

---

---

MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

MANEJO DE *Egeria densa* MEDIANTE EL PROCESO DE  
COMPOSTAJE EN EL PARQUE ESTATAL URBANO  
BARRANCA DE CHAPULTEPEC

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

M A E S T R O E N M A N E J O  
D E  
R E C U R S O S N A T U R A L E S

P R E S E N T A

BIÓL. JOSÉ LUIS COSME MENDOZA

DIRECTOR: DR. ALEJANDRO GARCÍA FLORES  
CODIRECTOR: M. en C. MARÍA EUGENIA BAHENA GALINDO

CUERNAVACA, MORELOS

FEBRERO 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT-México) por la beca otorgada durante mis estudios de maestría

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) por permitirme realizar mis estudios de maestría

Al Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) por darme la oportunidad de concluir la Maestría en Manejo de Recursos Naturales

A mi Director de Tesis Dr. Alejandro García Flores, por el apoyo y dedicación para realizar este proyecto

A mi codirectora M. en C. María Eugenia Bahena Galindo, por las valiosas contribuciones, paciencia y apoyo incondicional para realizar la maestría

M. en C. Jorge A. Viana Lases, por su apoyo incondicional en los recorridos de campo, asesoría en la identificación de plantas acuáticas y aportes para enriquecer la investigación.

Dra. Erika Román Montes de Oca, por su dedicación y tiempo para corregir el escrito

A la M. en C. Migdalia Díaz Vargas, por el apoyo brindado en los muestreos y análisis de agua y aportaciones al proyecto.

M. en MRN. Yakin Acosta García por el apoyo y revisión del documento.

Biól. Lydia Aguirre Sánchez, por las facilidades para realizar la investigación y muestreos en el Parque Estatal Urbano Barrancas de Chapultepec.

Sarahi Yamilet, Abraham y José Antonio, gracias por su apoyo moral y humano

Gracias infinitas a ustedes, y por supuesto a Dios, por ponerlos en mi camino

## DEDICATORIAS

Esta tesis está dedicada en memoria de mi madre ✝ Mariana Mendoza Aguirre, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi esposa Benny, gracias por tu amor y comprensión, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia, no tengo palabras para agradecer tu apoyo incondicional para cumplir esta meta.

A mis hijas Regina Denisse y Keyla Itzel, porque son el ser de luz que hacen que mis días sean maravillosos y el motor a seguir adelante.

A mi padre Santiago Cosme Guzmán, que ha sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez.

A mis hermanos: Yury Dalía y Orlando, a mis sobrinas Yoloxochitl, Mariana Yolzelik y Canek Edahi por el apoyo moral.

Gracias a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

*Pon en manos del señor todas tus obras y proyectos se cumplirán*

(Proverbios, 16:3)

GRACIAS, GRACIAS, GRACIAS!!!

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	5
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1. Especies exóticas	6
3.2. <i>Egeria densa</i>	6
3.2.1. Clasificación	7
3.2.2. Origen	8
3.2.3. Problemática	8
3.3. Compostaje	8
3.3.1. Ventajas del compostaje	8
3.4. Residuos orgánicos	9
3.5. Excretas de animales	9
3.6. Calidad del agua	10
4. HIPÓTESIS	11
5. OBJETIVO GENERAL	11
5.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
6. JUSTIFICACIÓN	12
7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	13
7.1. Área de estudio	13
7.1.1. Clima	14
7.2. Ubicación geográfica del área de compostaje	14
8. METODOLOGÍA	15
8.1. Recorridos	15
8.2. Extracción de <i>Egeria densa</i>	15
8.3. Diseño experimental	16
8.3.1. Elaboración de pilas	17
8.4. Monitoreo	18
8.4.1. Humedad y oxigenación	18
8.4.2. Temperatura	18
8.4.3. pH	18
8.5. Análisis del sustrato obtenido mediante el compostaje	18
8.6. Muestreo de agua	19
8.7. Muestreo de sedimentos	19
8.8. Análisis estadístico	21
9. RESULTADOS	22

---

9.1. Recorridos y cuantificación de <i>Egeria densa</i>	22
9.2. Establecimiento de la composta y monitoreo	22
9.3. Monitoreo	22
9.3.1. Temperatura	22
9.3.2. pH	23
9.4. Análisis de la composta	24
9.4.1. Propiedades físicas	25
9.4.2. Propiedades químicas	26
9.4.2.1. pH	26
9.4.2.2. Materia orgánica	28
9.4.2.3. Carbono	29
9.4.2.4. Nitrógeno	29
9.4.2.5. Relación Carbono/Nitrógeno	30
9.4.2.6. Nitrógeno inorgánico	31
9.4.2.7. Fosforo	32
9.4.2.8. Potasio	33
9.5. Análisis físico químicos de sedimento y agua	35
9.5.1. Sedimento	35
9.5.1.1. Color de sedimento	35
9.5.1.2. Densidad aparente y real	36
9.5.1.3. pH	37
9.5.1.4. Materia orgánica	38
9.5.1.5. Carbono	39
9.5.1.6. Nitrógeno	40
9.5.2. Parámetros físicos de agua	42
9.5.2.1. Alcalinidad	43
9.5.2.2. Dureza	45
9.5.2.3. Cloro	45
9.5.2.4. Nitratos	46
9.5.2.5. Fosforo	47
9.5.2.6. Nitrógeno	48
9.6. Análisis estadístico	49
10. CONCLUSIONES	53
11. PERSPECTIVAS	53
12. LITERATURA CITADA	54

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINAS
Figura 1. Planta de <i>Egeria densa</i> y flor	7
Figura 2. Localización Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec	13
Figura 3. Localización geográfica del sitio de compostaje	14
Figura 4. Colecta y transporte de planta	16
Figura 5. Peso y triturado	16
Figura 6. Ubicación de pilas	17
Figura 7. Toma de muestra de agua y parámetros	19
Figura 8. Colecta de sedimentos	20
Figura 9. Temperatura promedio del proceso de compostaje de <i>Egeria densa</i>	23
Figura 10. pH promedio del proceso de compostaje a 20 días	24
Figura 11. pH de la composta madura de <i>Egeria densa</i>	27
Figura 12. Promedios del porcentaje de materia orgánica en composta madura	28
Figura 13. Promedios del porcentaje de carbono en composta madura obtenida de <i>E. densa</i>	29
Figura 14. Resultados en promedios de nitrógeno en composta madura obtenida de <i>E. densa</i>	30
Figura 15. Comparación de promedios de Relación Carbono/Nitrógeno de composta obtenida de <i>E. densa</i> .	31
Figura 16. Porcentaje de nitrógeno de composta obtenida de <i>Egeria densa</i>	32
Figura 17. Porcentaje de fósforo de composta obtenida de <i>Egeria densa</i>	33
Figura 18. Porcentaje de potasio de composta obtenida con <i>Egeria densa</i>	34
Figura 19. Resultados en promedio de densidad real y aparente de sedimentos	37
Figura 20. Promedios de pH en H <sub>2</sub> O y KCL	38
Figura 21. Promedio de materia orgánica de sedimentos	39
Figura 22. Presencia de carbono en muestreos de sedimentos	40
Figura 23. Promedio del porcentaje de nitrógeno en sedimentos	41
Figura 24. Promedio de los resultados de nitrógeno inorgánico en sedimentos	41
Figura 25. Promedio de alcalinidad	44
Figura 26. Datos promedio de dureza en cuatro muestreos de agua del PEUBCH	45
Figura 27. Promedio de cloro presente en agua del PEUBCH	46
Figura 28. Promedio de Nitratos y Nitrato de nitrógeno	47
Figura 29. Presencia de fósforos en muestreos de agua del PEUBCH	48
Figura 30. Resultado en promedio de nitrógeno amoniacal	49

---

Figura 31. Análisis de componentes principales (ACP) de los análisis fisicoquímicos de la Composta	51
Figura 32. Análisis de componentes principales (ACP) de los análisis fisicoquímicos de sedimento y agua	52

---

## ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINAS
Tabla 1. Diseño experimental	17
Tabla 2. Métodos para analizar los parámetros físicos químicos de las diferentes mezclas. Modificado por Bahena (2011).	20
Tabla 3. Clasificación del suelo en cuanto a su valor de pH (NADF-020-AMBT-2011)	24
Tabla 4. Promedio de los análisis físicos de composta inmadura y madura	26
Tabla 5. Características generales que deben cumplir los tipos de composta NADF-020-AMBT-2011	27
Tabla 6. Interpretación de resultados de Fósforo Bray y Kurtz1 (NOM 021 SEMARNAT-2000)	33
Tabla 7. Color de acuerdo con la carta de color Munsell	35
Tabla 8. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos y nutrientes del agua en el Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec	43
Tabla 9. Límites permisibles de características químicas NOM-127-SSA1-1994	43
Tabla 10. Tabla de referencia para el diagnóstico de los índices de calidad de aguas (ICA) (National Sanitation Foundation – INSF 1970)	44
Tabla 11. Prueba de Shapiro- Wilks con nivel de significancia de 0.05	50

## RESUMEN

*Egeria densa* Planch es una planta acuática que se encuentra en el estado de Morelos donde existen importantes sistemas acuáticos, como el Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec, cuyas características ha permitido el desarrollo de la misma, convirtiéndose en una amenaza para su diversidad, ya que su comportamiento es invasivo, por lo que es necesario llevar a cabo trabajos que coadyuven al manejo y control de dicha especie. El Objetivo es establecer un sistema de manejo de *Egeria densa* mediante el proceso de compostaje en el Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec, Así mismo determinar los parámetros fisicoquímicos del agua y sedimento; donde se recolectaron 500 kg de planta, se trituró a un tamaño de 2 a 5 cm. Se elaboraron pilas de 1m<sup>2</sup> por 30 cm. de alto, se les adiciono estiércol de caballo, gallina y residuos de cocina en proporción tres a uno. Los parámetros evaluados fueron pH, temperatura, materia orgánica, nitrógeno, carbono, fósforo, potasio: para sedimentos y agua se realizaron cuatro muestreos.

Se obtuvo lo siguiente: una temperatura de 28 °C, un pH neutro, el color en seco va de pardo grisáceo oscuro a pardo muy oscuro mientras que en húmedo va de pardo a pardo muy oscuro a excepción del tratamiento 3 que llegó a negro, en relación al carbono la mínima fue de 3.87 g/ml y la máxima de 9.73 g/ml, el mayor porcentaje de carbono lo obtuvo el tratamiento de caballaza con 9.74%, los resultados de nitrógeno van de 0.22 a 0.42 que corresponde al tratamiento de caballaza, la relación carbono nitrógeno es de 22 y 24 el valor máximo de materia orgánica fue 16: con relación a los sedimentos el color en seco va de gris a gris muy oscuro, en húmedo de pardo oscuro a negro, el pH es moderadamente ácido, en la época de lluvias se presentan los porcentajes más altos con 25.18% de MO, 0.63% de N y 12.18% de C; el agua presenta un pH moderadamente ácido a neutro, una temperatura fría de 16.35 °C a 17.40 °C.

Por los resultados obtenidos de materia orgánica, se deduce que *Egeria densa* al ser una especie acuática, carece de suficiente tejido vegetal que aporte dicho material al elaborar una composta. De acuerdo con las características fisicoquímicas y al Índice de la Calidad del Agua (ICA), arroja que son aguas dulces blandas, aptas para abastecimiento humano deseable, buena cuenca baja. Así mismo los sedimentos, cumplen con los requerimientos nutricionales (pH, M. O., C, N. P y K) en el desarrollo de la planta.

## ABSTRACT

*Egeria densa* Planch is an aquatic plant found in the state of Morelos where there are important aquatic systems, such as the Barranca de Chapultepec Urban State Park, whose characteristics have allowed its development, becoming a threat to its diversity, since Its behavior is invasive, so it is necessary to carry out work that contributes to the management and control of this species. The objective is to establish a management system for *Egeria densa* through the composting process in the Barranca de Chapultepec Urban State Park, as well as to determine the physicochemical parameters of water and sediment; where 500 kg of plant were collected, it was crushed to a size of 2 to 5 cm. Stacks of 1m<sup>2</sup> by 30 cm were made, high horse manure, chicken manure and kitchen waste were added in a three to one ratio. The parameters evaluated were pH, temperature, organic matter, nitrogen, carbon, phosphorus, potassium: for sediments and water, four samples were taken.

The following was obtained: a temperature of 28 °C, a neutral pH, the dry color goes from dark grayish brown to very dark brown while in the wet it goes from brown to very dark brown except for treatment 3 that reached black, in In relation to carbon, the minimum was 3.87 g/ml and the maximum was 9.73 g/ml, the highest percentage of carbon was obtained by the mackerel treatment with 9.74%, the nitrogen results range from 0.22 to 0.42, which corresponds to the mackerel treatment. , the carbon-nitrogen ratio is 22 and 24, the maximum value of organic matter was 16: in relation to the sediments, the dry color ranges from gray to very dark gray, in the wet from dark brown to black, the pH is moderately acid, in the rainy season the highest percentages are presented with 25.18% MO, 0.63% N and 12.18% C; The water has a moderately acid to neutral pH, a cold temperature of 16.35 °C to 17.40

From the results obtained from organic matter, it can be deduced that *Egeria densa*, being an aquatic species, lacks sufficient plant tissue to provide said material when making a compost. According to the physicochemical characteristics and the Water Quality Index (ICA), it shows that they are soft freshwater, suitable for desirable human supply, good low basin. Likewise, the sediments meet the nutritional requirements (pH, M. O., C, N. P and K) in the development of the plant.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos de México presentan condiciones ambientales para el desarrollo de 58 especies acuáticas exóticas e invasoras (UICN, 2014), las cuales representan un factor de riesgo significativo para la conservación de especies nativas (Simberloff *et al.*, 2013; Rímac *et al.*, 2018), siendo esta la segunda causa de pérdida de biodiversidad (Harrison y Stiassny, 1999; Almaguer y Báez, 2016; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2016), generando impactos ambientales (a nivel de ecosistema) (Vitousek *et al.*, 1996; Vilà *et al.*, 2006) y problemáticas sociales (pérdidas económicas y/o problemas de salubridad) (Lonsdale, 1999; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013; Cerda *et al.*, 2017). Particularmente la introducción de hidrófitas invasoras genera severas alteraciones al ecosistema acuático (Lozada-Alvarado, 2009; Monteiro, 2012; Martínez-Jiménez, 2014;) provocando disminución de la lámina de agua, desplazamiento de fauna y flora nativa y afectaciones en la ecología de los paisajes (March y Martínez-Jiménez, 2007). Problemáticas conjuntas que exteriorizan la necesidad de implementar acciones que incidan en la protección y manejo adecuado de este recurso y sus ecosistemas, por razones de bienestar ambiental y social.

En el Estado de Morelos, existen importantes sistemas acuáticos cuyas características han permitido el desarrollo de hidrófitas, como es el Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec; donde se encuentra presente *Egeria densa*, especie nativa de Argentina, Brasil y Uruguay, se reproduce principalmente de forma vegetativa causando problemas en la calidad del agua y dando mal aspecto al ecosistema acuático, reduce la renovación natural y provoca aumento de temperatura, es una popular planta de acuario con alta demanda ornamental, siendo de las especies más comunes que se venden en los acuarios (CONABIO, 2020).

La escasa información sobre las plantas acuáticas exóticas y la necesidad de manejarlas o de impedir su expansión hacen necesario el conocimiento básico en torno a las especies (Bonilla y Santamaría, 2013), considerando lo anterior, una alternativa en la mitigación del impacto ambiental en los ecosistemas acuáticos, ha motivado a buscar productos naturales que puedan ser empleados para diversos fines de importancia ambiental, como sustratos para diversos tipos de cultivo en forma de abonos orgánicos (compostas) los cuales suministran elementos esenciales y mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Santamaría, 2016).

En este contexto, el objetivo fue establecer un sistema de manejo de *Egeria densa* mediante el proceso de compostaje en el Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec, bajo la hipótesis de que el manejo de *Egeria densa* a través de compostaje permitirá obtener un sustrato rico en nutrientes con las características fisicoquímicas adecuadas para ser usado como abono orgánico.

## 2. ANTECEDENTES

A nivel internacional se han realizado múltiples trabajos, de entre los que destacan, el de Caro *et al.* (2009) los cuales realizaron la producción de abono orgánico con la utilización de Elodea (*Egeria densa*) presente en la laguna de Fuquene Colombia, donde se demostró la factibilidad de producción de abono orgánico de buena calidad a partir de dicha especie.

Así mismo Morales (2003), efectuó la elaboración de compost, modificando la relación Carbono/Nitrógeno en la planta acuática por acción microbiana del fluido ruminal, menciona que la relación C/N 19 es ideal para favorecer la biodegradación de la ninfa acuática del lago de Amatitlán *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms con la acción microbiana del fluido ruminal y comenta que actualmente muchos cuerpos de agua de nuestro país, especialmente los lagos se encuentran en un proceso de eutrofización, el cual se empieza a notar por el incremento significativo en el crecimiento de algas y plantas superiores acuáticas, las cuales se desarrollan debido a los altos niveles de nitrógeno y fósforo presentes en el cuerpo de agua.

Rendón (2009), propuso un modelo de evaluación de riesgo para hidrófitas invasoras en México: estudio de caso Parque Nacional Lagunas de Zempoala, realizando un análisis con tres especies de plantas acuáticas (*Ceratophyllum demersum* L., *Egeria densa* y *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. Presentes en el lago Zempoala, los resultados indicaron que la matriz señalada es de gran utilidad para los grupos de plantas acuáticas, pero es necesario contar con información suficiente de las especies a estudiar. De las tres especies que se evaluaron nos indica que son potencialmente invasoras, siendo *Egeria densa* la de mayor rango.

Santamaría (2016), realizó el manejo de *Eichhornia crassipes* (C. Mart.) Solms (Pontederiaceae), especie acuática invasora para la elaboración de abono orgánico, indica que esta planta puede ser benéfica como abono orgánico porque tiene excelentes propiedades nutricionales para ser usada para diversos fines: como sustrato en viveros sustituto de suelo para maceta, en la agricultura ecológica, paisajes, áreas verdes urbanas y forestales.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Especie exótica**

Se les llama especies exóticas a aquellas que no son nativas de un país o una región (en este caso México) a la que llegaron de manera intencional o accidental, generalmente como resultado de actividades humanas. Las especies exóticas que se establecen en un nuevo sitio se reproducen y se dispersan sin control, causando daños al ecosistema, a las especies nativas, a la salud o a la economía, son llamadas especies exóticas invasoras (Bonilla y Santamaría, 2013).

Al ser introducida en un nuevo medio, ciertos organismos desarrollan un comportamiento diferente al que tenían en su ecosistema de origen, ya que carecen de las medidas de control de su área de distribución natural. Esas medidas incluyen depredadores, condiciones específicas del ambiente o competencia por los recursos, que son las que mantienen a las poblaciones dentro de ciertos niveles de equilibrio en los ecosistemas donde han evolucionado de manera natural por largos periodos de tiempo. Los comportamientos nuevos pueden incluir cambios en los patrones de reproducción, crecimiento descontrolado de las poblaciones o conductas agresivas no mostradas en su medio natural (CONABIO, 2020).

Esta capacidad de adaptarse les permite competir exitosamente con las especies nativas por alimento y zonas de reposo. Pueden afectarlas también por depredación directa, modificación de hábitat o por la introducción de nuevas enfermedades o parásitos. Debido a que las especies nativas no evolucionaron junto con estas especies exóticas, generalmente no tienen forma de defenderse, por lo que los daños pueden ser muy graves, incluso causar su extinción (Bonilla y Santamaría, 2013).

#### **3.2 *Egeria densa* Planch.**

*Egeria densa* es una planta herbácea acuática, enraizada, sumergida excepto las flores, perene. Presenta tallos de hasta 2 m de largo, con hojas lanceoladas de 1 – 4 cm de largo por 2 – 5 mm de ancho, sus flores son blancas tienen tres pétalos que se disponen al final de un largo pedúnculo y flotan en el agua (Figura 1). Se reproduce principalmente de forma vegetativa, pues los fragmentos de los tallos se transportan y enraízan fácilmente. Es nativa de Argentina

(CONABIO, 2014). Es una popular planta de acuario, con alta demanda como planta ornamental, siendo de las especies más comunes que se venden en los acuarios, pero se trata actualmente de no venderla en algunas áreas por su potencial invasor. Las plantas en cultivo son todas masculinas, reproduciéndose vegetativamente (CONABIO, 2014); crece bien en acuarios fríos, y es apropiada para principiantes. Se propaga muy bien por cortes, (Bonilla y Santamaría, 2013), planta propia de sistemas loticos poco perturbados o de aguas limpias, particularmente de lugares tranquilos, en los países donde ha sido introducida, no se ha encontrado individuos femeninos y aparentemente solo un genotipo ha invadido los hábitats en los que se desarrolla (Bonilla y Santamaría, 2010).



**Figura 1.** Planta de *Egeria densa* y flor. Fuente: propia

### 3.2.1. Clasificación taxonómica de *Egeria densa*

Dominio: *Eukaryota*

Reino: Plantae Haeckel, 1866

División: Magnoliophyta Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Clase: Lilipsida Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Orden: Alismatales R. Br. ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia: Hydrocharitaceae Juss., 1789

Género: *Egeria* Planch., 1849

Especie: *Egeria densa* Planch., 1849

### **3.2.2. Origen**

Es una planta tropical es una especie en el género *Egeria* nativa de áreas templadas de Sudamérica en el sudeste de Brasil, Argentina, Uruguay, Chile, se distribuye a lo largo de la región costera hasta el Sur de Argentina y Perú en el rango neo tropical (Talavera y Gallegos, 2010; Rendón, 2019).

### **3.2.3. Problemática**

Las planta acuática invasora, se caracterizan por tener una rápida propagación y reproducción por medios vegetativos colonizando grandes áreas, pero además propician las condiciones ecológicas para el desarrollo de vectores de enfermedades, como culícidos (moscos), *Egeria densa*, afecta la calidad del agua, reduciendo la renovación natural y provocando aumentos de temperatura en la superficie de los ecosistemas acuáticos durante el verano, (Rendón, 2019), así mismo tiene un impacto drástico en los ecosistemas acuáticos modificando sus funciones y servicios, desplazando vegetación nativa (Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995)

## **3.3. Compostaje**

El compostaje, es una técnica que consiste en un proceso de descomposición aeróbica por la acción de microorganismos, esta técnica permite transformar materia en un sustrato orgánico, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo de las plantas, así como aportar nutrientes al suelo favoreciendo su fertilidad, entre otros (NMX-AA-180-SCFI-2018).

El proceso lo llevan a cabo los microorganismos (bacterias y hongos), y nuestra intervención se limita a proporcionar las condiciones idóneas para que el proceso se realice con la máxima rapidez y eficacia (Morales, 2003).

### **3.3.1. Ventajas de la composta**

Dentro de las ventajas del compostaje: Es un sistema de reciclaje, con una útil revalorización de residuos, optimiza los recursos existentes en cada zona al aprovechar los residuos que se producen en ella, reducción del volumen de residuos, ahorro económico en abonos químicos,

producto comercializable disminuye las necesidades de materia orgánica de los suelos y contribuye a su recuperación, disminuye la contaminación por metales pesados presentes en los residuos, ya que el compostaje reduce la disponibilidad de estos, posiblemente debido a la formación de complejos o a la adsorción por sustancias húmicas (Cosme, 2013).

### **3.4. Residuos orgánicos**

Los residuos orgánicos son los restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras, los procedentes de la poda de planta y áreas verdes, estiércol, así como otros residuos sólidos susceptibles de ser utilizados como abono para fortalecer los suelos (Ramírez, 2002).

Son los que mayor rechazo reciben ya que no pueden almacenarse por largo tiempo debido a los grandes volúmenes de generación y al proceso de descomposición, esta formación biológica modifica su apariencia, constancia y se acompaña de olores desagradables que atraen organismos indeseables como moscas, cucarachas y roedores, principalmente (Macedo, 2005).

### **3.5. Excretas de animal**

En el sentido más amplio, las excretas animales pueden considerarse el material fecal, la orina, desperdicios de alimentos, agua de bebida y de limpieza, polvo, así como pelos y descamaciones corporales. En un sentido particular, las excretas pudieran considerarse el material fecal solamente, mejor conocido como el tesoro de la naturaleza, han sido utilizadas a nivel mundial desde tiempos remotos como mejoradores de suelo (Santamaría, 2016).

De acuerdo con Reyes y Pérez (2019), los factores que determinan el contenido de nutrientes en las excretas son el tipo de alimento, la edad, estado de salud del animal y su digestión. La gallinaza es un excelente fertilizante para los cultivos, si se utiliza de forma correcta. Es un material que integra al suelo excelentes cantidades de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos micronutrientes. El estiércol de caballo, como su propio nombre

indica, proviene de las heces de dicho animal. A menudo se mezcla con restos de hierbas; de hecho, es el que más contenido en paja, tiene varias propiedades para los cultivos, como el nitrógeno, fósforo, cobre y zinc.

### **3.6. Calidad del agua**

Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de estos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. A esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático que interrelacionan con el mismo mediante diferentes procesos biológicos en los que se consumen y desprenden distintas sustancias. Esto hace que las aguas dulces pueden presentar un elevado número de sustancias en su composición química natural, dependiendo de diversos factores tales como las características de los terrenos atravesados, las concentraciones de gases disueltos, etc. Entre los compuestos más comunes que se pueden encontrar en las aguas dulces están: como constituyentes mayoritarios los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos (Castro *et al.*, 2014).

#### **4. HIPÓTESIS**

El manejo de *Egeria densa* a través de compostaje permitirá obtener un sustrato rico en nutrientes con las características fisicoquímicas adecuadas para ser usado como abono orgánico.

#### **5. OBJETIVO GENERAL**

Establecer un sistema de manejo de *Egeria densa* mediante el proceso de compostaje y evaluar los parámetros fisicoquímicos de sedimento y agua del arroyo central y lago del Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec.

##### **5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Implementar el tratamiento de *Egeria densa* a través de compostaje utilizando como fuente de enriquecimiento nutricional (gallinaza, estiércol de caballo y residuos orgánicos en proporción 3:1).

Clasificar la calidad del sustrato obtenido de la composta dentro de los parámetros marcados en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000

Determinar los parámetros fisicoquímicos del agua y sedimento donde se desarrolla *Egeria densa* dentro del Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec

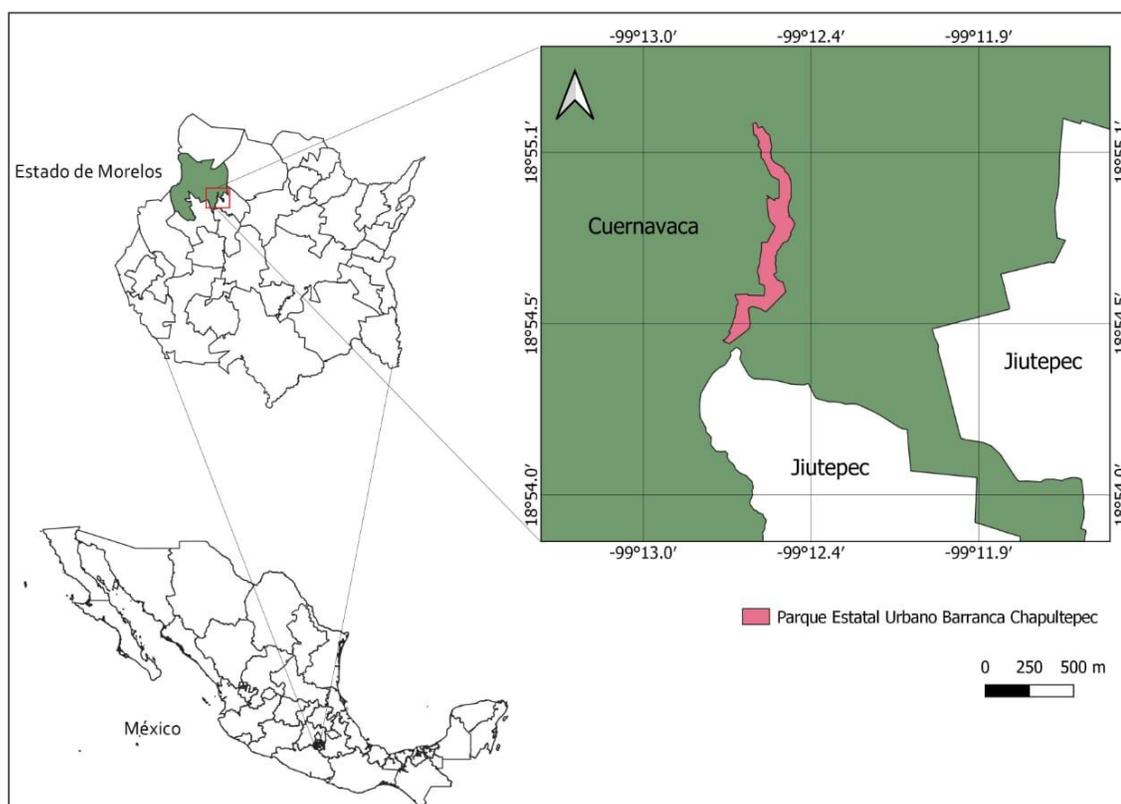
## 6. JUSTIFICACIÓN

Las especies exóticas invasoras que se establecen en un nuevo sitio se reproducen y se dispersan sin control, causando daños al ecosistema, a las especies nativas, a la salud o a la economía de la población en general; tal es el caso de *Egeria densa* la cual es originaria de Argentina, se reproduce principalmente de forma vegetativa, causando problemas a los cuerpos de agua como el mal aspecto del paisaje, sobre todo para los sitios que se utilizan como recreación turística por ejemplo el Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec; otra condición son el desarrollo de enfermedades vectoriales, como culícidos (moscos), afectando la calidad del agua, reduciendo la renovación natural y provocando aumentos de temperatura en la superficie de los ecosistemas acuáticos durante el verano, así mismo tiene un impacto drástico en el ecosistema modificando sus funciones y servicios, desplazando la vegetación nativa. Por este contexto es necesario establecer un manejo a través del compostaje para elaborar un producto con valor nutricional y características adecuadas para ser utilizado como abono orgánico para mitigar la extracción de tierra de monte.

## 7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 7.1. Área de estudio

El Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec (PEUBCH) cuenta con una superficie de 12.844 hectáreas y lo recorre un arroyo de 1.5 km. (Gonzáles y Contreras, 2020). Se sitúa en el municipio de Cuernavaca, Morelos, México, en las coordenadas  $18^{\circ}55'09''$  N y  $99^{\circ}12'36''$  O, a una altitud entre los 1,412 y 1,466 msnm (Figura 2), es un Área Natural Protegida, cuyo objetivo se centra en la protección y preservación de los ecosistemas, sus elementos y biodiversidad mediante la conservación y restauración del hábitat para el desarrollo de poblaciones de flora y fauna nativas y la educación ambiental (Áreas Naturales Protegidas, 2018). Provee diversos servicios ecosistémicos como la dotación de agua a la población. El Parque ha sido un espacio dedicado a la recreación, esto motivó a la construcción de infraestructura y disminución del capital natural. Actualmente existe presión demográfica y contaminación ambiental en el Parque, esto debido a los drenajes que vierten sus aguas negras hacia él y la disposición de residuos sólidos (PMPEUBCH, 2016).



**Figura 2:** Localización Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec. Fuente: elaboración propia

### 7.1.1. Clima

El Parque Estatal Urbano “Barranca de Chapultepec” se ubica a una altitud entre los 1,412 msnm y a los 1,466 msnm, el tipo de clima es (A)C(w1) que corresponde al subhúmedo intermedio.

El área se caracteriza por tener estaciones bien marcadas, la época de estiaje ocurre entre noviembre y mayo; y la de lluvias entre junio y octubre. La precipitación total anual es de 1,263.7 mm, registrándose el 90.40% de la precipitación en la época de lluvias. (PMPEUBCH, 2016).

### 7.2. Ubicación geográfica del área de compostaje

El trabajo experimental se llevó a cabo en las Instalaciones del Laboratorio de Hidrología (Unidad profesional los Belenes), perteneciente al Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Ubicado geográficamente entre las coordenadas: 18°55'47.1 N 99°12'55.5 O, (Figura 3)



**Figura 3.** Localización geográfica del sitio de compostaje.

## 8. METODOLOGÍA

Como parte de la metodología se realizó la solicitud y presentación del proyecto a las autoridades estatales (Secretaría de Desarrollo Sustentable) institución que administra el Área Natural Protegida, Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec, para obtener la anuencia de ingreso al parque y realizar el presente proyecto con número de oficio SDS/DGANP/060/2021 E-099 de fecha 19 de febrero de 2021.

### 8.1. Recorrido

Se realizaron dos recorridos en compañía de personal de la Dirección del Parque Chapultepec. En el primer recorrido se hizo una exploración para determinar los puntos de muestreo a lo largo de todo el parque hasta llegar al lago. En el segundo se determinaron los sitios de muestreo.

### 8.2. Extracción de *Egeria densa*

En coordinación con personal del Parque Chapultepec y Ejidatarios del Ejido de Acapatzingo, se llevó a cabo la extracción de *Egeria densa*, de forma manual y con el apoyo de bieldos haciendo pilas; cabe señalar que dicho procedimiento lo han realizado por más de 10 años, posteriormente se envasó en bolsas de plástico (bolsas de basura jumbo) para su transporte (Figura 4) hacia el sitio donde se realizó la composta, siguiendo la metodología de acuerdo con Santamaría (2016), la cual consiste en:

- 1.- Secado a temperatura ambiente a cielo abierto durante 72 horas
- 2.- La planta fue triturada de forma manual con apoyo de machetes (de 2 a 5 cm) (Figura 5).



**Figura 4.** Colecta y transporte de planta. Fuente: Propia

Los residuos orgánicos que se utilizaron fueron los generados en locales comerciales del área de estudio, las excretas de gallina y caballo fueron obtenidas de la localidad de Alpuyecá.



**Figura 5.** Peso y triturado de *Egeria densa*. Fuente: propia

### 8.3. Diseño experimental

El diseño experimental consta de cuatro tratamientos cada uno con cuatro repeticiones, obteniendo un total de 16 unidades, los tratamientos son en proporción 3:1 y se utilizaron como complemento nutricional estiércol de caballo, gallina, residuos vegetales y un testigo con suelo (Tabla 1).

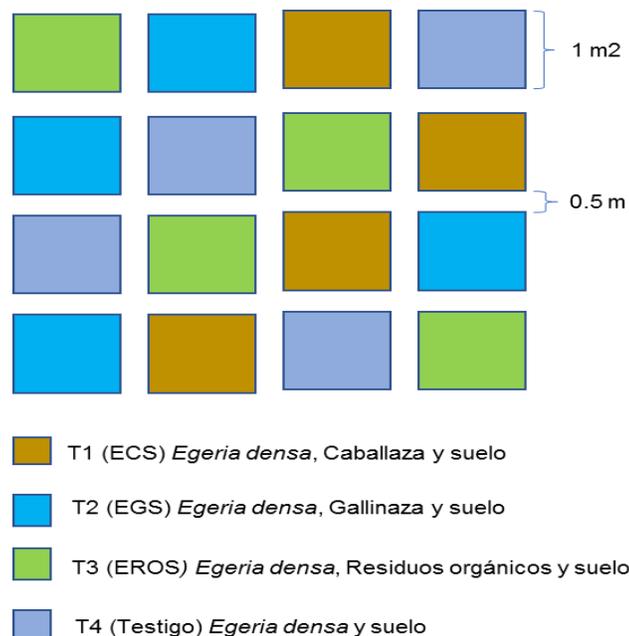
**Tabla 1** Diseño experimental

Tratamiento	Mezcla	Proporción
T1 (Testigo)	<i>Egeria densa</i> y suelo	3:1
T2 (RO)	<i>Egeria densa</i> , Residuos orgánicos y suelo	3:1:1
T3 (Caballaza)	<i>Egeria densa</i> , caballaza y suelo	3:1:1
T4(Gallinaza)	<i>Egeria densa</i> , gallinaza y suelo	3:1:1

Fuente: elaboración propia

### 8.3.1. Elaboración de pilas

Se utilizó un diseño completamente al azar (Fernández *et al.*, 2010); colocando una capa de *Egeria densa*, una de estiércol y una de suelo formando una pila de 1 metro cuadrado con 30 cm de alto, dejando medio metro de espacio entre pila y pila, así sucesivamente hasta llegar a las 16 unidades (Figura 6).



**Figura 6.** Ubicación de pilas. Fuente: Elaboración propia

## **8.4. Monitoreo**

Para llevar a cabo el monitoreo es necesario contar con una bitácora donde se registraron los parámetros esenciales (pH, temperatura, aireación y humedad) dentro del proceso de compostaje.

Características de los parámetros esenciales

### **8.4.1. Humedad y oxigenación**

Los factores para asegurar un proceso eficiente son el oxígeno y agua, por tal motivo se adiciono agua y volteo de pilas para oxigenar una vez por semana durante 120 días, la humedad de la mezcla se mantuvo en un rango de 40 a 70 %. Por medio del tacto, al tomar una muestra con las manos y si al presionarla derrama gotas de agua, indica que la humedad es abundante y si se fragmenta es necesario regarla (Cosme, 2013).

**8.4.2. Temperatura:** Se registra cada semana con un termómetro digital para suelo marca Rapitest Luster Leaf 1625, ya que la temperatura es un indicador de que el proceso se lleva a cabo de forma adecuada, el rango de temperatura no debe exceder los 65°C.

**8.4.3. pH:** El rango adecuado de pH a lo largo del proceso de composteo debe estar en el intervalo de 4 a 9, para este parámetro se utilizó un medidor de pH digital marca BioLogic.

## **8.5. Análisis del sustrato obtenido mediante el compostaje**

Una vez obtenida la composta madura, se evaluará la calidad del sustrato mediante un análisis físico químico con métodos y técnicas de la NOM-021-SEMARNAT (2000) modificada por Bahena (2011) (Tabla 2).

## 8.6. Muestreo de agua:

La toma de muestras de agua y sedimento es una faceta importante para a ser considerada previo al análisis de laboratorio para la determinación de los parámetros físicos y químicos.

Para la realización de los muestreos se determinaron tres épocas, la primera en estiaje, la segunda al inicio del temporal y la última a finales del temporal.

Para llevar a cabo dicha actividad se utilizaron frascos de plástico con una capacidad de un litro previamente esterilizados; siguiendo la técnica de De la Mora *et al.* (2004) la cual dice que el frasco se introduzca dentro del agua superficialmente y se tape correctamente si es posible cuando permanece dentro del agua. Posteriormente, se etiquetaron con los datos correspondientes al sitio y número de muestreo. Se trasladaron al laboratorio para su análisis químico (Alcalinidad, Dureza, Cloro, Nitrógeno y Fosforo). En cuanto a los parámetros físicos (pH, Temperatura, % de saturación, conductividad, oxígeno disuelto, y solidos totales), fueron tomados en campo con apoyo de un multiparamétrico H1 9829 marca HANNA, (Figura 7).



**Figura 7.** Toma de muestra de agua y de parámetros. (Fuente: Propia.)

## 8.7. Muestreo de sedimento:

Los muestreos se tomaron en los mismos puntos establecidos para los de agua. Para llevar a cabo este se utilizó una draga Eckman, sumergiéndola hasta encontrar el sedimento y extrayéndolo fuera del cuerpo de agua y depositándolo en bolsas de plástico de dos kilos, previamente rotuladas con fecha, número y sitio de muestreo.

Se trasladaron al laboratorio de Edafoclimatología al área de secado, colocándolas en charolas plásticas con periódico o papel secante bajo sombra (Figura 8) para posteriormente determinar los parámetros físicos y químicos (Tabla 2), bajo la NOM-021-SEMARNAT (2000) Modificado por Bahena (2011).



**Figura 8.** Colecta de sedimentos. (Fuente: Propia)

**Tabla 2:** Métodos para analizar los parámetros físicos químicos de las diferentes mezclas. Modificado por Bahena (2011).

Parámetro	Método	Referencia
pH	Potenciómetro (conductronic)	Goijberg y Aguilar, (1987)
Materia orgánica	Combustión húmeda de Walkley y Black	Jackson, (1982)
Carbono	Constante de Jackson (a partir de la materia orgánica)	Jackson, (1982)
Nitrógeno	Kjeldahl (digestión ácida y oxido – reducción)	Kjeldahl, (1883)
Fósforo	Colorimetría (Bray I)	Bray y Kurtz, (1945)
Potasio	Flamometría	Wander, (1942); Barnes <i>et al.</i> (1945)

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Bahena (2011).

Color	Comparación de color (cartas Munsell)	Munsell, (1992)
Densidad aparente	Volumétrico (Por el método de la probeta)	Domínguez y Aguilera, (1982)
Densidad real	Volumétrico (Por el método del picnómetro)	Domínguez y Aguilera, (1982)

### 8.8. Análisis estadístico

En esta fase del proyecto, con los datos obtenidos se realizó un análisis de Componentes Principales (ACP) con nivel de significancia  $p < 0.05$ , donde se utilizó el programa Statistica 7 e InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2020), con la finalidad de encontrar diferencia significativa entre los tratamientos y su posible relación con la calidad del agua y del sedimento.

## **9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **9.1. Recorridos y cuantificación de *Egeria densa***

Mediante los recorridos se determinaron cuatro puntos de muestreo, el primero denominado el santuario de la carpita morelense, segundo llamado domo digital, tercero en la estación el amate, el cuarto y último en el lago.

Del kilo de *Egeria densa* que se extrajo, perdió el 53.85% de su peso. En promedio la planta tenía un metro de longitud.

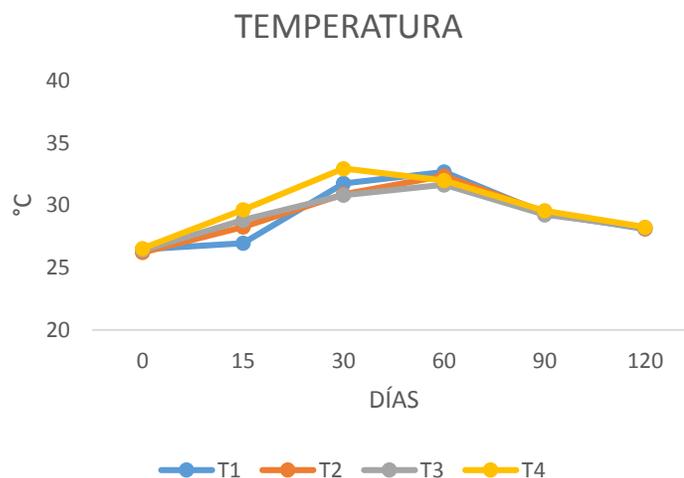
### **9.2. Establecimiento de la composta**

En cada pila se colocaron 25 kilos de *Egeria densa*, 7 kilos de suelo y 7 de estiércol dando un total de 156 kilos por tratamiento. Los parámetros que se evaluaron durante el proceso de compostaje fueron: humedad, aireación, temperatura, y pH, cabe señalar que la humedad se determinó mediante el tacto, mientras que la aireación se realizó con el método del volteo de material. En cuanto al pH y temperatura se tomó cada ocho días para evaluar las condiciones necesarias para el desarrollo de los microorganismos descomponedores y transformadores de materia orgánica; una vez que la composta estuvo madura se obtuvieron 63.55 kilos lo que equivale al 40 % del total que se colocó por tratamiento.

### **9.3. Monitoreo**

#### **9.3.1. Temperatura**

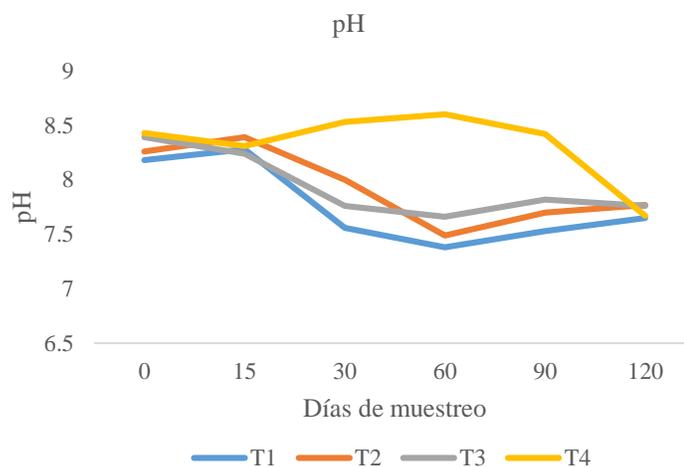
El comportamiento de la temperatura mediante el compostaje fue el siguiente: Durante el monitoreo las temperaturas iniciales fueron de 26 °C; entre los 30 y 60 días se incrementó a 32.9°C, posterior a los 60 días se observó una disminución llegando al valor promedio de 28 °C (Figura 9). Cabe señalar que las condiciones de temperatura no son semejantes a las reportadas por Defrieri *et al.* (2005), debido a que mencionan que las temperaturas alcanzadas en una composta son de 45 °C; estas diferencias se pueden atribuir a que el proceso de compostaje se realizó en el periodo de lluvias.



**Figura 9.** Temperatura promedio del proceso de compostaje de *Egeria densa*.

### 9.3.2. pH

El pH es una característica química de suma importancia por su relación con la fertilidad, las poblaciones de organismos y con algunas propiedades físicas del suelo; la determinación de la concentración se da por la cantidad de iones hidronio ( $H^+$ ) e iones hidroxilo ( $OH^-$ ) (Miranda, 2019), a los 8 días del establecimiento de las pilas se tomó dicho parámetro y este osciló entre 8 y 8.5, lo que nos indica que se encuentra en el rango de medianamente alcalinos, así mismo los tratamientos 1, 2 y 3 alcanzaron la neutralidad a partir de los 30 días, mientras que el tratamiento 4 lo alcanzó a los 120 días (Figura 10), comparado con Barrionuevo *et al.* (2020), reportan promedios similares de 7.4 pH en composta con restos de plantas acuáticas y gallinaza y de acuerdo con la NADF-020-AMBT-2011 las características que debe cumplir la composta en los tipos A, B y C, es de 6.7 a 8.



**Figura 10.** pH promedio de los tratamientos de composta a 120 días.

**Tabla 3.** Clasificación del suelo en cuanto a su valor de pH (NADF-020-AMBT-2011)

<b>Clasificación</b>	<b>pH</b>
Fuertemente ácido	<5.0
Moderadamente ácido	5.1-6.5
Neutro	6.6-7.3
Medianamente alcalino	7.4-8.5
Fuertemente alcalino	>8.5

#### 9.4. Análisis de la composta

Los abonos orgánicos suministran algunos elementos esenciales y mejoran algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Caro *et al.*, 2009), el grado maduración de la composta evita que se puedan generar problemas de contaminación y toxicidad a las plantas. La duración de las fases es muy variable, según el material a compostar y las condiciones en las que se desarrolla el proceso, puede extenderse desde pocas semanas hasta varios meses (García *et al.*, 2014). En este contexto para comparar la calidad nutricional de la composta se realizó un análisis fisicoquímico a los 90 y 120 días de maduración (Tabla4).

#### 9.4.1. Propiedades físicas

Como resultados de los parámetros fisicoquímicos el color en seco va de pardo grisáceo oscuro a pardo muy oscuro mientras que en húmedo va de pardo a pardo muy oscuro a excepción del tratamiento 3 que llegó a negro (Tabla 4), esto comparado con la Norma Mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2007) donde menciona que el color de la composta debe ser de negro a café oscuro, de acuerdo con la Tabla de colores Munsell. Respecto a la densidad aparente (DA), la mínima se presentó en el tratamiento 4 a los 120 días con 0.63 g/ml y la máxima se presentó en el tratamiento 1 a los 90 días con 0.88 g/ml, se cumple que a mayor tiempo de maduración se presenta una disminución de la materia vegetal en tamaño convirtiéndose en materia orgánica (Bahena 2011). En cuanto a la densidad real (DR), para este parámetro la mínima se presentó en el tratamiento 3 a los 90 días con 1.61 g/ml, mientras que la máxima se presenta en el tratamiento 4 a los 120 días con 2.55 g/ml; sin embargo, los demás tratamientos presentan promedio  $>2$  g/ml a los 120 días. La porosidad se calculó con los resultados de la Densidad aparente (DA) y Densidad real (DR), este valor se expresa normalmente como un porcentaje (NOM 021 SEMARNAT-2000), a los 90 días alcanzó un 58.75% mientras que a los 120 días un 67.25%. (Tabla 4). Por otro lado al compararlos con Barrientos y Rojas (2020), reportan en tratamientos de composta con estiércol vacuno de DA promedios de 1.27 a 1.45 y de DR 2.40 a 2.60, sin embargo, lo obtenido en la presente investigación para DA se encontró que los valores son menores en todos los casos y para DR el T4 manifiesta un rango similar a los 120 días con un valor de 2.55 gr/ml; cabe señalar que el autor manifiesta que la densidad real en un suelo productivo deber ser  $<2.4$ , tal y como se manifiesta en los tratamientos T1, T2 y T3. En el porcentaje de Porosidad reportan 44.40 a 48.40%, mencionando que valores  $>$  a 35% de porosidad en el suelo, favorece el crecimiento de las raíces de las plantas, debido a la alta disponibilidad de agua, aire, poca filtración de agua y mayor espacio para la penetración de raíces en el suelo, de tal forma que en la presente investigación se cumple con lo reportado por dicho autor, ya que se obtuvo el valor menor de 51% de porosidad total.

**Tabla 4.** Promedio de los análisis físicos de composta inmadura y madura

	T1		T2		T3		T4	
PARAMETRO	90	120	90	120	90	120	90	120
Color en seco	10 YR 4/2 Pardo grisáceo oscuro	10 YR 4/3 Pardo	10 YR 4/3 Pardo	10 YR 4/3 Pardo	10 YR 3/3 Pardo oscuro	10 YR 3/3 Pardo oscuro	10 YR 4/3 Pardo	10 YR 4/3 Pardo
Color en húmedo	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 10 YR 2/1 Negro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
DA	0.88	.87	.83	.82	.62	64	.71	.63
DR	1.78	2.17	1.94	2.35	1.61	2.01	1.92	2.55
% de Porosidad	51	60	58	66	62	68	64	75

Fuente: Elaboración propia

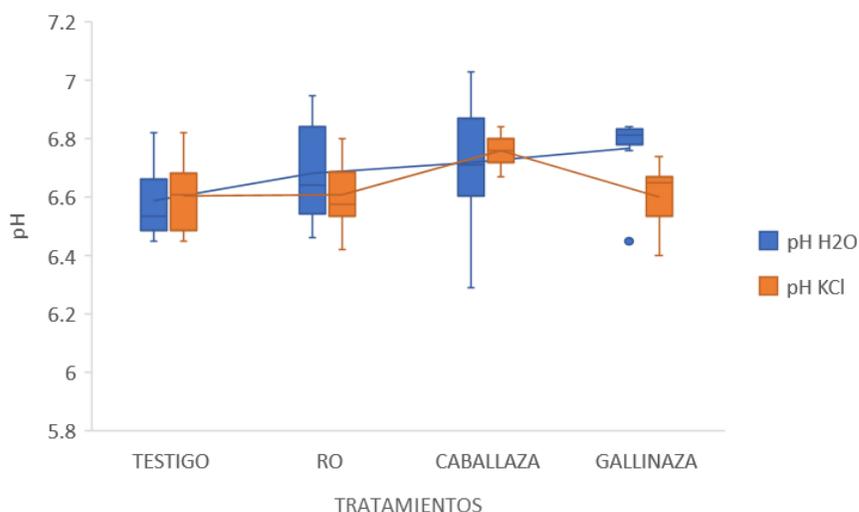
#### 9.4.2. Propiedades químicas

Estos parámetros están relacionados con los compuestos nutrimentales disponibles de acuerdo con el tiempo de maduración de la composta, tales como pH, materia orgánica, carbono, nitrógeno y la relación carbono/nitrógeno.

##### 9.4.2.1. pH

La NADF-020-AMBT-2011 menciona que el pH es un parámetro que puede condicionar la actividad biológica que degrada la materia orgánica, señalando que altas temperaturas y valores alcalinos favorecen la pérdida de amoníaco en forma gaseosa, repercutiendo estas pérdidas en el valor nutricional final de la composta. En este contexto la composta a los 90 y 120 días (Figura 11), alcanzó los rangos establecidos por la norma que van de 6.5 a 8 y de acuerdo con

la tabla reportada por esta norma, el producto obtenido se clasifica en el tipo B y C, (Tabla 5). Mientras que Bueno *et al.* (2008), mencionan que los valores para composta deben estar entre 6.5 a 9.0, tal como se manifiesta en los cuatro tratamientos del presente trabajo de investigación.



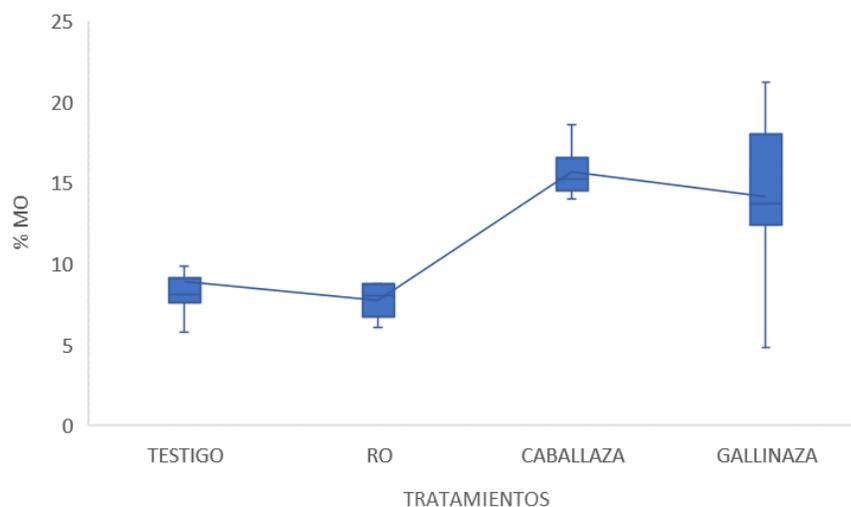
**Figura 11.** pH de la composta madura obtenida de *Egeria densa*

**Tabla 5.** Características generales que deben cumplir los tipos de composta (NADF-020-AMBT-2011).

Parámetro	Tipo de composta		
	A	B	C
	Sustrato en viveros y sustituto de tierra para maceta	Agricultura ecológica y reforestación	Paisaje, áreas verdes urbanas y reforestación
pH	6.7-7.5	6.5-8	
Materia orgánica	>20		>25
Carbono	Debe indicarse en la etiqueta el resultado del último análisis realizado		
Nitrógeno	Debe indicarse en la etiqueta el resultado del último análisis realizado		
Relación C/N	<15	<20	<25

#### 9.4.2.2. Materia orgánica

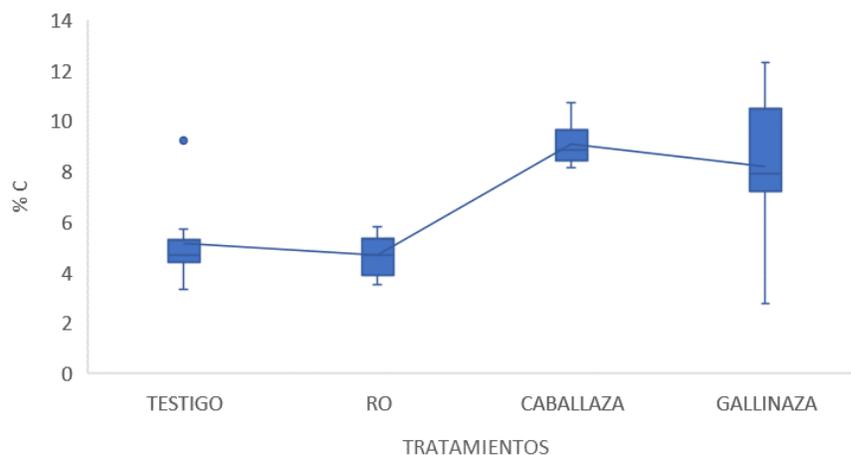
De acuerdo con Cepeda (2012), una fuente originaria de la materia orgánica (M.O.) del suelo es el tejido vegetal, bajo condiciones naturales, las partes aéreas y raíces de los árboles, hierbas y arbustos son proveedores de residuos orgánicos; la MO regula los procesos químicos, influye sobre las características físicas y biológicas que en ella ocurre. Por otro lado, Plaster (2000), menciona que esta almacena nutrientes que serán usados por las mismas plantas para su crecimiento, por lo que la cantidad de MO en el suelo depende del equilibrio entre las entradas y salidas. Los valores que se obtuvieron en la composta a los 90 y 120 días oscilan entre los 6 y 16 % de MO (Figura 12); sin embargo, comparada con la NADF-020-AMBT 2011 estos deben ser mayores a 20 (Tabla 5), por lo cual no cumple lo marcado por dicha norma, por su parte Santamaría (2016) reporta en tratamiento de composta con *Eichhornia crassipes* y gallinaza 16.44% de MO y en tratamientos con *Eichhornia crassipes* y calabaza 22.77%, comparado con los resultados del presente estudio solo el tratamiento gallinaza es similar, mientras que los tratamientos calabaza, residuos orgánico y testigo fueron más bajos.



**Figura 12.** Promedios del porcentaje de materia orgánica en composta madura

### 9.4.2.3. Carbono

Es evidente que el suelo es un gran reservorio de carbono en la naturaleza (Burbano, 2018). Ahora, el contenido de carbono en el suelo obedece a sus características y al equilibrio entre las tasas de entrada de carbono orgánico de origen vegetal y animal, y las de salida, resultantes del metabolismo microbiano que genera CO<sup>2</sup>. Así que con relación a este componente se puede apreciar en la Figura 13 el promedio de los resultados en porcentaje de carbono. Comparando los resultados de este trabajo con los obtenidos por Melendrez y Sánchez (2019), en el estudio encontraron que el porcentaje de carbono en tratamientos de residuos orgánicos y estiércol de vaca fue de 5.43 y 7.87% mientras que los valores obtenidos son mayores en los tratamientos de gallinaza y caballaza (8.2 y 9.1%) y los de residuos orgánicos y testigo no siguieron la misma tendencia ya que presentaron valores menores con 4.7 y 5.2%.

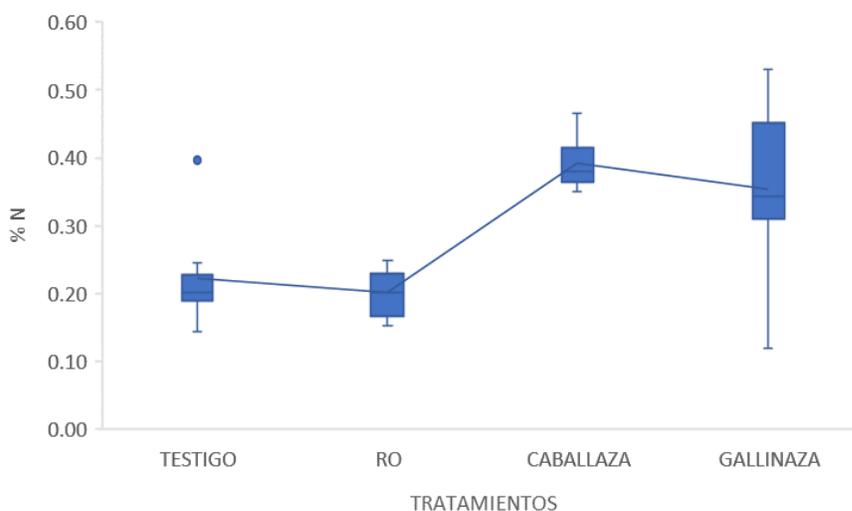


**Figura 13.** Promedio de porcentaje de carbono en composta madura obtenida de *E. densa*

### 9.4.2.4. Nitrógeno

El nitrógeno es el que se suple en mayores cantidades, ya que es el factor nutrimental más limitante sobre el rendimiento en los cultivos (Contreras, 2016), pues es requerido en grandes cantidades y su disponibilidad puede verse afectada por diversos factores (Heredia, 2017). El aumento del nitrógeno en compostas se debe principalmente a los estiércoles de animales

(Cabrera, 2007). De acuerdo con la NOM 021 SEMARNAT-2000 y Barrientos y Rojas (2020) para suelos, el nitrógeno registrado en los tratamientos calabaza y gallinaza de la composta a los 90 y 120 días (Figura 14), se clasifica en clase medio que va de 0.30-0.80 %; Santamaría (2016), reporta en tratamiento con lirio acuático y calabaza 0.57% y en lirio acuático con gallinaza 0.41%, en este sentido al compararlos con los del presente estudio los tratamientos de calabaza y gallinaza fueron ligeramente menores con 0.42 y 0.38%.

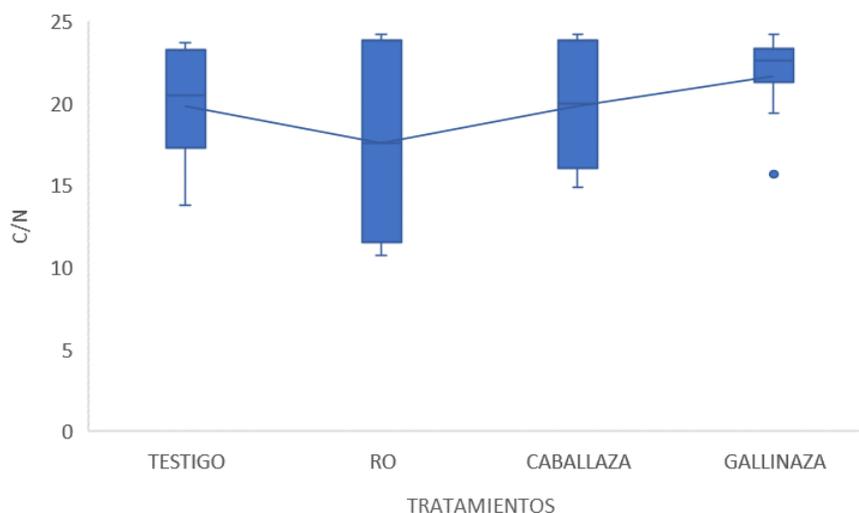


**Figura 14.** Resultados en promedios de nitrógeno en composta madura obtenida de *E. densa*

#### 9.4.2.5. Relación Carbono/Nitrógeno

La relación carbono/nitrógeno indica la potencialidad del suelo para transformar la materia orgánica en nitrógeno mineral (Heredia, 2017), así mismo proporciona una estimación directa de las fracciones biológicamente degradables de C y N en la composta madura (Defrieri *et al.*, 2005) bajo este planteamiento y de acuerdo a la NADF-020-AMBT 2011 los tratamientos de composta a los 90 y 120 días (Figura 15), se catalogan en tipo C, adecuados para paisajes, áreas verdes urbanas y reforestación, con valores <25 (Tabla 5). Comparado con Santamaría (2016), los promedios reportados en tratamientos de composta con lirio acuático y estiércol son de 23.11 en composta con *Eichhornia crassipes* y calabaza y 23.23 en composta con *Eichhornia crassipes* y gallinaza al compararlos con el presente estudio los valores de los tratamientos de

caballaza y gallinaza son similares. Mientras que Barrientos y Rojas (2020), reportan promedios de 12.45 a 13.56 en composta de residuos orgánicos y estiércol, comparados con los tratamientos testigo y residuos orgánicos presentan mayor porcentaje en relación Carbono/Nitrógeno, lo que significa una buena mineralización por parte de los microorganismos (Caro *et al.*, 2009).

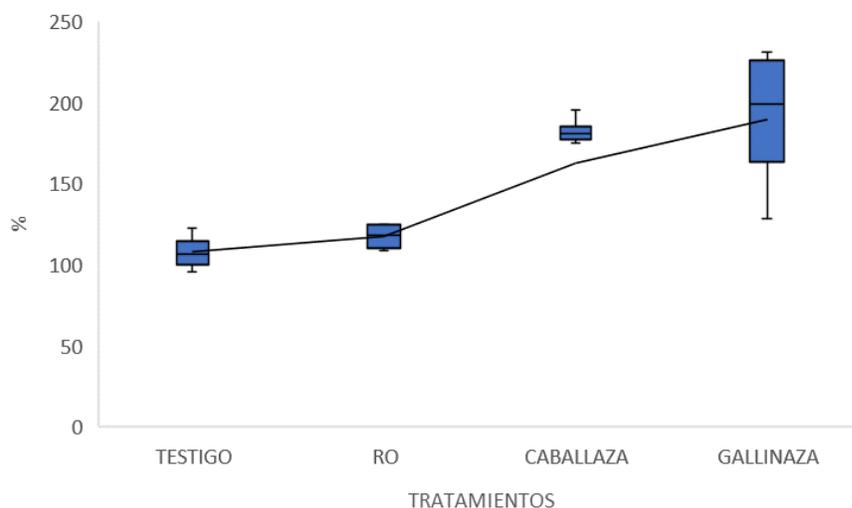


**Figura 15.** Comparación de promedios de Relación Carbono/Nitrógeno de composta obtenida de *E. densa*.

#### 9.4.2.6. Nitrógeno inorgánico

En la Figura 16 se presenta el promedio de los resultados del porcentaje de nitrógeno inorgánico en composta madura e inmadura obtenida de *E. densa*.

El porcentaje mínimo en la composta inmadura lo presentó el tratamiento de Residuos Orgánicos con 83.3% y el máximo porcentaje lo presenta el tratamiento caballaza con 210.1%; en cuanto a la composta madura el tratamiento testigo fue el menor con 107.9% y mayor el tratamiento gallinaza con 189.8%, sin embargo, el tratamiento RO aumento de 83.3% a 117.3% y el tratamiento caballaza muestra que en la composta inmadura estaba presente el nitrógeno con 210.1 y en la composta madura solo 143.5%.



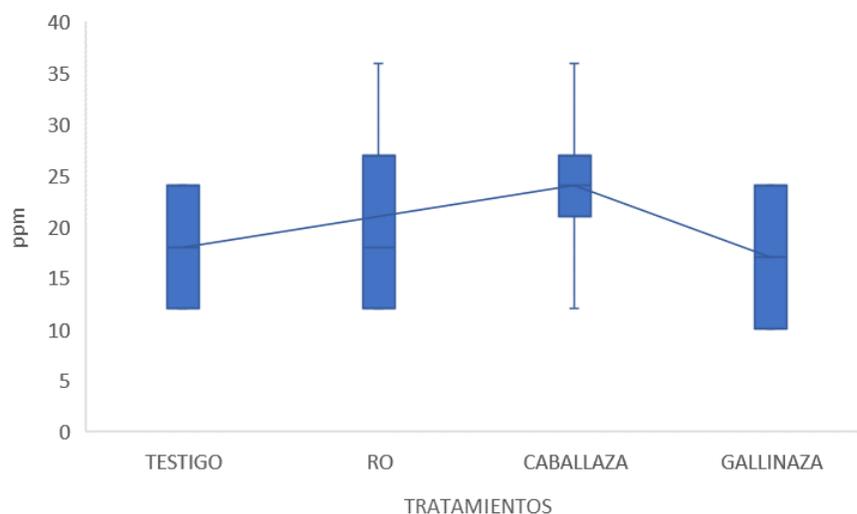
**Figura 16.** Porcentaje de nitrógeno de composta obtenida de *Egeria densa*

#### 9.4.2.7. Fosforo

El fósforo se encuentra en el suelo formando parte de diferentes minerales tales como fosforita, apatito, etc. También en compuestos orgánicos, asociado a la materia orgánica y como parte de los microorganismos. Además, existen formas iónicas libres en la solución del suelo y fijadas al complejo arcillo-húmico.

El fósforo es el segundo elemento (después del nitrógeno) más importante para el crecimiento de las plantas, la producción de los cultivos y su calidad (Lozano *et al.*, 2012); además, es uno de los elementos que más limita la producción agrícola en las sábanas.

En la Figura 17 se muestran los porcentajes de fósforo correspondientes a la composta elaborada con *Egeria densa*, los valores más bajos corresponden a los tratamientos gallinaza con 17 ppm y testigo con 18 ppm, mientras que el tratamiento caballaza presenta mayor porcentaje con 24 ppm y de acuerdo con la NOM 021 SEMARNAT 2000 para suelos, cataloga a la composta en clase medio (Tabla 6). Según Cairo y Álvarez (2017) el rango ideal >14 ppm de fósforo en el suelo, el aumento es por la aplicación de estiércoles, debido a su alto contenido de fósforo a diferencia de residuos vegetales (Cabrera, 2007). Beltrán Morales *et al.* (2019), en tratamiento de composta reportan 15 ppm de fosforo, mientras que los resultados reportados en este estudio fueron más altos.



**Figura 17.** Porcentaje de fósforo de composta obtenida de *Egeria densa*

**Tabla 6.** Interpretación de resultados de Fósforo Bray y Kurtz1 (NOM 021 SEMARNAT-2000)

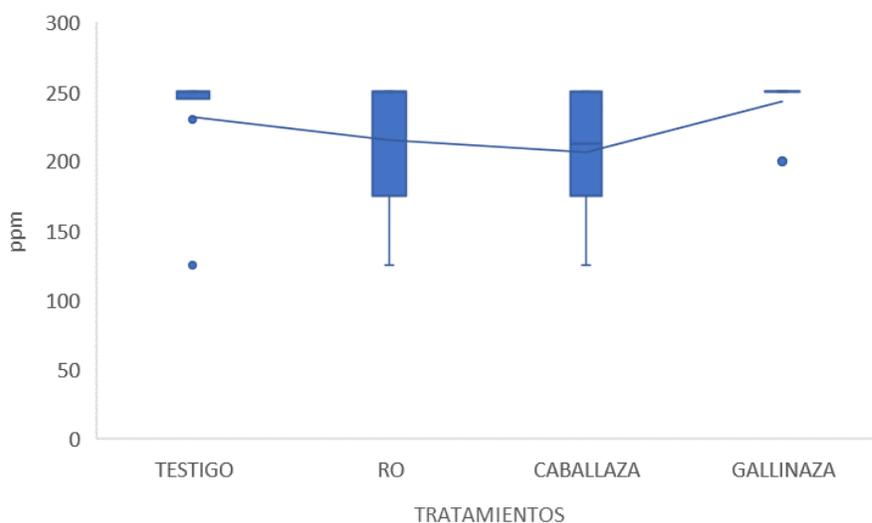
Clase	Mg Kg-1 de P
Bajo	<15
Medio	15 – 30
Alto	>30

#### 9.4.2.8. Potasio

El potasio (K<sup>+</sup>) es un macronutriente esencial para las plantas, las cuales necesitan cantidades elevadas de este nutriente, incluso semejantes a las necesidades del nitrógeno en algunos casos. Cumple un papel importante en la activación de más de 60 enzimas que actúan en diferentes procesos metabólicos, dentro de los más importantes están la fotosíntesis y la síntesis de proteínas y carbohidratos. Actúan en el balance en agua y en el crecimiento meristemático. En términos prácticos significa que el potasio actúa sobre el crecimiento vegetativo, fructificación, maduración y calidad de los frutos. El potasio en el suelo se encuentra en cuatro formas, las cuales difieren en su disponibilidad de potasio para los cultivos. De mayor a menor disponibilidad esta: potasio en solución, potasio intercambiable, potasio no intercambiable y potasio mineral (García y Quinke, 2012).

Con relación al potasio la Figura 18 muestra los porcentajes obtenidos de la composta elaborada con *Egeria densa*, la de menor porcentaje fueron los tratamientos residuos orgánicos y calabaza con 212.5 ppm, mientras que los de mayor porcentaje son los tratamientos testigo y gallinaza con 250 ppm, según Douds *et al.* (1997) y Barrientos y Rojas (2020) el rango ideal es >240 ppm de potasio en el suelo y el incremento se debe al mayor contenido de materia orgánica. Meléndrez y Sánchez (2019), compararon diferentes tratamientos con residuos orgánicos y estiércol de vaca reportando de 0.48 a .96 ppm, comparado con los resultados de este trabajo los valores promedio fueron más altos.

El potasio es un nutriente clave para las plantas, de los nutrientes primarios es el tercero que requieren conjuntamente con el nitrógeno y el fósforo (Plaster, 2000; Santamaría, 2016).



**Figura 18.** Porcentaje de potasio de composta obtenida con *Egeria densa*

## 9.5. Análisis fisicoquímicos de sedimento y agua

### 9.5.1. Sedimentos

El sedimento representa la acumulación de materiales arrastrados, la composición de estos materiales y la velocidad con que se acumulan expresan la actividad del arroyo (Elizalde, 2000), así mismo pueden convertirse en el destino final de contaminantes cuando la capacidad de carga se ve superada o cuando intervienen fenómenos de decantación por cambios en propiedades tales como el pH y la conductividad (Martínez *et al.*, 2001), la composición de los materiales y la velocidad con que se acumulan expresan la función de la barranca como acumulador de los escurrimientos y su encausamiento (RPMPEUBC, 2016). El sedimento puede servir como una fuente o almacenamiento de nutrimentos.

#### 9.5.1.1. Color de sedimento

Se realizaron cuatro muestreos, en la Tabla 7, se presentan los resultados del color del sedimento en seco y húmedo, en seco abundan los colores en gris y gris muy oscuro mientras que en húmedo va de pardo a pardo oscuro y negro.

**Tabla 7.** Color de acuerdo con la carta de color Munsell

MUESTREO	ESTACIÓN	COLOR HÚMEDO	COLOR SECO
1	1	7.5 YR 3/2 Pardo oscuro	7.5 YR 6/1 Gris
	2	7.5 YR 2.5/1 Negro	7.5 YR 4/1 Gris oscuro
	3	7.5 YR 2.5/1 Negro	7.5 YR 4/1 Gris oscuro
	4	7.5 YR 3/1 Gris muy oscuro	10 YR 5/1 Gris
2	1	10 YR 3/2 Pardo gris oscuro	10 YR 4/2 Pardo
	2	7.5 YR 2.5/1 Negro	7.5 YR 4/1 Gris oscuro
	3	7.5 YR 2.5/1 Negro	7.5 YR 5/1 Gris
	4	7.5 YR 2.5/1 Negro	7.5 YR 3/2 Pardo oscuro
3	1	7.5 YR 2.5/1 Negro	7.5 YR 5/1 Gris

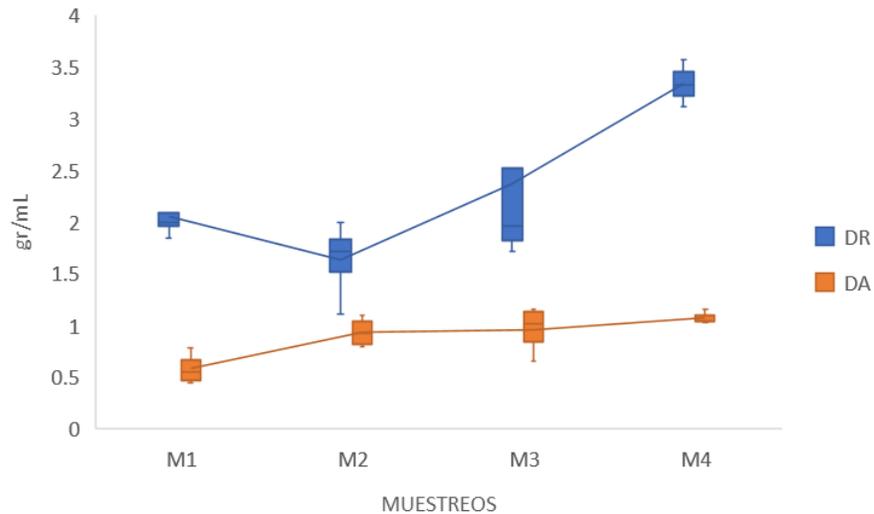
	2	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	7.5 YR 5/2 Café
	3	10 YR 2/1 Negro	7.5 YR 4/1 Gris oscuro
	4	7.5 YR 2.5/1 Negro	7.5 YR 3/2 Pardo oscuro
4	1	7.5 YR 3/1 Gris muy oscuro	7.5 YR 4/1 Gris oscuro
	2	7.5 YR 2.5/1 Negro	7.5 YR 4/1 Gris oscuro
	3	7.5 YR 3/1 Gris muy oscuro	7.5 YR 4/1 Gris oscuro
	4	7.5 YR 3/1 Gris muy oscuro	10 YR 5/1 Gris

Fuente: Elaboración propia

#### 9.5.1.2. Densidad aparente y real

En cuanto a la densidad aparente en los sedimentos presentes a lo largo del arroyo del PEUBCH el muestreo 1 presenta menor promedio con 0.58 gr/mL mientras que los siguientes muestreos el promedio coinciden con 0.94 y 0.96. Con respecto a la densidad real el muestreo 2 presentó la mínima con 1.64 y el muestreo 4 la máxima con 3.84% (Figura 19). Lo que nos indica que en la época de lluvias aumenta la porosidad y capacidad de infiltración.

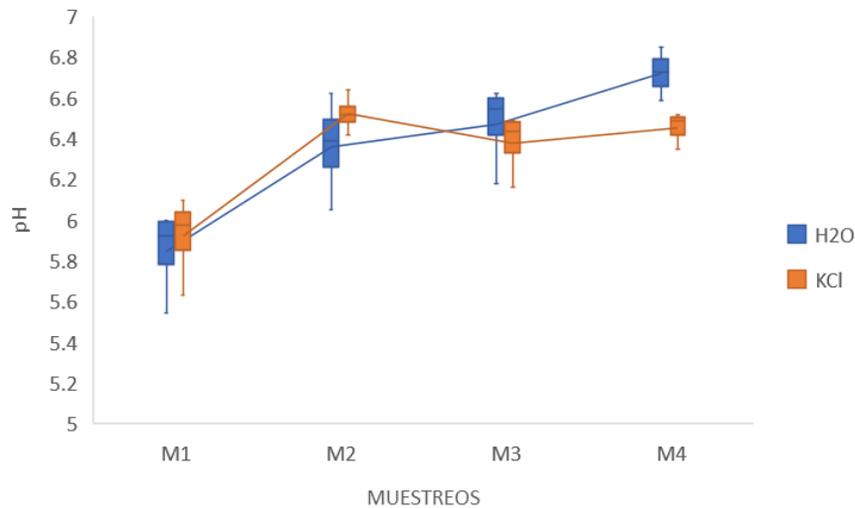
Montalvo (2019), reporta una densidad en sedimentos de la Laguna de Colta, Provincia de Chimborazo, Ecuador de 1.75 a 3.27 gr/mL, en comparación los reportados por este trabajo en los muestreos 1, 2 y 3 son similares, mientras que el M4 es mayor, similar a lo reportado por Barón (2014), de 2.5 a 2.94% en análisis fisicoquímicos de suelo y sedimentos.



**Figura 19.** Resultados en promedio de densidad real y aparente de sedimentos

### 9.5.1.3. pH

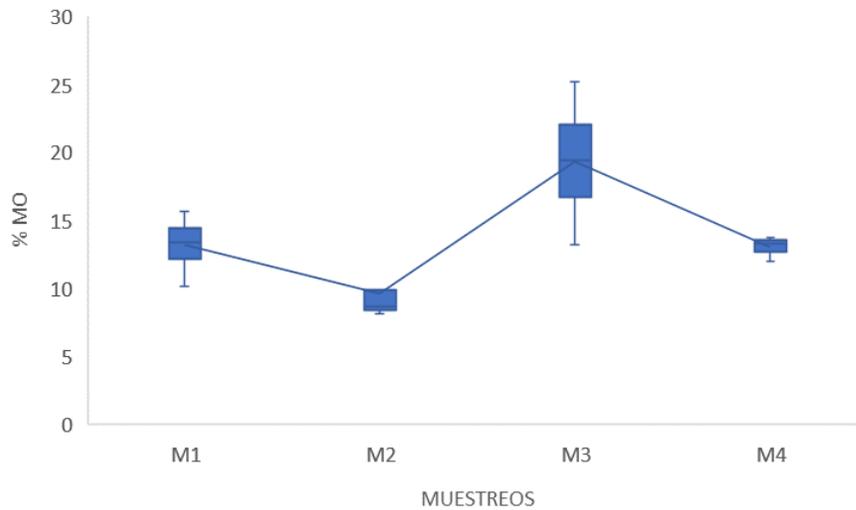
En la Figura 20 se observa que el primer muestreo de sedimento presenta un pH que oscila entre 5.8 a 5.9 tanto en H<sub>2</sub>O como en KCL, en el segundo muestreo subió a 6.3 y 6.5, mientras que en el tercer muestreo los valores fueron de 6.4 y 6.3 respectivamente, considerados en la tabla de rangos de pH como moderadamente ácidos. Por otro lado, López *et al.* (2012), reportan pH en sedimentos de 6.5 a 8 unidades clasificándolos de neutros a ligeramente alcalinos, sin embargo, el mismo autor menciona que cuando el pH en los sedimentos es alcalino o ligeramente alcalino, es propenso a sedimentar más rápido los metales pesados o sustancias tóxicas que cuando el pH es ácido. Por lo que, los datos obtenidos en la presente investigación salen del rango encontrado por el autor y cumplen con lo establecido de no sedimentar sustancias tóxicas; debido a ello se considera que estos cuerpos de agua tienen la capacidad de atrapar estos contaminantes y fungir como un sumidero natural. Por lo tanto, la probabilidad de encontrar estos contaminantes es muy alta y aún más cuando hay desarrollos humanos cercanos.



**Figura 20.** Promedios de pH en H2O y KCL

#### 9.5.1.4. Materia orgánica

En la Figura 21 se muestran los promedios de materia orgánica. De acuerdo a Aguilera (1989) y Díaz *et al.* (2005) de 0.8% a 2.0% de materia orgánica lo cataloga como baja y de 2.0% a 4.0% es media; por otro lado, Elizalde (2000), reporta una distribución heterogénea con valores irregulares que van desde cero a 28.2% de materia orgánica en sedimentos del lago Zempoala, siendo en la época después de lluvias el porcentaje más alto, por lo que se cumple en este trabajo el muestreo 3 que corresponde a la época de lluvias presenta el porcentaje más alto. Así mismo García Navarro *et al.* (2016), reportan valores de 7.29 % a 21.80% en sedimentos de tres lagunas costeras siendo el porcentaje más alto de materia orgánica en época de lluvias. Comparando con los resultados con lo mencionado por los autores los valores obtenidos en este proyecto, se encuentran en las categorías de Elizalde y García-Navarro, no así lo mencionado por Díaz-Vargas porque los valores obtenidos en este trabajo son mayores; lo que nos indica que el sedimento del Parque Chapultepec es rico en materia orgánica.



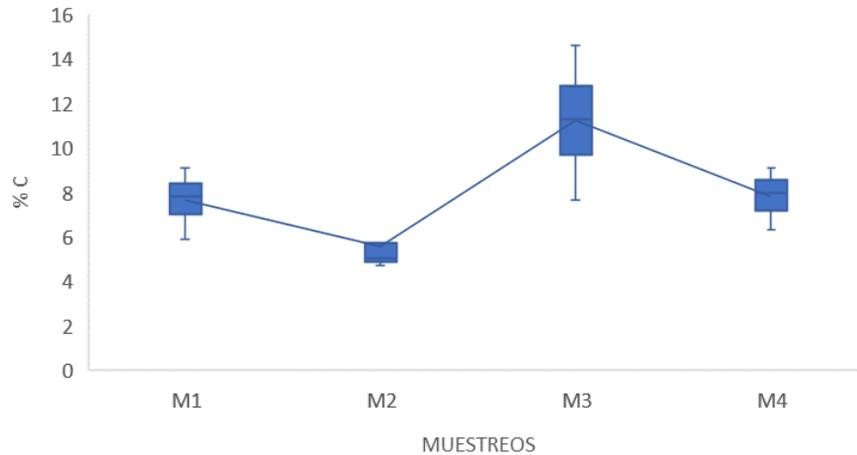
**Figura 21.** Promedio de materia orgánica de sedimentos

#### 9.5.1.5. Carbono

Con relación al carbono presente en los sedimentos del arroyo del PEUBCH, fluctuaron de manera heterogénea con porcentajes de 5.58 a 11.20%, generando un rango de 5.62 % (Figura 22) sobresaliendo el muestreo 3 correspondiente al periodo de lluvias.

De acuerdo con los porcentajes de carbono se observa que hay una estrecha relación con el porcentaje de materia orgánica, ya que este es la fuente generadora de carbonatos y bicarbonatos. Observando en ambos parámetros una fluctuación homogénea.

Calva Benites *et al.* (2009), encontró porcentajes de carbono en sedimentos costeros que van desde 2.6 a 9.2 en las diferentes estaciones del año. Por otra parte, Elizalde (2000), reporta un amplio rango que va desde cero a 16.7 % de carbono en sedimentos del lago Zempoala sobresaliendo el mes de septiembre con los valores más altos y enero con los bajos, similar a lo reportado por este trabajo siendo el muestreo 3 el más alto que corresponde a la temporada de lluvias.

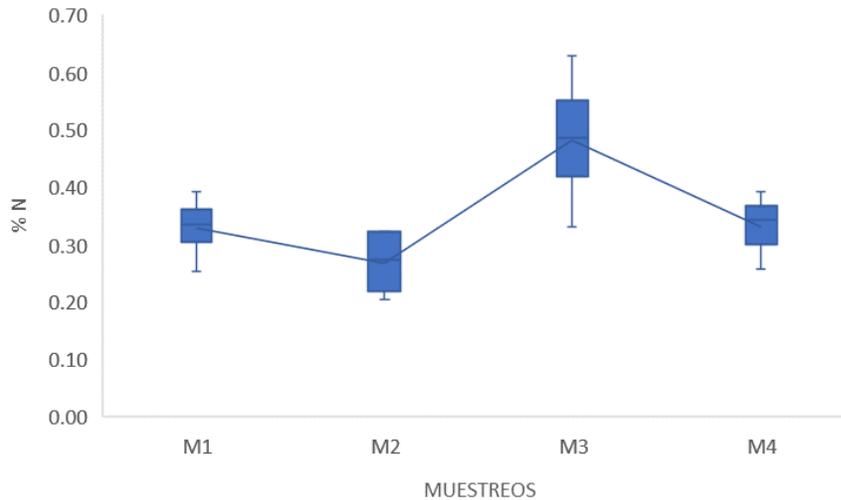


**Figura 22.** Presencia de carbono en muestreos de sedimentos

#### 9.5.1.6. Nitrógeno

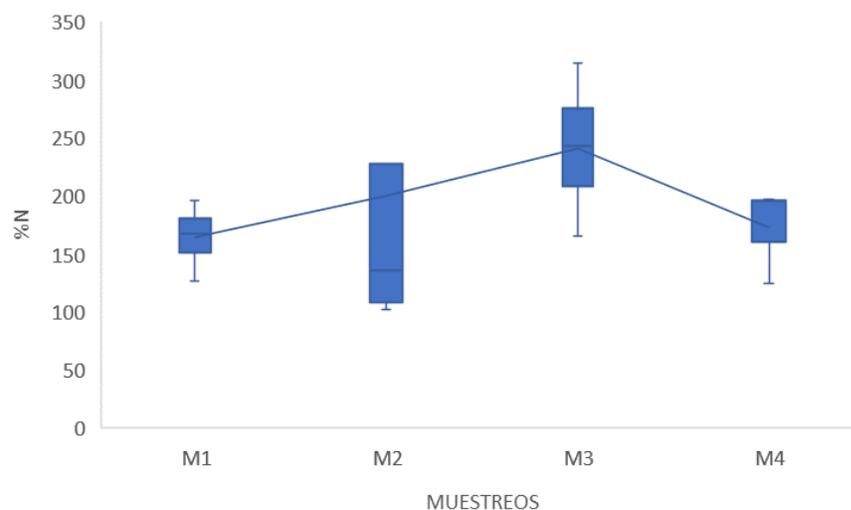
Nuevamente la fluctuación de nitrógeno fue homogénea con los parámetros de materia orgánica y carbono. En la Figura 23, se observa que en el muestreo 3 representa el porcentaje más alto con 0.48 % y más bajo el muestreo 2 con 0.27 %. Díaz Vargas *et al.* (2005), en sedimentos del Lago Zempoala Morelos, México reporta valores de cero a 0.69% de nitrógeno, los datos reportados en el presente trabajo se encuentran en este mismo rango.

Sin embargo y de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000 para suelos, los tres muestreos se catalogan en clase muy alta  $>0.25$  lo que nos indica que el nitrógeno se encuentra disponible en los sedimentos a lo largo del arroyo central disponible para las plantas.



**Figura 23.** Promedio del porcentaje de nitrógeno en sedimentos

En la Figura 24, se muestra que el Nitrógeno inorgánico fue en ascenso iniciando con 164.50 % de nitrógeno para el muestreo 1, en el muestreo 2 el nitrógeno disponible aumento a 200.13% y el muestreo 3 que corresponde al final de lluvias obtuvo un valor de 241.25%; estos valores son similares a lo reportado por Fuentes (2000), donde sus promedios van de 102% a 510% en sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Sucre, Venezuela, también al valor de 240 % obtenido por Montalvo (2006), en sedimentos superficiales de las bahías de Cárdenas y Santa Clara, Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba.



**Figura 24.** Promedio de los resultados de nitrógeno inorgánico en sedimentos

### 9.5.2. Parámetros físicos del agua

Un aspecto fundamental de los sistemas acuáticos son las características abióticas que generalmente están influenciadas por la naturaleza del sustrato, sin embargo, algunas pueden tener variaciones relacionadas con el incremento de la materia orgánica (Cabrera *et al.*, 2003). Estos parámetros inciden en las condiciones bióticas puesto que se presentan organismos tanto autótrofos como heterótrofos que son susceptibles a las variaciones de pH, conductividad, temperatura del agua, dureza total, alcalinidad, cloro y oxígeno disuelto, principalmente, presentándose una relación entre los organismos y las variaciones ambientales, ya que tales parámetros ayudan a la interpretación de la capacidad productiva de los recursos acuáticos y su comportamiento en el tiempo y el espacio (Elizalde, 2000).

En la Tabla 8 se observa que el agua presenta un pH que oscila entre (6.3 a 7.1) moderadamente ácido a neutro aumentando ligeramente alcalino en el muestreo 4 que corresponde al mes de diciembre. De acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994, se encuentra en los límites permisibles (Tabla 9). Respecto a la temperatura esta se mantiene fría en los cuatro puntos con una mínima de 16.35 °C y una máxima de 17.40 °C se detecta que la temperatura prácticamente no cambia a lo largo del año; así mismo, el oxígeno disuelto se presenta estable en el rango de 5 a 8 (OD) dentro del balance gaseoso, en los sistemas acuáticos el oxígeno disuelto es fundamental para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos (Goyenola, 2007). La conductividad osciló entre 128.25  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 184.25  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , este parámetro se presenta homogéneo en los cuatro muestreos a lo largo del año observando que solo aumentó el muestreo 4 que corresponde al mes de diciembre. Para el parámetro de sólidos totales se presenta como máximo 92 mg/l y como mínimo 64 mg/l correspondiendo al muestreo 4 y 1 respectivamente. Por su parte Díaz *et al.* (2005), En el registro de los parámetros físico químicos de agua del Lago Zempoala reportan una temperatura de 6.6 °C en el mes de diciembre y una máxima en el mes de junio con 24.6 °C, y pH de 6 a 9.3, comparados con los resultados obtenidos en el Parque Chapultepec la temperatura se mantiene estable en el transcurso del año, esta diferencia se debe a la ubicación geográfica de los sitios de muestreo y la comparación de un sistema lenticó y un lotico, mientras que el pH es más neutro. Así mismo Montalvo (2019), reporta una temperatura en la laguna de Colta, provincia de Chimborazo Ecuador, similar a las reportadas por este trabajo, por su parte Carbone *et al.* (2013), reportan que en la

calidad del agua del arroyo Claromecó en Argentina, la temperatura es más baja que la reportada por este trabajo sin embargo el oxígeno disuelto se encuentra en este rango de 6.5 a 10.7.

**Tabla 8.** Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos y nutrientes del agua en el Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec

Muestreo	pH	Temperatura °C	Oxígeno	% de oxígeno	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS gm/L
M1	6.65	16.35	6.33	76.75	128.25	64.00
M2	6.63	16.75	4.30	52.45	160.50	80.00
M3	6.60	16.78	8.63	104.83	153.25	76.75
M4	7.10	17.40	8.60	106.43	184.25	92.00

Fuente: Elaboración propia

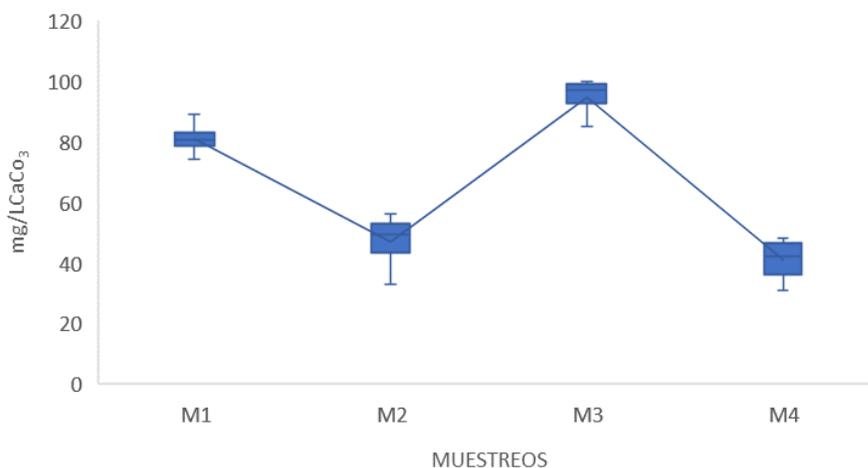
**Tabla 9.** Límites permisibles de características químicas (NOM-127-SSA1-1994)

Características	Límites permisibles
pH	6.5-8.5
Cloro	250 mg/L
Dureza	500 mg/L $\text{CaCO}_3$
Nitratos	10
Nitrógeno	0.50

### 9.5.2.1. Alcalinidad

Alcalinidad es la capacidad del agua de neutralizar o regular cambios en acidez, en la Figura 25 se muestra que en el segundo muestreo la alcalinidad fue muy baja con 47 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , mientras que en el primer muestreo el promedio fue de 81 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , en los muestreos 3 y 4 los promedios de alcalinidad fueron de 90 y 94 mg/L  $\text{CaCO}_3$  respectivamente, cabe señalar que los últimos muestreos corresponden a la época de lluvias, así mismo con relación a lo reportado por ICA, la alcalinidad la catalogan en la calidad de aguas dulces blandas con valores

de 41-200 mg/L CaCO<sub>3</sub> (Tabla 10) y de acuerdo con Elizalde (2000), la alcalinidad es un indicador de productividad ya que menciona que de 100 a 150 mg/L CaCO<sub>3</sub> se considera como alcalinidad media y aguas muy productivas. De acuerdo con el autor, el agua del Parque se encuentra en los límites permisibles y por ende son aguas productivas.



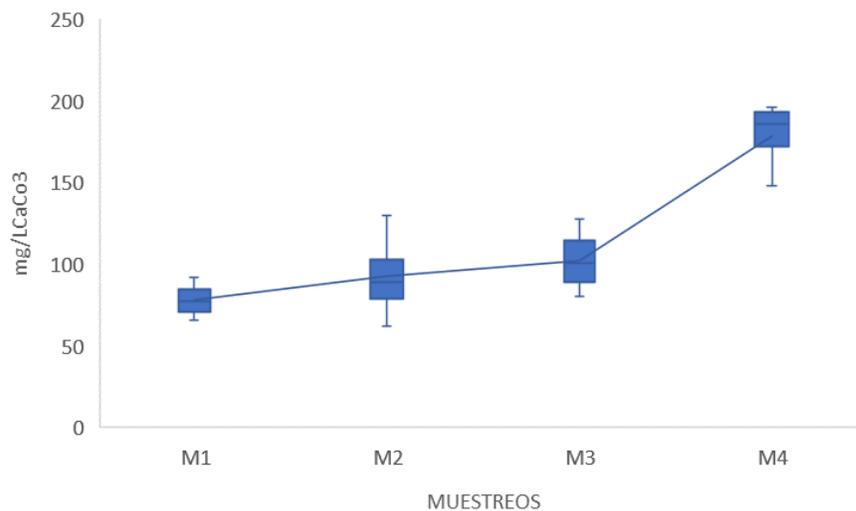
**Figura 25.** Valores promedio de alcalinidad del agua del PEUBCH.

**Tabla 10.** Tabla de referencia para el diagnóstico de los índices de calidad de aguas (ICA) (National Sanitation Foundation – INSF 1970)

Parámetro	Concentración	Calidad
Conductividad	150-200	Cuenca baja
Dureza	60-120	Abastecimiento humano (deseable)
Alcalinidad	41-200	Dulces blandas
Oxígeno	5-7	Recreo -pesca
TDS	50-75	Buena cuenca baja

### 9.5.2.2. Dureza

La dureza del agua se refiere al contenido de sales de calcio y magnesio, como bicarbonatos y carbonatos (Cabrera *et al.*, 2003), de acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994, en este contexto el agua del Parque no rebasa los límites permisibles (Tabla 10), y nos indica que el patrón de variación de este anión se presenta con mayor concentración durante los muestreos 3 y 4 (Figura 26), que corresponden al inicio y final del temporal con valores de 102.5 mg/L CaCO<sub>3</sub> y 175 mg/L CaCO<sub>3</sub>; el muestreo 1 obtuvo valores de menor concentración (78 mg/L CaCO<sub>3</sub>) lo que nos indica que el agua del Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec, se encuentra clasificada como agua de abastecimiento humano (deseable). En comparación con Díaz *et al.* (2005), quienes reportan como mínima 24 mg/L y máxima 90 mg/L, en su investigación, coinciden con los muestreos 1 y 2 se encuentran en este rango de valores.

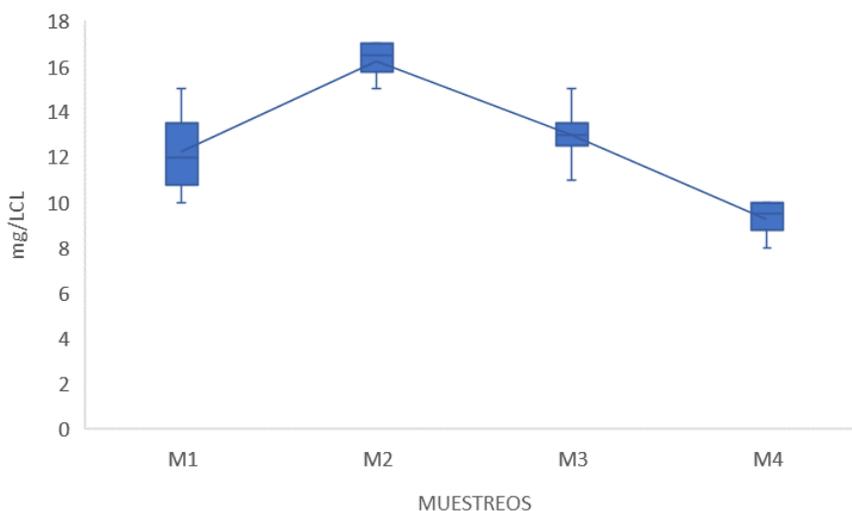


**Figura 26.** Datos promedio de dureza del agua del PEUBCH.

### 9.5.2.3. Cloro

El cloro contenido en agua potable o de proceso, produce efecto tóxico en el organismo de acuerdo con la Norma NMX-AA-112-SCFI-2017, así mismo es un indicador del grado de mineralización del medio por lo cual sugiere que es un parámetro importante en cualquier cuerpo de agua. La presencia de cloro en el arroyo del Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec se muestra en la Figura 27, donde en el primer muestreo registro menor presencia

con 12.3 mg/L CL, y mayor cantidad en el segundo muestreo con 16.3 mg/L CL, cabe mencionar que el tercer y cuarto muestreo presentan valores mayores a los primeros (13 y 13.5 mg/L CL) y de acuerdo con la Norma, no rebasa los límites permisibles (Tabla 10). Comparado con lo reportado por Elizalde (2000), los valores promedio para el lago Zempoala son de 10.9 mg/L (mínimo) a 17.9 mg/L (máximo), los valores promedio registrados semejantes están incluidos dentro de este rango para el agua del PEUBCH.



**Figura 27.** Valores promedio de cloro presente en agua del PEUBCH.

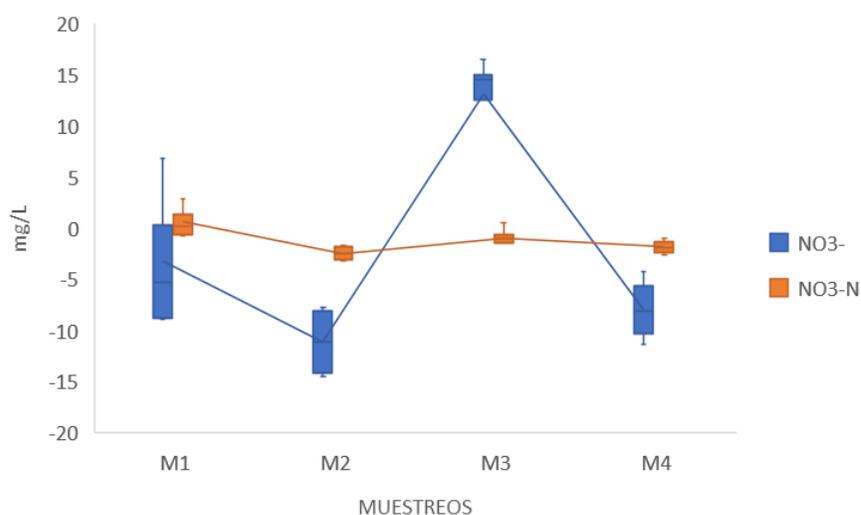
#### 9.5.2.4. Nitratos

Para Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) los muestreos uno y dos arrojaron resultado negativo con -4.93 mg/L y -11.1 mg/L; mientras que el muestreo 3 fue positivo con 13.17 mg/L; en cuanto a Nitrato de nitrógeno ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) solo el muestreo uno resultó positivo con un valor de 0.43 mg/L y los muestreos 2 y 3 arrojaron valores negativos con -2.45 y -1.03 mg/L, lo cual nos indica que sus valores se encuentran por debajo del límite permitido al registrarse valores negativos y que la cantidad de materia orgánica en descomposición es muy baja.

Montalvo (2019), encontró valores en la laguna de Colta, provincia de Chimborazo Ecuador, de 0.2 a 0.4  $\text{NO}_3$  mg/L, comparados con los resultados en este trabajo de investigación, los valores salen de los rangos reportados por este autor. González *et al.* (2006), en los manantiales

de la microcuenca Atécuaro, Morelia, Michoacán, reporta valores de 0.15 a 1.24  $\text{NO}_3$  mg/L comparados con los resultados obtenidos en este trabajo, los muestreos uno y dos y cuatro son menores mientras que el muestreo tres son superiores.

Las fuentes naturales de estos iones son las rocas ígneas, el drenaje del terreno, suelos ricos en materia orgánica y los restos de animales y plantas, son nutrientes esenciales para las plantas acuáticas y sus fluctuaciones estacionales pueden estar causadas por el crecimiento y decaimiento de sus poblaciones (Hernández, 2016).



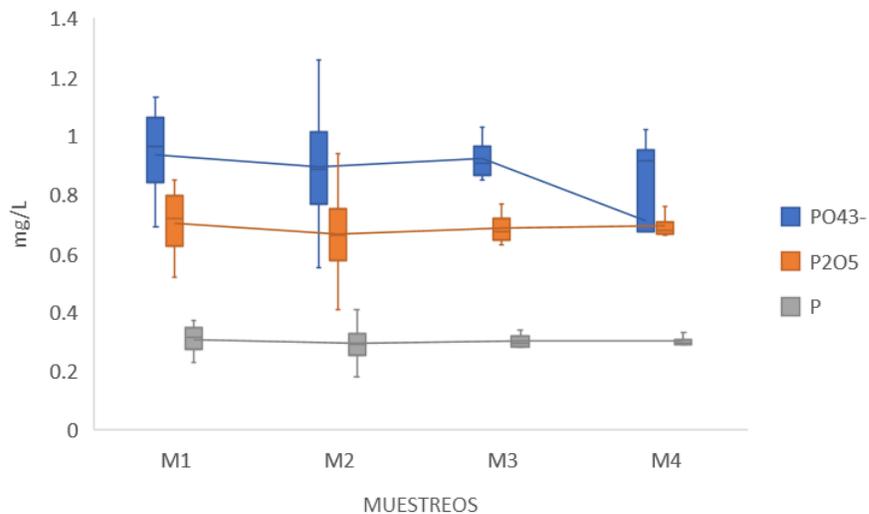
**Figura 28.** Valores promedio de Nitratos y Nitrato de nitrógeno

#### 9.5.2.5. Fósforo

Los resultados obtenidos de los derivados del fósforo se presentan en la Figura 29, respecto al fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), la mínima se presenta en el muestreo 4 con un valor de 0.83 mg/L y la máxima en el muestreo 1 con 0.94 mg/L, cabe mencionar que los muestreos 2 y 3 se mantienen un comportamiento estable. Para el caso del óxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) presenta una estabilidad similar a la del fosfato. En el caso del fósforo (P) nuevamente el muestreo 1 presenta un valor máximo de 0.31 mg/L y el muestreo 4 la mínima con 0.28 mg/L. Montalvo (2019), reporta valores mínimos de 0.25 en fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), y máximos de 0.64  $\text{PO}_4^{3-}$ , valores superiores comparados con los reportados para esta investigación, de igual manera Quiroz *et al.* (2004),

registran valores de 0.44 a 0.54 mg/L de P para en el Lago de Chapala, Jalisco, México, por su parte Sánchez (2011), reportó que en el arroyo Rio Bello un valor de 0.74 mg/L de  $\text{PO}_4^{3-}$ .

En los ecosistemas acuáticos el fosfato es indispensable para el desarrollo de las cadenas tróficas, sin embargo, su presencia excesiva puede llegar a causar eutrofización. González *et al.* (2006).



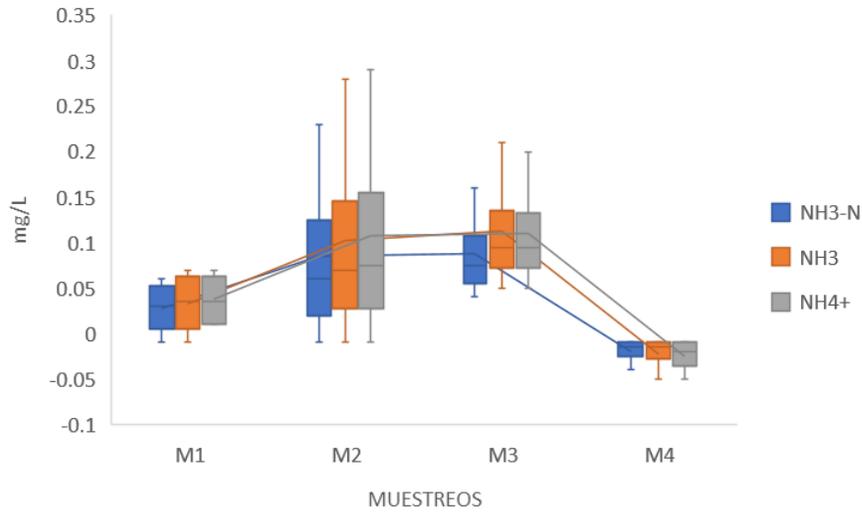
**Figura 29.** Presencia de fósforos en muestreos de agua del PEUBCH

#### 9.5.2.6. Nitrógeno amoniacal

El comportamiento del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) se presenta de la siguiente manera: el muestreo 4 obtuvo valores negativos en las concentraciones de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), el muestro 3 obtuvo los valores máximos de los tres elementos antes mencionados (Figura 30). Comparado con Quiroz *et al.* (2004), donde reportan 0.61 a 1.17 mg/L  $\text{NH}_3$  en el Lago de Chapala, los muestreos 1 y 4 son menores mientras que los muestreos 2 y 3 se encuentran en este rango.

El  $\text{N-NH}_3$  es una de las formas reducidas del nitrógeno que por oxidación puede convertirse fácilmente en nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ) la forma más usual y estable. En aguas superficiales el  $\text{N-NH}_3$

y  $\text{N-NO}_3$  - rara vez exceden de 0.1 mg/L  $\text{N-NO}_3$  - concentraciones mayores a 0.2 mg/L indica posibles condiciones de eutrofización y disminución de oxígeno (Sánchez 2011).



**Figura 30.** Resultado en promedio de nitrógeno amoniacal

## 9.6. Análisis estadístico

Para evaluar la existencia de las diferencias significativas entre la composta, los sedimentos y el agua, se llevaron a cabo las siguientes pruebas: Shapiro-Wilks, Kruskal Wallis y análisis de componentes principales; esto con el fin de estimar si una variable tiene una distribución normal o no.

La prueba de Shapiro-Wilks (Tabla 11), plantea la hipótesis nula, donde una muestra proviene de una distribución normal. Con nivel de significancia de 0.05 y una hipótesis alterna que sostiene que la distribución no es normal.

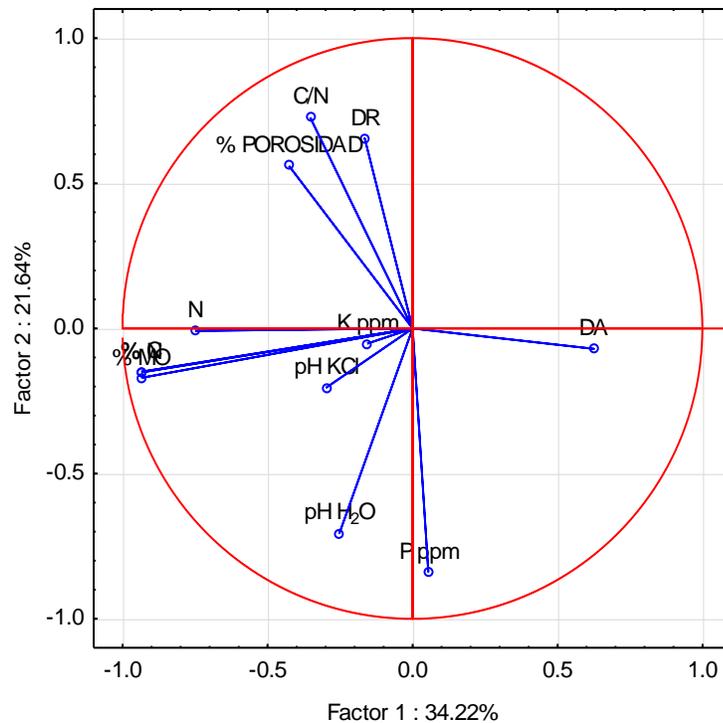
En esta prueba el pH en  $\text{H}_2\text{O}$ , el porcentaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno, el valor de probabilidad (p) es superior al nivel de significancia (0,05), mientras que el pH en KCl, relación C/N, Fosforo, potasio, densidad aparente y real, así como la porosidad el resultado es negativo, por lo que se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 11.** Prueba de Shapiro- Wilks con nivel de significancia de 0.05

Parámetro	N	Media	D.E.	W*	P(0.05)
pH H <sub>2</sub> O	16	6.60	0.26	0.91	0.2234
pH KCl	16	4.90	2.93	0.57	<0.0001
% MO	16	9.28	6.39	0.87	0.0560
% N	16	0.25	0.14	0.96	0.7943
% C	16	5.38	3.71	0.87	0.0542
C/N	16	17.41	10.42	0.58	<0.0001
P ppm	16	14.89	10.39	0.86	<0.0350
K ppm	16	147.66	94.45	0.78	<0.0005
DA	16	0.59	0.37	0.76	<0.0001
DR	16	1.58	1.00	0.79	<0.0010
% Porosidad	16	46.50	28.72	0.72	<0.0001

Fuente: Elaboración propia

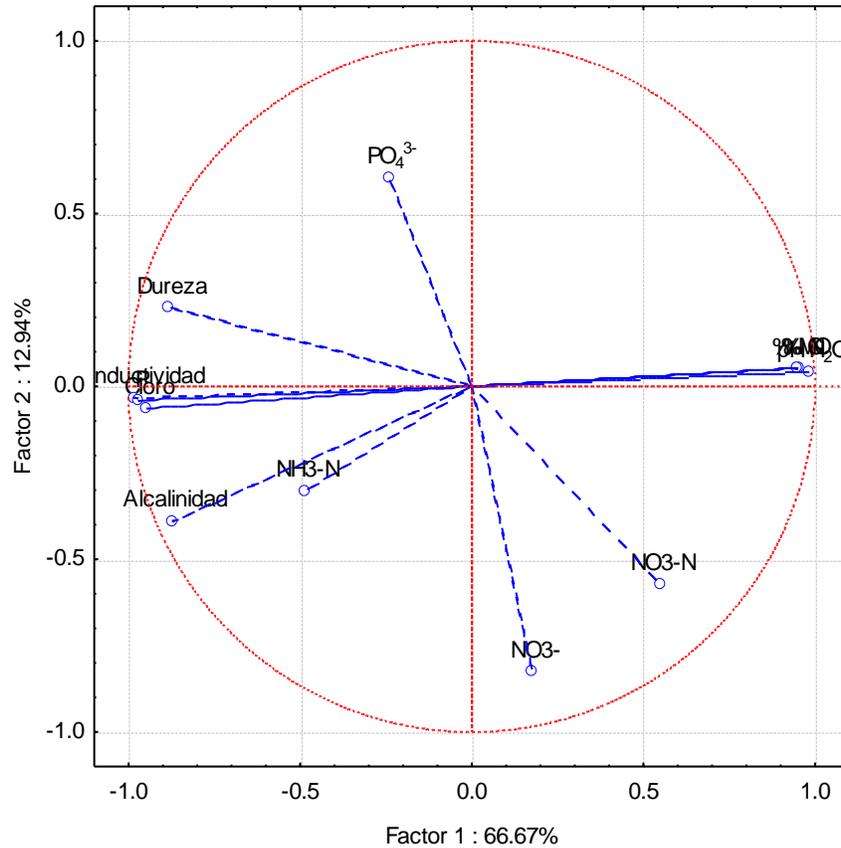
Así mismo se realizó un análisis de Componentes Principales, con la finalidad de conocer si existe una correlación significativa entre los resultados de los análisis fisicoquímicos de la composta obtenida de *Egeria densa*, del Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec (Figura 31). En los resultados presenta en Factor 1: 34.22 % y Factor 2: 21.64 con una varianza del 55.86%, en el eje superior del lado izquierdo presenta el porcentaje de porosidad, la relación carbono nitrógeno y la densidad real. En el eje inferior lado derecho con un valor alto se encuentra el fosforo y la densidad aparente y del lado izquierdo se observan los parámetros con valores más altos y mostrando una estrecha correlación entre la materia orgánica, el carbono y el nitrógeno.



**Figura 31.** Análisis de componentes principales (ACP) de los análisis fisicoquímicos de la Composta

Con relación a los sedimentos y el agua (Figura 32), los dos primeros factores representan el 79.61% de la varianza; el primero factor explica el 66.67 % y el segundo el 12.94 %, en el eje superior derecho del diagrama se muestran los parámetros de los sedimentos donde el pH en H<sub>2</sub>O y en KCl se observa una estrecha correlación con la materia orgánica, nitrógeno, carbono y la relación carbono nitrógeno, así mismo con el potasio, la densidad real y aparente, y el porcentaje de porosidad. En el mismo eje del lado izquierdo y en pH del agua tiene estrecha correlación con la temperatura, la conductividad, y los sólidos totales disueltos (TDS). Mientras que en el eje inferior del lado derecho muestra el Nitrógeno (NO<sub>3</sub>-N) y Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), del lado inferior izquierdo se encuentra el nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub><sup>-</sup>N), la alcalinidad, el oxígeno y el porcentaje de oxígeno. No existe una relación entre los parámetros de sedimento y el agua, sin embargo y de acuerdo con el Índice de la Calidad del Agua (ICA), son aguas dulces blandas aptas para abastecimiento humano. Los sedimentos son ricos en materia orgánica, carbono y nitrógeno. Díaz Vargas *et al.* (2005), mencionan que la interface sedimento-agua desempeña un papel esencial en los sistemas dulceacuícolas y se ha confirmado que la capacidad de

almacenamiento del sedimento excede entre 100 y 1 000 veces la columna de agua, por esta circunstancia, el sedimento puede servir como una fuente o almacén de componentes químicos, principalmente nutrientes; las características edáficas de sistemas acuáticos son importantes, ya que la productividad y la calidad del agua están relacionados directamente con la presencia de algunos compuestos o elementos en el sedimento.



**Figura 32.** Análisis de componentes principales (ACP) de los parámetros fisicoquímicos de sedimento y agua

## 10. CONCLUSIONES

De acuerdo con el contenido nutrimental la composta elaborada con *Egeria densa* a los 90 y 120 días cumple con lo establecido por la NADF-020-AMBT-2011 respecto al pH la clasifica en el tipo B (Agricultura ecológica y reforestación) y C (paisajes, áreas verdes urbanas y reforestación); respecto a la relación C/N la clasifica en el tipo C.

Y de acuerdo con los resultados de materia orgánica, los tratamientos de composta elaborada con *Egeria densa* a los 90 y 120 días no cumplen lo establecido por la Norma NADF-020-AMBT-2011 ya que los valores deben ser  $>20$ .

Por los resultados obtenidos de materia orgánica, se deduce que *Egeria densa* al ser una especie acuática, carece de suficiente tejido vegetal que aporte dicho material al elaborar una composta, por lo que se recomienda mezclar con algunos otros residuos vegetales para poder ser utilizada como un sustrato.

De acuerdo con las características fisicoquímicas y al Índice de la Calidad del Agua (ICA), el agua del Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec arroja que son aguas dulces blandas, aptas para abastecimiento humano deseable, buena cuenca baja adecuada para la vida de la gran mayoría de especies de peces y plantas. Por tal motivo se concluye que es ideal para el desarrollo y reproducción de *Egeria densa*.

Con relación a los sedimentos se determina que estos, cumplen con los requerimientos nutricionales (pH, M. O., C, N. P y K) en el desarrollo de *Egeria densa*.

## 11. PERSPECTIVAS

En el Estado de Morelos, existen importantes sistemas acuáticos cuyas características han permitido el desarrollo de hidrófitas, un ejemplo es el Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec, donde se encuentra *Egeria densa*, por lo que, se debe establecer un sistema de manejo y por ende se recomienda la producción de composta a partir de esta planta acuática, la cual puede ser empleada como sustrato en las áreas verdes y forestales del Parque y así cuidar la fertilidad del suelo. Por otro lado, ayuda a mantener la belleza escénica del arroyo central y principalmente los problemas de eutroficación del lago.

## 12. LITERATURA CITADA

- Almaguer García, A. E., y Báez Montes de Oca., N. R. 2016. La prevención, manejo y control de especies exóticas invasoras. *Revista Boletín Redipe*, 5(4), 103–108.
- Aguilera, H. N. 1989. *Tratado de edafología de México*. Tomo I. UNAM
- Áreas Naturales Protegidas. Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos (SDSEM). 2018. Recuperado en <http://sustentable.morelos.gob.mx/anp>
- Bahena Galindo, M. E. 2011. El uso de la gallinaza en el medio rural como mejorador de las propiedades físicas y químicas de dos unidades edáficas cultivadas con amaranto. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. P. 69.
- Barrientos Ramos L. A., y Rojas Cabrera D. E. 2020. Efecto del compost de residuos orgánicos y estiércol vacuno en suelo franco arenoso de la Asociación Vivienda La Bloquetara – Villa María del Triunfo. Tesis Profesional de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad Peruana Unión. Lima Perú.
- Barrionuevo M. E., Flores L. B., Dussi M. C. 2020. Caracterización de residuos de macrófitas acuáticas para la producción de compost. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*. Vol. 13, 1022-1031.
- Barón Arriaga C. 2014. Análisis físico-químicos de Suelos y sedimentos. *Academia Accelerating the world's research*. Escuela Nacional de Antropología e Historia. P. 27
- Beltrán Morales FA., Nieto Garibay A., Murillo Chollet JSA., Ruiz Espinosa F., Troyo Dieguez E., Alcalá Jáuregui JA. y Murillo Amdor B., 2019. Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Terra Latinoamericana* 37: 371-378
- Bonilla-Barbosa J. R. y Novelo, R. A. 1995. Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Serie cuadernos No, 26. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, México, D. F. p. 167

- Bonilla-Barbosa J. y Santamaría B. 2010. Flora del bajío y de regiones adyacentes, Fascículo 168 Familia Hydrocharitaceae. Instituto de Ecología A. C. Centro Regional del Bajío Patzcuaro, Michoacán, México. ISSN 0188-5170. P. 24
- Bonilla-Barbosa J.R. y B. Santamaría 2013. Plantas acuáticas exóticas y traslocadas invasoras en R. Mendoza y P. Koleff (coords), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, p. 223-247.
- Bonilla-Barbosa, J. 2016. Servicio de consultoría para la elaboración de análisis de riesgo detallado para especies invasoras de alto riesgo para México: riesgo de introducción de plantas de acuario a México. CONABIO [https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/Invasoras/files/comp1/1.1.4.1\\_Informe\\_y\\_analisis\\_de\\_riesgo\\_plantas\\_acuario.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/Invasoras/files/comp1/1.1.4.1_Informe_y_analisis_de_riesgo_plantas_acuario.pdf)
- Bray, R. H. y L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: p. 39-45.
- Bueno M. P., Díaz M. B., y Cabrera F. C. 2008. Factores que afectan al proceso de compostaje. En: Moreno C. J., y Moral R. H. (eds). Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona España 93-109
- Burbano-Orjuela, H. 2018. El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. Rev. Cienc. Agr. 35(1): 82-96.
- Cabrera M. E., Hernández G. L., Gómez R. H. Cañizares M. MP., 2003. Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. Revista de la Sociedad Química de México, Vol. 47, Núm. 1: 88-92.
- Cabrera, F. 2007. Materia Orgánica del suelo: Papel de las enmiendas Orgánicas. Instituto de Recursos Naturales y Agro biología de Sevilla. Recuperado: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/28751/3/Materia%20org%C3%A1nica.pdf>
- Cairo Cairo P. y Álvarez Hernández U. 2017. Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L.) Merr.) Pastos y Forrajes, Vol. 40, No. 1, 37-42, Villa Clara, Cuba

- Calva Benites LG. Torres A. R. Cruz T. JC. 2009. Carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del sistema costero lagunar Carratas-Pereyra, Chiapas. *Hidrobiología* 19(1): 33-42
- Caro Lara, I., Romero Otalora, Z., Lora Silva, R., 2009. Producción de abonos orgánicos con la utilización de Elodea (*Egeria densa*) presente en la laguna de Fúquene. *Revista U. D. C. A. Actualidad y Divulgación Científica* 12 (1): 91-100.
- Castro M., Almáida J., Ferrer J. y Díaz D., 2014. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, vol. 10, n. 17, p. 111-124.
- Cerda, C., Cruz, G., Skewes, O., Araos, A., Tapia, P., Baeriswyl, F. y Critician, P. 2017. Especies exóticas invasoras en Chile como un problema económico: valoración preliminar de impactos. *Revista del Jardín Botánico Chagual* 15 (15) 4-14
- Cepeda Dovala J. M. 2012. *Química de suelos*. Editorial Trillas. México. p. 167
- Contreras Cisneros R. M. 2016. Efecto de los residuos orgánicos biosecados en la germinación y crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) Tesis de Maestría en Ciencias en Bioprocesos. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México. México.
- Cosme-Mendoza J.L. 2013. Propuesta para el manejo sustentable de los residuos orgánicos generados en las cafeterías de la UAEM campus Norte mediante la actividad de *Eisenia foetida savigny*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. P. 45
- CONABIO 2014. Métodos de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México. *Egeria densa* Planch. p. 1849
- CONABIO 2020. <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras> 19/03/2020
- De la Mora Orozco C., Flores G., Germán J., Ruiz J., y García J. 2004. Modelaje estocástico de la variabilidad espacial de la calidad de agua en un ecosistema lacustre. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20 (3), 0. ISSN: 0188-4999. P. 11

- Defrieri R. L., Jiménez D., Effron y Palma M., 2005. Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *Agriscientia* Vol. XXII (1): 25-31 Buenos Aires Argentina.
- Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M. G., González I., Tablada M., Robledo C. W. 2020. Info Stat versión 2012. Users manual. InfoStat Group. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Díaz Vargas M., Elizalde Arriaga E., Quiroz Castelán H., García Rodríguez J. y Molina Estudillo I. 2005. Caracterización de algunos parámetros físico químico del agua y sedimentos del lago Zempoala, Morelos, México. *Acta Universitaria*. Vol. 15 No. 2 57-65.
- Domínguez, R. I. y Aguilera, H. N. 1982. Metodología de análisis físico-químicos de Suelos. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Autónoma de México. México, D. F. p. 34
- Douds D. D., Galvez L. M., Franke Snyder L. Drinkwater E. 1997. Effect of compost addition and crop rotation point upon VAM fungi. *Agriculture, Ecosystems y Environment*. Vol. 65 (3). 257-266
- Elizalde A. E. 2000. Caracterización y análisis de algunos parámetros físicos y químicos del agua y sedimento del lago Zempoala, Morelos, México, en un ciclo anual (1997-98). Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. P. 50
- Fernández E. R., Trapero A., Domínguez J. 2010. Experimentación en agricultura. Junta de Andalucía. Consejería de agricultura y pesca. Sevilla. P. 350
- Fuentes H. MV. 2000. Nitrógeno, fosforo y cociente C/N en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical Supl.* 1:261-268,
- García Céspedes DI., Lima Cazorla L. A., Ruiz Gutiérrez L. y Calderón Peñalver P.A. 2014. Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de fincas. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*. Cuba P. 11.

- García Navarro J. Bautista Vargas ME. Pérez Bravo S. Carrillo Loera MA. 2016. Determinación de la materia orgánica en sedimentos de lagunas costeras para la factibilidad del suelo de una celda de combustible microbiana para generación de energía sustentable. Revista de Energía Química y Física Vol. 3 No. 7 15-26
- García, L. A.; Quinke, A. 2012. El Potasio (K) en la Producción de Cultivos de Invierno. Serie Actividad de Difusión No. 677. INIA. Argentina. P. 9-14
- Goijberg R., G. y A. Aguilar S. 198. pH del suelo y necesidades de cal. SMCS Publicación No. 1. México, D.F.
- González, C. J. C., Cabrera, G. A. y Ayala, G. J, M. 2006. Flujo, calidad de agua y uso potencial de los manantiales de la microcuenca Atécuaro, Morelia, Michoacán, México. Biológicas 8:31-46
- González, F.L., Contreras, M.E.T. 2020. Áreas Naturales Protegidas. En: Cruz, A.A., Nájera, C.K.C., López, H.D., Melgarejo, E.D., González, F.L., Maldonado, K.C., Flores, C.M.E., Fuentes, V.L. (Coords.). La biodiversidad en Morelos, Estudio de Estado 2, volumen III. México: CONABIO. P. 255-279.
- Goyenola G. 2007 Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Oxígeno Disuelto Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos RED MAPSA
- Harrison, I., y Stiassny, M. 1999. The quiet crisis: a preliminary listing of the freshwater fishes of the world that are extinct or ‘missing in action, en MacPhee R (eds.), Extinctions in near time. Causes, contexts and consequences, Kluwer Academic/ Plenum Publisher, Nueva York, 271-331
- Heredia Rodríguez, C. 2017. Producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) con diferentes dietas y su efecto en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.) y Espinaca (*Spinacia oleracea*). Tesis de profesional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. P. 45
- Hernández García M. 2016. Evaluación de la calidad del agua, sedimentos y su efecto en la presencia de la salamandra de montaña (*Ambystoma ordinarium*) en arroyos ubicados en los

- municipios de Charo, Hidalgo y Morelia Michoacán. Tesis de grado de maestría en ciencias en ingeniería ambiental. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. P. 94.
- Jackson, M.L. 1982. Análisis químico del suelo. Editorial Omega. Barcelona, España. P. 662
- Kjeldahl, J. 1883. Investigación de suelos, métodos de laboratorio y procedimiento para recoger muestras. Trillas. México, D. F. p. 45
- Lonsdale W. M. 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology, Ecological society of America* 80 (5) 1475-1787
- López Jiménez M. A., Monks S., Serrano A., Pulido Flores G., Gaytán Oyarzun JC., López Ortega M. 2012. Dinámica de las variables fisicoquímicas del sedimento de la laguna de Tampamacho, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (4): 965-972.
- Lozada-Alvarado, E. 2009. Estudio para el manejo racional de lechuguines (*Eichhornia crassipes*) en el embalse de poza honda y repercusión agro socioeconómica en su área de influencia. Tesis de Maestría. Centro de Estudios de Postgrado, Investigación Relaciones y Cooperación Internacional. Universidad Laica de Eloy Alfaro. Manabí, Ecuador.
- Lozano P. Z., Hernández H. RM., Delgado M., Rivero, C., Bravo, C. 2012. Disponibilidad de fósforo en un suelo de las sabanas bien drenadas venezolanas, bajo diferentes coberturas y tipos de fertilización. *Interciencia*, 37(11): 820-827
- Macedo-Abarca B. 2005. Diseño de un plan de manejo ambiental integral para la preparatoria No 2 dependiente de la Universidad del Estado de Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. p. 79
- March, I. y Martínez-Jiménez, M. 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. p. 73.
- Martínez V. E., López M. y Felipe. 2001. Efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso. *Terra Latinoamericana*, 19(1): 9-17.
- Martínez-Jiménez, M. 2014. Control biológico de plantas acuáticas exóticas invasoras, en R. Mendoza y P. Koleff (eds.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 249-255

- Melendrez Moreto N. A., y Sánchez Delgado J. 2019. Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Cacatachi. Tesis profesional en Ingeniería Ambiental. Universidad Peruana Unión. Taratopo, Perú. P. 90
- Miranda G. L., 2019. Propagación de *Sagittaria macrophylla* zucc. (Alismataceae) planta acuática en peligro de extinción, con abonos orgánicos elaborados a base de lirio acuático. Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Naturales. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma de Estado de Morelos. P. 53
- Montalvo Alvarado P. J. 2019. Evaluación limnológica de la laguna de Colta, Provincia de Chimborazo, Ecuador. Tesis de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleo y Ambiental. Universidad Central del Ecuador. P. 74
- Montalvo J. F. 2006. Caracterización química de los sedimentos superficiales de las bahías de Cárdenas y Santa Clara, Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. Serie Oceanológica, (2). p. 23-33
- Monteiro, A. 2012. Guía de control de bioinvasoras vegetales en ríos de la Península Ibérica. Sudoe. Lisboa Portugal. P. 118
- Morales-Ortiz M. 2003. Elaboración de compost, modificando la relación Carbono/Nitrógeno en la planta acuática (*Eichornia Crassipes*) por acción microbiana del fluido ruminal. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias.
- Munsell. 1992. Munsell Soil Color Charts. Munsell U. S. A. Color Co.
- NMX-AA-180-SCFI-2018 Norma Oficial Mexicana, que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales.
- Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-020-ambt-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el distrito federal.

- Norma Mexicana NMX-AA-112-SCFI-2017. Análisis de Agua y Sedimentos Evaluación de Toxicidad Aguda con *Vibrio fischeri* - Método de Prueba (Cancela a la NMX-AA-112-1995-SCFI).
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- Norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización"
- Norma Oficial Mexicana NMX- FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (Lombricomposta) Especificaciones y métodos de prueba.
- Plaster E., 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Madrid: Thomson Editores, p. 248
- Programa de Manejo del Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec (PMPEUBCH). Periódico Oficial Tierra y Libertad. (2016). Recuperado en: [http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/acuerdos\\_estatales/pdf/AMANEJOBARRANCA.pdf](http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/acuerdos_estatales/pdf/AMANEJOBARRANCA.pdf). Consultado en abril de 2021
- Quiroz C. H., Mora Z. L. M., Molina I., García R. J. 2004. Variación de los Organismos Fitoplanctónicos y la Calidad del Agua en el Lago de Chapala, Jalisco, México. Acta Universitaria, 14 (1) 47-58.
- Ramírez Guerrero R. 2022. Gestión de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en la Municipalidad delegada de Nuevo Mocupe del distrito de Lagunas. Tesis de Maestría en gestión pública. Escuela de posgrado. Universidad César Vallejo. Chiclayo, Perú. P. 81
- Rendón - García B. 2019. Modelo de evaluación de riesgo para hidrófilas invasoras en México: estudio de caso, Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Naturales, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. P. 151.

- Restrepo L., Posada S, Noguera R. 2012. Aplicación del análisis por componentes principales en la evaluación de tres variedades de pasto. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* vol. 25 Medellín pp. 258–266.
- Reyes EA. y Pérez E. (2019). Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las excretas de ganado, caballo, cerdo y gallinaza para la generación de biogás. *Revista científica de FAREM-Estelí, Medio ambiente, tecnología y desarrollo*. Año 8/No 31. ISSN: 2305-5790. p. 87-108.
- Rimac, A., Stanković, A., Alegro, A., Gottstein, S., Koletić, N. y Vuković, N. 2018. The Brazilian elodea (*Egeria densa* Planch.) invasion reaches Southeast Europe. *BioInvasions Record*. 7 (4): 381- 389
- Sánchez, S. H. U. 2011. Calidad del agua y contexto social como base para la planeación y gestión en cuencas periurbanas. El caso del río Chiquito, Morelia, Michoacán. Tesis de Maestría. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. P. 286.
- Santamaría – Araúz B. 2016. Manejo de *Eichhornia crassipes* (C. Mart.) Solms (Pontederiaceae), especie acuática invasora para la elaboración de abono orgánico. Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Naturales. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. P. 83
- Simberloff, D., Martin, J. L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., Pyšek, P., Courchamp, F., Galil, B., García-Berthou, E., Pascal, M., Petr, Sousa, R., Tabacchi, E. y Vilà, M. 2013. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in ecology y evolution*. 28(1): 58-66
- Talavera, S. y Gallego, M. J. 2010. *Egeria* Planch. En; Talavera, S., Gallego, M. J., Romero-Zarco, M. y Herrero, A. (Eds.). *Flora Ibérica*. Butomaceae, Juncaceae. Real Jardín Botánico-CSIC. Madrid. 17: 34-36
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). 2014. Especies invasoras Disponible en:

[https://iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/med/programa\\_uicn\\_med/especies/especies\\_invasoras/](https://iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/med/programa_uicn_med/especies/especies_invasoras/)

Vilà, M., Bacher, S., Hulme, P., Kenis, M., Kobelt, M., Nentwig, W., Sol, D., y Solarz, W. 2006. Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en Europa. *Ecosistemas*, 15(2).

Vitousek C. M., Peter M., Lloyd L. DA., Loope R., Westbrooks. 1996. Biological Invasions as Global Environmental Change. Our mobile society is redistributing the species on the earth at a pace that challenges ecosystems I threatens human health and strains economies. *American Scientist*, Vol. 84: 468-478

Cuernavaca, Mor., a 24 de octubre de 2022

**DR. RUBÉN CASTRO FRANCO  
COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES  
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado:

**“MANEJO DE *Egeria densa* MEDIANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN EL PARQUE ESTATAL URBANO BARRANCA DE CHAPULTEPEC”**, que presenta el alumno **JOSÉ LUIS COSME MENDOZA**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente  
**Por una humanidad culta**  
*Una universidad de excelencia*

**DR. ALEJANDRO GARCÍA FLORES  
PROFESOR-INVESTIGADOR DEL CENTRO DE  
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

C.c.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**ALEJANDRO GARCIA FLORES** | Fecha:2022-12-01 17:03:41 | Firmante

DFzlyNUIIDkLNSO+6qbbTlwWGPLDn7tRoZrl5oQAQN0L1QROYOxXVmagPJkaPjhg0dqwP0dQsgmXIRvd9NsO8PkjyuiDy2OiUCxacXBH4IRqKfgwmFOCeUqLPTculb6tv/Jl2hHJYhFgkqVrRsKzCkbpFHHTsU7+MPUty+wMFI4yzEGvi9SKWqbK37w0Qj1D1q1EgAXA3aNcEyVYzU/GSr2Abib+VilRsmCtjHdTDOHKm3tpmEFTyoEdXNd8MNHq197FJP4PvqPT7SFBnpNJQQMCYS4gyXt8gvqC7rC/LILmPv3259WU85rwo5Qlnqx61W4v8J3Am9cA0J22LLw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[Vldjk1U9h](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/MIm2NH3myu89FJFCZgqaN93yARvPc3ig>



Cuernavaca, Mor., a 24 de octubre de 2022

**DR. RUBÉN CASTRO FRANCO  
COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES  
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado:

**“MANEJO DE *Egeria densa* MEDIANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN EL PARQUE ESTATAL URBANO BARRANCA DE CHAPULTEPEC”**, que presenta el alumno **JOSÉ LUIS COSME MENDOZA**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente  
**Por una humanidad culta**  
*Una universidad de excelencia*

**M. EN C. MARÍA EUGENIA BAHENA GALINDO  
PROFESORA-INVESTIGADORA DEL CENTRO DE  
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

C.c.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARIA EUGENIA BAHENA GALINDO | Fecha:2022-11-23 21:52:55 | Firmante**

prL1J6WtafKimrBloufuKiL3lpd/9YtBY30lIKT46s3svfjMXySB3z2wo1fBW47uBO9A4SDCfU2OUQFLuu69aUqXsg7D5atKxvHeY2NijOyJ9tA/nx+V9Fg0w9ekEcsREK7DwbEwfmm8nfSka4X7HylNz5CoVP8Nu7fDUxW7XaZUO7mSxqC1N28Y1NHfimmvvyOTiukbcROdoFRbPSYDbTnJJ2KQ7Tb880jeSYgyHqRlyMdMgMrhzQf6uEGe5Tq2BFE3/HXBZ9I+e/G2Qg4gA7W7EU4JVNM0ooipPAhzK2xv1V2yT6nKEnclyOyD4sUfs3l+vsbeKMj+lklFZKh+q1cg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**K0qZLxAf6**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/pFEoLH4AYVkvjHyWuwlpGcNqc8drPQDS>



Cuernavaca, Mor., a 24 de octubre de 2022

**DR. RUBÉN CASTRO FRANCO  
COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES  
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado:

**“MANEJO DE *Egeria densa* MEDIANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN EL PARQUE ESTATAL URBANO BARRANCA DE CHAPULTEPEC”**, que presenta el alumno **JOSÉ LUIS COSME MENDOZA**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente  
**Por una humanidad culta**  
*Una universidad de excelencia*

**M. EN C. JORGE ALBERTO VIANA LASES  
PROFESOR - INVESTIGADOR DEL  
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

C.c.p. Archivo

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,  
Tel. (777) 329 70 29, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**JORGE ALBERTO VIANA LASES | Fecha:2022-11-23 14:56:43 | Firmante**

VbwyzZ0MM2McrdW/Z+PUPNLH0wrrhk2WaHL5TtszDJfkWMUGrKuf/txjU1MLiSOhMIRwb9buvie3994kLpYVgsqXQ/hOm4frnbEfffUusjdgbp1CYA/NJf06IPBp6og0rF/n2Yj3vO/oz  
mdtEcnU/Ew71bRMrLwaNmc1T5hFdR1LOAUPYJ5X77WLRWBEhu9Zqt6Z1wUSDPVObHrpufuZUGHwV3GuBpLGONiU8fjptU6CVK6YCcs3qstDEfwoAZNCi8OShA5Fou94UQG  
/nR/8q4clYmsQnkeYxXCjtAwViK7Wx+Jv8qNNiHs/b7ILMwQh3aHvgOope0WUIXt3K3+7Lw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



08qYT4rNC

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/8v6O5mrKaRkXMhIvB74rr8PKLGnyb7Xi>



Cuernavaca, Mor., a 24 de octubre de 2022

**DR. RUBÉN CASTRO FRANCO  
COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES  
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado:

**“MANEJO DE *Egeria densa* MEDIANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN EL PARQUE ESTATAL URBANO BARRANCA DE CHAPULTEPEC”**, que presenta el alumno **JOSÉ LUIS COSME MENDOZA**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente  
**Por una humanidad culta**  
*Una universidad de excelencia*

**DRA. ERIKA ROMÁN MONTES DE OCA  
PROFESORA INVESTIGADORA DE LA UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

C.c.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**ERIKA ROMAN MONTES DE OCA | Fecha:2022-11-29 12:06:53 | Firmante**

e0MMhf7Wlx3u1nLSIEN+/imuqH2rAo3HtbHYRxBHha9e76ha8GNRZj5K230u471LVBorhIHHhofSQHammQIJKnVN7KKeNxlfxdlcd9WaYcZGz/QHQsZq41WJ1w6HJdHZ  
WXCWWpop0VDp7jkDUKV84kVBex2aN6DwDgvaed5xo1jEpXb1psENIIIFRAaWh6sv+5MmNZfe9PD59VNr3Shtq71mns4pbtQqk0qz6uTDJYm1yZbdUkX6pST4EyJKuop09rtzL  
UuMAcneGD2ygC1UGhDcbYf9ubwbsK/4GMRmsiLn/VYUsbcsAu6ybTa+NqKZrCdpFptPQ+bRjx+lg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**MIOW6PDBG**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/xUs9FblapTjosQajJioVPFvun3SyRaVC>



Cuernavaca, Mor., a 24 de octubre de 2022

**DR. RUBÉN CASTRO FRANCO  
COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES  
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado:

**“MANEJO DE *Egeria densa* MEDIANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN EL PARQUE ESTATAL URBANO BARRANCA DE CHAPULTEPEC”**, que presenta el alumno **JOSÉ LUIS COSME MENDOZA**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente  
**Por una humanidad culta**  
*Una universidad de excelencia*

**M. EN C. MIGDALIA DÍAZ VARGAS  
PROFESORA - INVESTIGADORA DEL CENTRO DE  
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

C.c.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MIGDALIA DIAZ VARGAS** | Fecha:2022-11-29 21:40:07 | Firmante

loBNi4W4hv9M2lB47MIYeWCQVAFwUQkp/uRSgLqsOK77qZluQ1NM808tqr016EPQlf9HMvuip+elVXdnKEs163z8B4tQtpxJtpru8ZHYCaLiL5XbUd/4KUFUhgCfOVuOtd+Nm5mpoDs+gdQt+DL78T6b6VfexK3an9aJy8FvUP3zZPsnSJwDhw+W7Ps8BzrdJ18gtlF7bOZF+stzAoomQuOKF+pYmRcGue0iZ6/or6ur5J8B52CxKYDwHvDCtl31Xyed80sdGfqlNPjBDB6Z/Axew4GBloRqPUo7xlzWk9O8Ouo/FOY0zm0XoOxn4u7asiSQEF2XTMxOl2f8ng==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[AH0MmXWC2](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/L2ddmbeW7FKj9D9AxpPJoJnzS7H6VikW>



Cuernavaca, Mor., a 24 de octubre de 2022

**DR. RUBÉN CASTRO FRANCO  
COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES  
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado:

**“MANEJO DE *Egeria densa* MEDIANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN EL PARQUE ESTATAL URBANO BARRANCA DE CHAPULTEPEC”**, que presenta el alumno **JOSÉ LUIS COSME MENDOZA**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente  
**Por una humanidad culta**  
*Una universidad de excelencia*

**M. en M.R.N. YAKIN ACOSTA GARCÍA  
CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

C.c.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**YAKIN ACOSTA GARCIA** | Fecha:2022-11-28 10:44:52 | Firmante

kaV+MZ/g1dPDS3wQQ0W5YQhEDBktPncwjMbjM4VxpZUdT3Uv/1X4848AFB3XYQ93/CtPxiZtW5Hfcl/D8Juc+qI82ZiM4sWsZMkZj88K4ZyR5Qawf6JA2VvzYhRiMaSFq6Cug3Cncf4X5QZ1GshOIRHch4J9tgwKnTd+Z5kz7FmVFFEH/XfXe0Q1TPAUmWfPeR4kqrlv5fZYC0gWZfoZgr1jPRLpPdOmVH5IRIHwfBQ2N6nB8QwH3h6IVOLhaBO0TmxY4eBnJMx8m3SW+kKjUWUWm642aKM3R1NeIMCF8VZ8kirS68pmeTHp660VTvGfYITm/3RDXHtsoPfx+Crg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[qQLU3Mh9j](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/HQKYB6cwAelPelnpufsxLE0vhfRaDVS>

