20 días.

5. Después de los 20 días se realizó la primera siembra en cajas Petri de 20 ml con la solución de BG11+ Agar agar, esto se realizó para aislar las colonias y obtener colonias puras, se realizaron 5 siembras a partir de la primera fecha, hasta obtener 100 % de las mismas.

6. Una vez aisladas las colonias se realizó la observación bajo microscopio de 40X, una vez verificado que ya estaban puras se procedió a observar bajo el lente de 100X para la identificación.

7. La caracterización se realizó por claves taxonómicas, y morfológicas, con la ayuda de las muestras, en las cuales se observó el crecimiento de los microorganismos antes mencionados, en condiciones de asepsia, se tomó 1 gota de la muestra y se aplicó directamente sobre una lámina de vidrio con su respectiva laminilla, cuidando de que no haya exceso de agua, ligeramente se pasó sobre el mechero para secar la muestra y que no haya movimiento al momento de tomar la foto.

Para la misma se observó en microscopio de luz a magnificación 10X, 40X y 100X. Se realizó un registro fotográfico de las muestras para posteriormente poder usar las claves de clasificación taxonómica de: Bicudo y Menezes (2006).

8. Con los datos obtenidos se procedió a determinar el índice de Shanon, y de Margalef, con la ayuda de las fórmulas:  $D_{Mg} = (S - 1) / \ln N$ , donde S es el número total de especies presentes, y N es el número total de individuos, y  $D_{Mg} = (S - 1) / \ln N$ , respectivamente, con el objetivo de reflejar la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa.

## **5.4 Metodología para el segundo objetivo “Realizar ceparios de consorcios de microorganismos fotosintéticos”.**

### ***5.4.1 Protocolo de Crioconservación***

1. Se realizaron protocolos de esterilización de la cámara de flujo, esperando un tiempo de 20 min.

2. Dentro de la cámara de flujo se procedió a colocar en rayos UV por un período de 15 min.

3. El total de las muestras a crio-conservar fueron 18, las cuáles fueron llevadas a la cámara de flujo con el debido cuidado.

4. Para empezar se colocaron en orden todos los materiales a utilizar, se colocó la caja de crio-conservación al centro y se etiquetó el micro-tubo correspondiente a cada muestra.
5. Se tomó 0.5  $\mu$ L de BG11+ 1  $\mu$ L de glicerol y se colocó en cada microtubo.
6. Con asas desechables se fue raspando cada muestra para luego colocar el asa en el microtubo y así llenar el mismo de la muestra.
7. Se realizó el mismo procedimiento con cada una de las 18 muestras.
8. Una vez acabado el proceso con cada una de las muestras se dejó la caja en temperatura ambiente por 15 min.
9. Después se llevó la caja de crio-conservación al ultracongelador la cual permanecerá allí a -80°C.

#### **5.4.1.1 Agentes crioprotectores a utilizar.**

Se utilizó glicerol y el medio BG11 para la crio-protectividad, el glicerol al 20 %, los mismos pasaron por un proceso de esterilización por 20 min a 120°C.

#### **5.4.1.2 Preparación de crioprotectores.**

Para la crioconservación se prepararon dos soluciones, la primera fue a base de Gliserol, para lo cual se preparó una solución al 20% de volumen de glicerol en agua destilada, la cual se llevó a autoclavar a 120 °C por 20 minutos. La segunda solución fue un medio llamado BG11, del que se preparó 20 ml y se lo llevó a autoclavar al mismo tiempo y temperatura que la solución anterior. Se mezclaron ambos, con lo que se obtuvo una solución crioprotectora capaz de conservar hasta por tres meses las muestras de interés.

#### **5.5.2 Realización de cepario**

1. Una vez crioconservadas las muestras se procedió a realizar el mapa del cepario conjunto a los códigos de ubicación de cada una de las muestras.

## 6. Resultados

### Resultados para el primer objetivo “*Caracterizar microorganismos fotosintéticos en base a sus características morfológicas y taxonómicas*”.

La presente tabla (Tabla 4) nos permite conocer las características morfológicas y taxonómicas de los microorganismos presentes en el suelo de los cultivos de lechuga, tomate, pimiento, que fueron observadas bajo microscopio 100X. Para inducir el crecimiento de los microorganismos presentes en las muestras de suelos se aplicó los diferentes medios de cultivo BG11, BG110, y Bassfoliar, pero durante el proceso de muestreo y observación se logró identificar que únicamente existió una respuesta positiva para el medio de cultivo BG11, ya que era en el que mayor crecimiento y reproducción de los mismos existió.

Tabla 4 . Características morfológicas y taxonómicas

GENÉRO	CARACTERÍSTICAS	REFERENCIAS
<i>Closterium</i> spp	Alga unicelular, demidiada, fusiforme, curvada. Cloroplasto con parte central densa y el resto formado por estrías o láminas que llegan hasta la parte distal, con numerosos pirenoides. Célula con extremos redondeados con sendas vacúolas con pigmentos, fija nitrógeno, (ver <i>anexo 1</i> ).	(Ruibal, 2012).
<i>Chlorococcum</i> spp	Pueden ser utilizadas como una alternativa para aprovechar las aguas residuales después de un tratamiento primario y secundario, su color es verde intenso, (ver <i>anexo 2</i> ).	(Subramaniam, 2015)
<i>Chlorella</i> spp	Algas verdes de unicelulares, del filo Chlorophyta. Tiene forma esférica, midiendo de 2 a 10 $\mu\text{m}$ de diámetro, y no posee flagelo, se considera un agente formador del suelo, (ver <i>anexo 3, 12, 13, 14, 18</i> ).	(Abdelnour, 2019)
<i>Scenedesmus</i> spp	Soporta elevadas concentraciones de nutrientes contenidos en las aguas, por lo general su color es más claro que otro tipo de algas, ayudan a fijar nitrógeno (ver <i>anexo 4, 11</i> ).	(Kim, 2007)
<i>Borzia</i> spp	Pueden fijarse a sustratos firmes son afectadas por las corrientes y las olas, sus penachos tienden a disminuir	(Chatterjee, 2005)

	de tamaño a mayor profundidad, ayuda a limpiar los metales pesados del suelo, (ver <i>anexo 5,6</i> ).	
<i>Radiococcus</i> spp	Es la más utilizada por las células para reparar roturas nocivas que se producen en ambas hebras de ADN, permiten una mayor oxigenación del suelo, (ver <i>anexo 7</i> ).	(Gerber, 2015)
<i>Elliptochloris</i> spp	Capaz de crecimiento heterótrofo, incrementa la actividad metabólica, (ver <i>anexo 8,9</i> ).	(Letsch, 2009)
<i>Oocystis</i> spp	La pared celular es lisa más o menos fina, a veces con engrosamientos polares. Pueden tener de uno a varios cloroplastos, para enfrentar el incremento de RUV-B, (ver <i>anexo 10</i> ).	(Masters, 2001)
<i>Spirulina</i> spp	Es un tipo de alga verde-azul, que posee un gran interés en el campo de la biotecnología para la elaboración de bio-fertilizantes, (ver <i>anexo 15</i> ).	(Ambrosi, 2008)
<i>Asterococcus</i> spp	La enumeración de estas bacterias es utilizada para valorar la calidad sanitaria de alimentos, sedimentos y aguas destinadas, tienen un color verde esmeralda, (ver <i>anexo 16,1</i> ).	(Nakazawa, 2004)

Fueron identificados 18 morfotipos entre microalgas y cianobacterias (Anexos 1-18), se trabajó con las muestras en el crecimiento mediante el medio de cultivo BG11, ya que en los medios BG110 y Bassfoliar no fueron identificadas debido a que el crecimiento fue menor al 1 %. Del consorcio microalgal identificado más del 30 % fue de *Chlorella*, seguido por *Chlorococcum* y *Elliptochloris*, quienes presentaron mayor frecuencia en comparación a las otras especies encontradas (Tabla 2 y 3); adicionalmente, se consideró el aislamiento de cada una de las muestras, ya que para la crio-conservación necesitábamos colonias en estado puro.

En las siguientes tablas (Tabla 5, y 6) podemos observar los resultados determinados bajo el índice de Shannon y Margalef respectivamente.

Tabla 5. Índice de Shannon

<b>ESPECIES</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>pi</b>	<b>ln (pi)</b>	<b>pi* ln (pi)</b>
<i>Closterium</i>	1	0.06	-2.89	-0.16
<i>Chlorococcum</i>	3	0.17	-1.79	-0.30
<i>Chlorella</i>	8	0.44	-0.81	-0.36
<i>Scenedesmus</i>	1	0.06	-2.89	-0.16
<i>Borzia</i>	1	0.06	-2.89	-0.16
<i>Radiococcus</i>	1	0.10	-2.30	-0.23
<i>Elliptochloris</i>	2	0.20	-1.61	-0.32
<i>Oocystis</i>	1	0.10	-2.30	-0.23
	18		H	1.92

El índice de 1.92 refleja la heterogeneidad de una comunidad y su abundancia relativa su proporción o frecuencia de cada género previamente identificado en relación con el total de géneros identificados en el medio BG11.

Tabla 6. Índice de Margalef

<b>S</b>	<b>ESPECIES</b>	<b>FRECUENCIA</b>	
1	<i>Closterium</i>	1	
2	<i>Chlorococcum</i>	3	
3	<i>Chlorella</i>	8	
4	<i>Scenedesmus</i>	1	
5	<i>Borzia</i>	1	
6	<i>Radiococcus</i>	1	
7	<i>Elliptochloris</i>	2	
8	<i>Oocystis</i>	1	
	<b>TOTAL=</b>	<b>18</b>	
	índice de Margalef		
		DMG	(S-1)/ In N
			2.42

Krebs, (1988) menciona que: Un índice de 2.42 se considera un índice medio que refleja que existe una biodiversidad media.

**RESULTADOS PARA EL SEGUNDO OBJETIVO “Realizar ceparios de consorcios de *Microorganismos fotosintéticos*”.**

Para este resultado se realizó un cepario, representado en una colección que se determina en el mapa de crio-conservación (Tabla 7), es un cepario que nos indica la especie identificada el código que representa la primera letra el cultivo al cual pertenece siendo L= lechuga, T= tomate, y P= pimiento, la segunda letra corresponde a la repetición en la cual se identificó el CM, y su tercera letra al número de la misma, la ubicación se representó en base a la localización en la caja en cual se guardó los microtubo que contenían cada una de las muestras (Figura 3, 4), y su fecha de crio-conservación.



**Figura 3.** Procedimiento de crio-conservación **Figura 4.** Procedimiento de Crio-conservación

En el estudio se obtuvo un total de 18 muestras para la crio-conservación, las cuales se colocaron en medios crio-conservadores a base de glicerol y BG11 (figura 21), luego se conservaron en el ultracongelador a una temperatura de -80 °C (figura 22).

Tabla 7. Mapa de crioconservación

Especies	Código	Ubicación	Fecha de crio-conservación
<i>Closterium</i>	PB1	A5	01/09/2023
<i>Chlorococcum</i>	LC2	B5	01/09/2023
<i>Chlorella</i>	TC1	C5	01/09/2023
<i>Scenedesmus</i>	LA3	D5	01/09/2023
<i>Borzia</i>	LA2	E5	01/09/2023
<i>Radiococcus</i>	TA3	F5	01/09/2023
<i>Elliptochloris</i>	PA2	G5	01/09/2023
<i>Oocystis</i>	PB3	H5	01/09/2023
<i>Chlorella</i>	LA1	I5	01/09/2023

<i>Chlorella</i>	PB2	A8	01/09/2023
<i>Chlorella</i>	LC2	B8	01/09/2023
<i>Chlorella</i>	LC3	C8	01/09/2023
<i>Elliptochloris</i>	PA1	D8	01/09/2023
<i>Chlorella</i>	LB1	E8	01/09/2023
<i>Chlorella</i>	LB2	F8	01/09/2023
<i>Chlorococcum</i>	LB3	G8	01/09/2023
<i>Chlorococcum</i>	PA3	H8	01/09/2023

## 7. Discusiones

### 7.1 Discusiones para el primer objetivo “*Caracterizar microorganismos fotosintéticos en base a sus características morfológicas y taxonómicas*”.

Castillo (2020) menciona que en su estudio existió un mayor índice de crecimiento para el medio de cultivo Bassfoliar en muestras de suelo del cultivo de lechuga, esto se contrasta con el obtenido debido a Álvarez (2017) indica que para realizar la identificación, se eligieron las colonias más abundantes en las dos diluciones, tanto en el medio BG11, como en el medio BG110, a diferencia del presente proyecto de investigación que únicamente se tomó en cuenta las colonias aisladas mediante el medio BG11 en los diferentes procesos del mismo, esto puede deberse a que las muestras recolectadas por Álvarez (2017) estuvieron en proceso de enriquecimiento nutritivo por un período de 3 meses, y en cambio en este proyecto de investigación se tomó en cuenta un total de 65 días para solventar los requerimientos nutricionales y proceder a observar mediante microscopio que dio como resultado el no tener respuesta de crecimiento alguno en los medio BG110, y Bassfoliar.

Tanto para el proyecto de investigación presente como para la investigación de Hernández (2017) se encontró en un porcentaje mayor en el suelo de la microalga *Chlorella*, la cual se logró identificar en cada muestra de suelo de cultivos diferentes, sin embargo también se encontraron cianobacterias como *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Plectonema*, *Spirulina*, *Anabaena*, y *Nostoc*, que a diferencia de las muestras de los suelos presentes en esta investigación solo se encontró en la muestra de pimienta repetición A2 correspondiente a la cianobacteria *Spirulina*, esto se contrasta con el obtenido por Álvarez (2013) que indica que la variedad de CM identificados en el estudio evaluado en muestras de suelos de brócoli (*Brassica oleracea*) fue de 15 especies de microalgas diferentes, y esto se pudo confirmar mediante una investigación más a fondo la cual evaluó secuencias de ADN de las muestras.

Por otro lado, Flores et al, (2016) menciona que para hacer la identificación de especie de debe extraer ADN de cultivos puros de cada una de las microalgas y se debe utilizar primer para amplificar las regiones de interés; luego los productos de PCR tienen que ser secuenciados, y las secuencias comparadas con la base de datos nucleotídicos de NCBI, utilizando megaBLAST para la identificación. En la presente investigación que se logró identificar el género de 5 microalgas diferentes y 1 cianobacteria, mediante la observación directa de las muestras en un microscopio de 100X, por lo que no se logró identificar la especie a la que pertenece cada una, esto se debe ya que el laboratorio de Microbiología Vegetal del centro de

Biotecnología no cuenta con un secuenciador de ADN, por ende, solo podemos llegar a la identificación de género.

## **7.2 Discusiones para el segundo objetivo “Realizar ceparios de consorcios de *Microorganismos fotosintéticos*”.**

Según Pearl, (2009), menciona que: La diversidad tan amplia de microorganismos que conforman el CM facilita la interacción de diferentes especies de organismos eucariotes y procariotes, en el presente estudio se puede afirmar que las relaciones entre microorganismos se mejoran entre sí, esto se contrasta con Bauer et al. (2008) quién realizó estudios similares al presente trabajo y destacaron la importancia de la identificación e interacción de los organismos que integran los consorcios microbianos. Uno de sus hallazgos más importantes, fue la presencia de cianobacterias y bacterias heterotróficas, las cuales establecen relaciones simbióticas entre sí, así tal como la elaboración del cepario permite identificar las características de los mismos, en el presente trabajo se puede confirmar que al tener las características morfológicas y taxonómicas de los CM, podemos socializar mediante conferencias y reuniones a los agricultores el buen uso que se les puede dar a los mismos.

## 8. Conclusiones

La identificación de los microorganismos que conforman los CM, indican capacidad de crecimiento en los diferentes medios de cultivo y la fijación de nitrógeno.

Los CM demuestran las capacidades de cada uno de su género, y permiten vislumbrar su posible aplicación biotecnológica como bio-fertilizante, que permite al proyecto general seguir con la investigación demostrando que los mismos son viables para la creación de un bio-fertilizante orgánico.

A partir de las muestras evaluadas fueron aisladas cepas donde mediante la observación y las claves de identificación para microalgas caracterizaron en mayor porcentaje a *Chlorella* en más del 75 %.

Gracias al aislamiento de las muestras, la identificación y la caracterización de los microorganismos involucrados con las muestras de suelo, se organiza un cepario con su registro en el centro de Biotecnología, contribuyendo a próximos estudios.

La identificación de los CM permite a los agricultores promover la investigación y uso de otras alternativas más amigable con el suelo y con el medio ambiente.

La variedad de CM identificados permite que a futuro se realicen bio-fertilizantes de diferentes tipos en base a los requerimientos del mercado.

La elaboración del cepario y la crio-conservación nos ayuda a conservar las muestras de los diferentes tipos de CM identificados durante un período de 8 meses a 2 años si se encuentra en óptimas condiciones para posibles estudios posteriores.

## **9. Recomendaciones**

Se recomienda realizar este mismo estudio en diferentes regiones de Ecuador para así conocer los diferentes CM a nivel Nacional.

Se aconseja realizar una identificación a nivel molecular, proporcionando datos precisos que confirmen los resultados expuestos en este estudio.

Se considera de gran importancia crear una base de datos de microorganismos de suelo con sus diferentes capacidades y requerimientos.

Se recomienda evaluar el tiempo que puedan estar conservadas las muestras una vez descongeladas.

## 10. Bibliografía

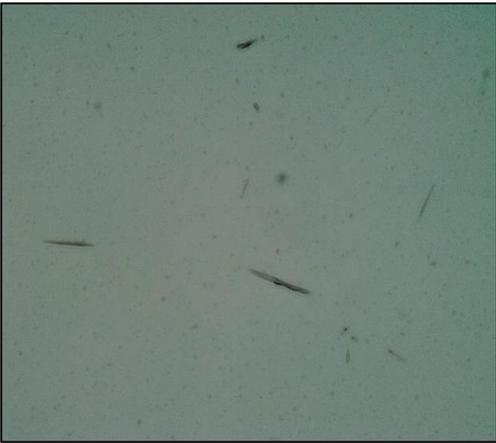
- Acosta, C. (2007). El suelo agrícola, un ser vivo. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 3(5), 55-60. <file:///M:/Downloads/Dialnet-ElSueloAgricolaUnSerVivo-2540941.pdf>
- Acosta, C. (2007). El suelo agrícola, un ser vivo. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 3(5), 55-60. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2540941.pdf>
- ÁLVAREZ, C. L., OSORIO, N. W., & Marín Montoya, M. (2013). *Identificación molecular de microorganismos asociados a la rizosfera*, *Acta Biológica*, 18(2), 293-306. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2013000200007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2013000200007&script=sci_arttext)
- Álvarez, M. d. M., Blandón, L. J., Ceballos, V., Mejía, M., & Buriticá, H. M. (2017). *Aislamiento de Microorganismos en diferentes ambientes (Suelo, Agua y Aire)*. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/17596>
- Abdelnour, S., Abd El-Hack, M., Arif, M., Khafaga, A., & Taha, A. (2019). The application of the microalgae *Chlorella* spp. as a supplement in broiler feed. *World's Poultry Science Journal*, 75(2), 305-318. <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/abs/application-of-the-microalgae-chlorella-spp-as-a-supplement-in-broiler-feed/AD4784EF28149D90751309C9DD599D53>
- Ambrosi, M. A., Reinehr, C. O., Bertolin, T. E., Costa, J. A. V., & Colla, L. M. (2008). Propiedades de saúde de *Spirulina* spp. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, 29(2). <http://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/view/477>
- Castillo, E. I. (2020). *Evaluación de la capacidad de captura de dióxido de carbono mediante el uso de *Scenedesmus* sp. utilizando agua residual industrial como medio de cultivo*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2020.]. <https://bdigital.zamorano.edu/items/668a20e5-9c7f-4fde-b49e-3790e6e98f10>
- Cruz-Leyva, M. C. d. I., Zamudio-Maya, M., Corona-Cruz, A. I., González-de la Cruz, J. U., & Rojas-Herrera, R. A. (2015). Importancia y estudios de las comunidades microbianas en los recursos y productos pesqueros. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(4), 99-115. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282015000100008](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282015000100008)

- Chatterjee, S., & Keshri, J. P. (2005). Borzia (Cyanophyta) in West Bengal, India, with the description of *B. indica* sp. nov. *Cryptogamie-Algologie*, 26(4), 331-336. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sciencepress.mnhn.fr/sites/default/files/articles/pdf/cryptogamie-algologie2005v26f4a23.pdf](https://sciencepress.mnhn.fr/sites/default/files/articles/pdf/cryptogamie-algologie2005v26f4a23.pdf)
- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000200002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002)
- Farfán, F. P. (2018). *Agroclimatología del Ecuador*. Editorial Abya-Yala. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hy0MEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=La+provincia+de+Loja+\(figura+1\),+ubicada+entre+latitud:+-3.98333,+longitud:+-79.2+3%C2%B0+58%E2%80%B2+60%E2%80%B3+Sur,+79%C2%B0+12%E2%80%B2+0%E2%80%B3+oeste,+constituye+la+provincia+m%C3%A1s+austral+del+Ecuador.+Tiene+una+superficie+aproximada+de+10+790+km2+equivalente+al+4+%25+de+la+superficie+del+pa%C3%ADs.+El+45+%25+del+territorio+lojano+es+de+topograf%C3%ADa+accidentada+conformada+por+rocas,+pe%C3%B1ones+y+terrenos+muchas+veces+de+dif%C3%ADcil+acceso.+A+pesar+de+presentarse+alturas+de+hasta+4+107+m,+no+existen+nevados.+La+l%C3%ADnea+divisoria+continental+separa+la+capital+del+resto+de+la+provincia+drenando+sus+alrededores+hacia+el+Amazonas&ots=q71V6wdGiI&sig=mg8WacR6letL3pcTFuBB-mvnEYQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hy0MEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=La+provincia+de+Loja+(figura+1),+ubicada+entre+latitud:+-3.98333,+longitud:+-79.2+3%C2%B0+58%E2%80%B2+60%E2%80%B3+Sur,+79%C2%B0+12%E2%80%B2+0%E2%80%B3+oeste,+constituye+la+provincia+m%C3%A1s+austral+del+Ecuador.+Tiene+una+superficie+aproximada+de+10+790+km2+equivalente+al+4+%25+de+la+superficie+del+pa%C3%ADs.+El+45+%25+del+territorio+lojano+es+de+topograf%C3%ADa+accidentada+conformada+por+rocas,+pe%C3%B1ones+y+terrenos+muchas+veces+de+dif%C3%ADcil+acceso.+A+pesar+de+presentarse+alturas+de+hasta+4+107+m,+no+existen+nevados.+La+l%C3%ADnea+divisoria+continental+separa+la+capital+del+resto+de+la+provincia+drenando+sus+alrededores+hacia+el+Amazonas&ots=q71V6wdGiI&sig=mg8WacR6letL3pcTFuBB-mvnEYQ#v=onepage&q&f=false)
- Gerber, E., Bernard, R., Castang, S., Chabot, N., Coze, F., Dreux-Zigha, A., Hauser, E., Hivin, P., Joseph, P., & Lazarelli, C. (2015). Deinococcus as new chassis for industrial biotechnology: biology, physiology and tools. *Journal of Applied Microbiology*, 119(1), 1-10. <https://academic.oup.com/jambio/article/119/1/1/6717070?login=false>
- Kim, M., Park, J., Park, C., Kim, S., Jeune, K., Chang, M., & Acreman, J. (2007). Enhanced production of *Scenedesmus* spp. (green microalgae) using a new medium containing fermented swine wastewater. *Bioresource technology*, 98(11), 2220-2228. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852406004767>

- Letsch, M. R., Muller-Parker, G., Friedl, T., & Lewis, L. A. (2009). *Elliptochloris marina* sp. nov. (Trebouxiophyceae, Chlorophyta), symbiotic green alga of the temperate Pacific sea anemones *Anthopleura xanthogrammica* and *A. elegantissima* (Anthozoa, Cnidaria). *Journal of Phycology*, 45(5), 1127-1135. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1529-8817.2009.00727.x>
- Masters, M. J. (1971). The ecology of *Chytridium deltanum* and other fungus parasites on *Oocystis* spp. *Canadian Journal of Botany*, 49(1), 75-87. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/b71-016>
- Nakazawa, A., Yamada, T., & Nozaki, H. (2004). Taxonomic study of *Asterococcus* (Chlorophyceae) based on comparative morphology and rbc L gene sequences. *Phycologia*, 43(6), 711-721. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2216/i0031-8884-43-6-711.1>
- Ruibal, M., & Laufer, G. (2012). Bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Amphibia: Ranidae) tadpole diet: description and analysis for three invasive populations in Uruguay. *Amphibia-Reptilia*, 33(3-4), 355-363. [https://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus\\_id=43525&sk=0](https://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=43525&sk=0)
- Sasahuay, T., & Steven, I. (2023). *Evaluación del peróxido de hidrógeno en la disminución de PCBs en suelos del taller de transformadores de CNEL Manabí-Manta Calceta: ESPAM MFL*. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-fisicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas>
- Subramaniyam, V., Subashchandrabose, S. R., Thavamani, P., Megharaj, M., Chen, Z., & Naidu, R. (2015). *Chlorococcum* sp. MM11—a novel phyco-nanofactory for the synthesis of iron nanoparticles. *Journal of Applied Phycology*, 27, 1861-1869. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-014-0492-2>
- Ulibarry, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria*. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias\\_ambientales\\_de\\_la\\_aplicacion\\_de\\_fertilizantes.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf)
- Vallejo-Quintero, V. E. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles.

*Colombia forestal*, 16(1), 83-99. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-07392013000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-07392013000100006&script=sci_arttext)

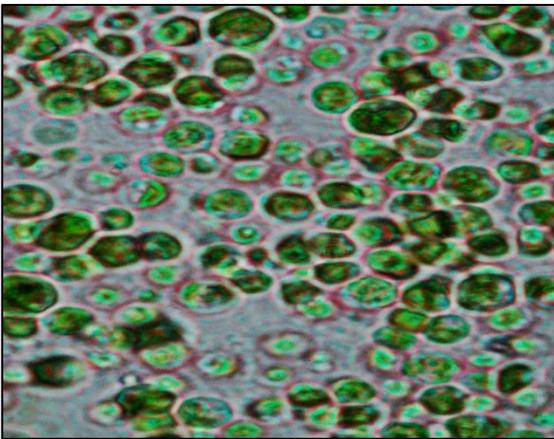
**11. Anexos**



*Anexo 1 Closterium spp*



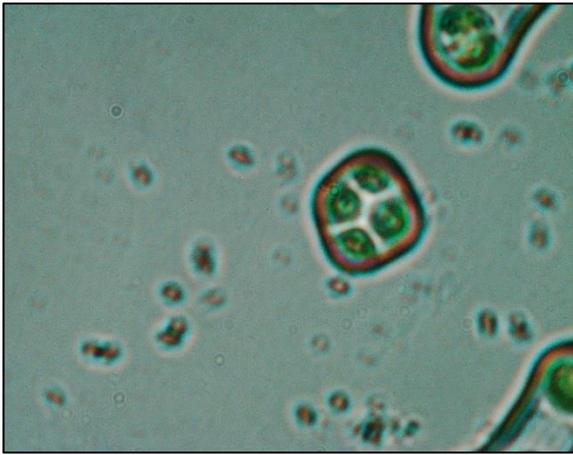
*Anexo 2 Chlorococcum spp*



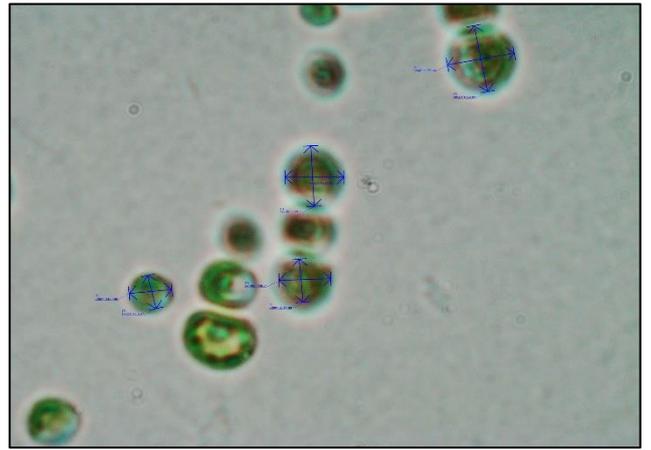
*Anexo 3 Chlorella spp*



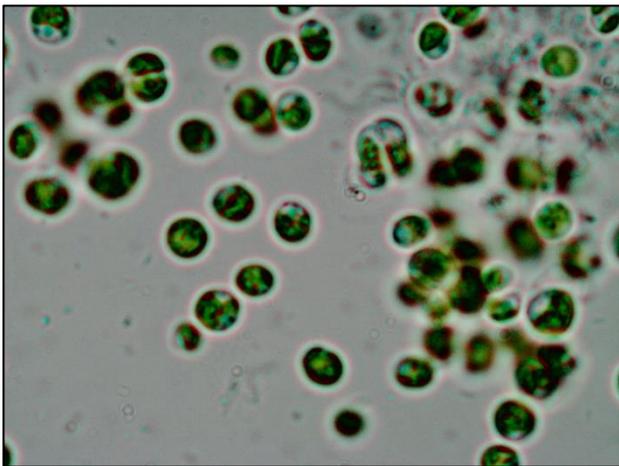
*Anexo 4 Scenedesmus spp*



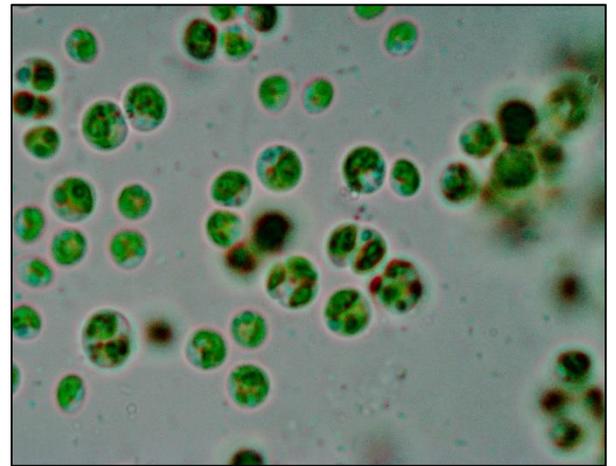
*Anexo 5 Borzia spp*



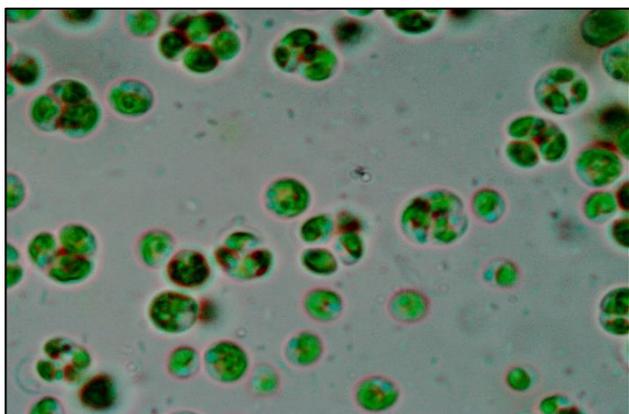
*Anexo 6 Borzia spp*



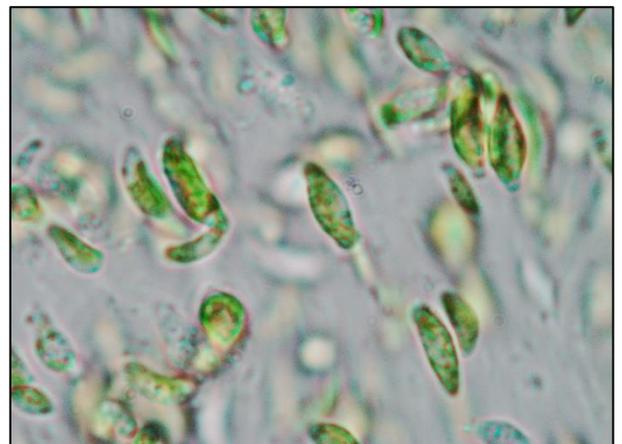
*Anexo 7 Radiococcus spp*



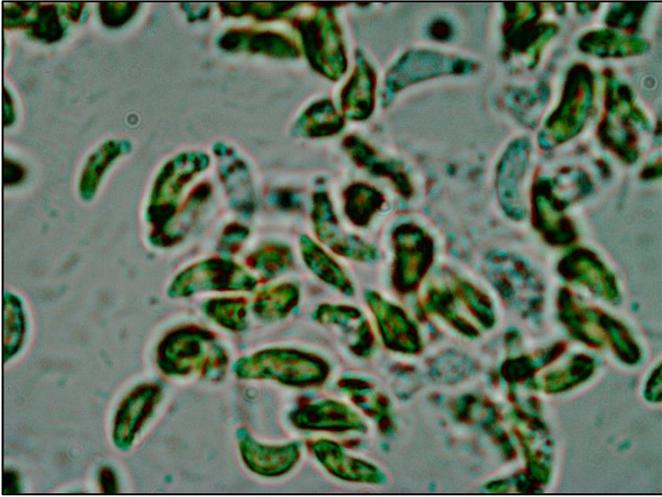
*Anexo 8 Elliptochloris spp*



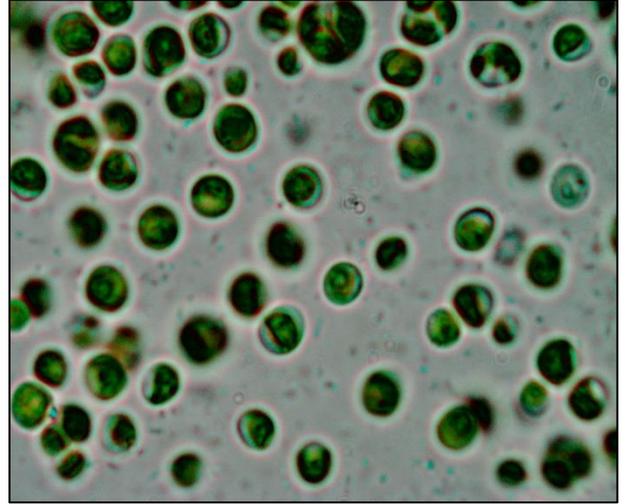
*Anexo 9 Elliptochloris spp*



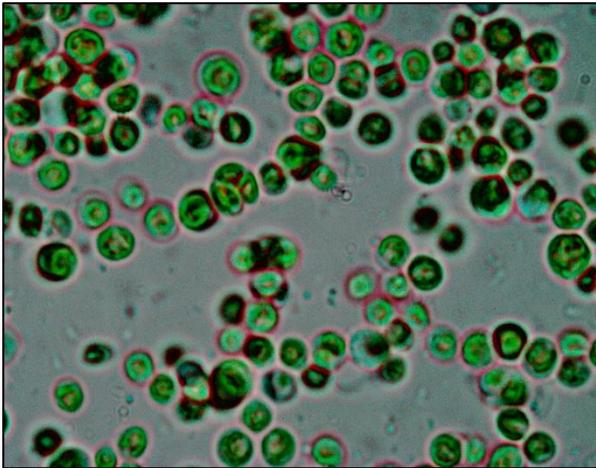
*Anexo 10 Oocystis spp*



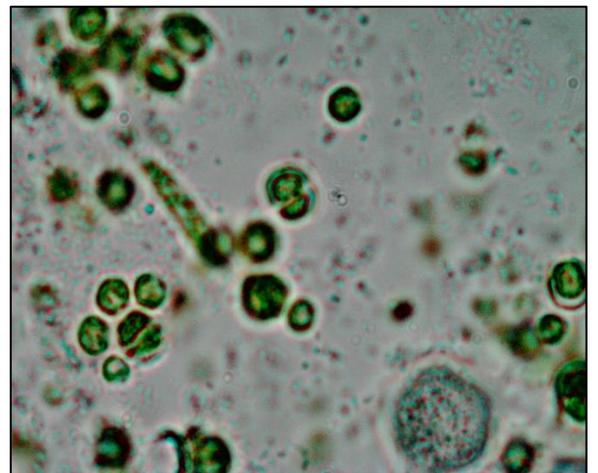
*Anexo 11 Scenedesmus spp*



*Anexo 12 Chlorella spp*



*Anexo 13 Chlorella spp*



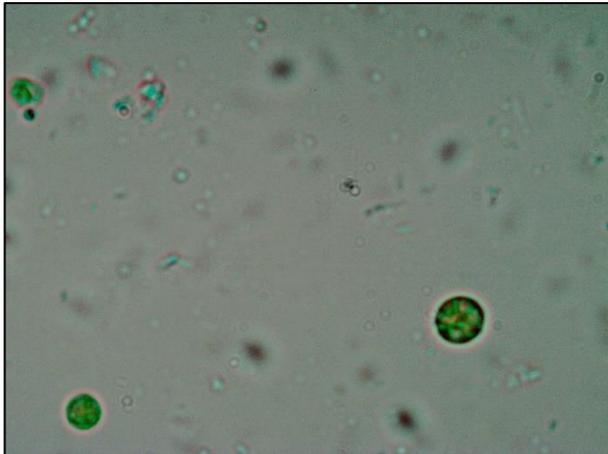
*Anexo 14 Chlorella spp*



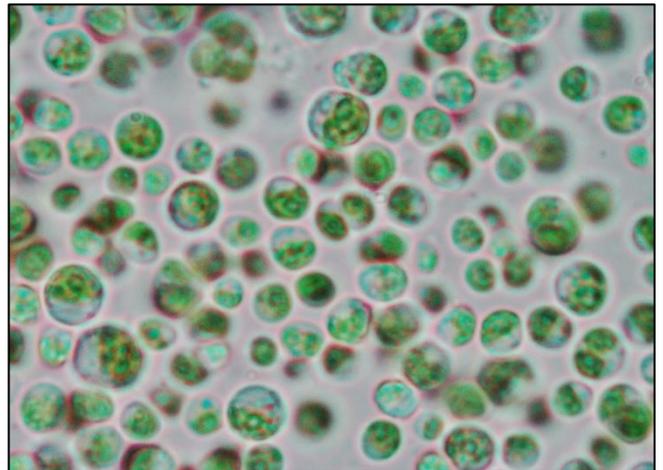
*Anexo 15 Spirulina spp*



*Anexo 16 Asterococcus spp*



*Anexo 17 Asterococcus spp*



*Anexo 18 Chlorella spp*

---

Lic. Alexander Masache Escobar, Mgs

0987216493

[alexander.masache@educacion.gob.ec](mailto:alexander.masache@educacion.gob.ec)

Loja - Ecuador

Loja, 23 de enero del 2024

El suscrito, Alexander Masache Escobar, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN BÁSICA**  
(registro de la SENESCYT número: 1031-2023-2668502), **ÁREA DE INGLÉS-UNIDAD EDUCATIVA**  
**PADRE JULIÁN LORENTE**, a petición de la parte interesada y en forma legal

### **CERTIFICA:**

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por la señorita: **Stefany Tatiana Jiménez Gordillo** con cédula de ciudadanía N° 1104241805, cuyo tema de investigación se titula: *"Identification of photosynthetic microbial consortia from horticultural soils in the province of Loja." Agronomy Career*, ha sido realizado y aprobado por mi persona, Alexander Masache Escobar, Mgs. Docente de Educación Básica en la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer uso legal pertinente.



---

Lic. Alexander Masache Escobar, Mgs.  
English Professor

*Anexo 19.* Certificación inglés