



Universidad Veracruzana

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS**  
*Licenciatura en ingeniería ambiental*



**Región Orizaba Cordoba**

**“Escenarios reales de aprendizaje basados en el manejo sustentable de áreas verdes como respuesta de mitigación al Cambio climático”**

**Realizado por:**

- Dr. Eric Houbron, (No Personal: \_\_\_\_\_
- Dra. Elena Rustrián Portilla, (No Personal:
- Dr. Michel de la Cruz Canul Chan, (No Personal:
- Mtra. Abril Rodriguez Guzmán, (No Personal: 5
- Mtra. Lidia Elena Chiñas rojas, (No Personal: 3

**Fecha de Elaboración:** Mayo 2019

**Fecha de Conclusión:** Marzo 2021

**Lugar de aplicación del PEI:**

- Centro Universitario para las Artes Ciencias y Cultura (CUACC) Córdoba.



# INDICE

## Tabla de contenido

<b>INDICE .....</b>	<b>2</b>
<b>DATOS DE LAS EXPERIENCIAS EDUCATIVAS IMPLICADAS .....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>DESARROLLO.....</b>	<b>6</b>
Introducción .....	6
Justificación .....	7
Definición de las intenciones y alcance.....	7
Descripcion de la inovacion educativa .....	9
Medios y Recursos para la implementacion .....	9
<b>Resultados y conclusiones.....</b>	<b>10</b>
<b>propuesta de mejora.....</b>	<b>44</b>
<b>fuentes de información .....</b>	<b>45</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>49</b>

## **DATOS DE LAS EXPERIENCIAS EDUCATIVAS IMPLICADAS**

Las Experiencias Educativas impactadas a través de este proyecto se describen a continuación.

- Experiencia Recepcional
- Servicios sociales
- Contaminación de agua
- Gestión de Residuos Sólidos
- Balance de materia y energía,
- Recursos naturales

**No de la EE:** Experiencia Recepcional

**Academia:** Academia de ciencias sociales, humanidades y administración

**Area:** AFT

**Unidad de Competencia:** El estudiante elabora un trabajo por escrito, sobre temas relacionados con la realidad social, recuperando los saberes de su formación en su trayectoria académica, los principios del modelo educativo integral y flexible de manera individual o en equipo, con responsabilidad y compromiso.

**Carácter:** Oligatorio

**No de la EE:** Servicio Social

**Academia:** Academia de ciencias sociales, humanidades y administración

**Area:** AFT – AFD – AFID

**Unidad de Competencia:** Con esta experiencia educativa de Servicio Social, el estudiante con actitudes de respeto, colaboración, confiabilidad, compromiso y responsabilidad, deberá emplearse para aplicar los conocimientos teóricos y las habilidades desarrolladas en su formación profesional que le permitan vincular sus competencias profesionales adquiridas hasta este nivel y reforzarlas con la retroalimentación que obtendrá del trabajo desarrollado en esta Experiencia Educativa al enfrentarse con situaciones reales para atender las necesidades de los diferentes sectores que conforman nuestra sociedad.

Deberá aplicar sus conocimientos de planeación, del Área Básica General, del Área de Formación Básica en la Disciplina, de Iniciación a la Disciplina y de Formación Disciplinar ubicándolas en el contexto en el que desarrolla la experiencia educativa. En cuanto a las habilidades, es necesario que el alumno aplique técnicas de trabajo en equipo, socialización, comunicación efectiva, observación, evaluación, etc...

**Carácter:** Oligatorio

**No de la EE:** Contaminación de agua

**Academia:** Ingeniería Aplicada

**Area:** AFD

**Unidad de Competencia:** El estudiante a partir de la investigación y comprensión de los conceptos fundamentales sobre la contaminación del agua; características físicas, químicas y biológicas del agua

natural y residual y de la realización de técnicas analíticas del agua será capaz de realizar la caracterización de aguas naturales, residuales, determinar índice de calidad y emplear software en forma individual y en grupo con respeto, compromiso y responsabilidad, en grupo, explican los resultados de los conceptos analizados, las acciones recíprocas y las relaciones que deben considerar para tomar decisiones futuras que servirán de apoyo para la comprensión, análisis y solución a situaciones y/o problemas de contaminación del agua resultado de las actividades antropogénicas e industriales en la gestión de las aguas residuales.

**Carácter:** Oligatorio

**No de la EE:** Gestión de residuos sólidos urbanos y especiales

**Academia:** de ingeniería aplicada

**Area:** AFT

**Unidad de Competencia:** El estudiante aplica adecuadamente los conocimientos adquiridos a los residuos sólidos en función de su clasificación, características, almacenamiento, transporte, tratamiento y sitios de confinamiento, mediante una actitud de respeto, responsabilidad, criticidad u colaboración.

**Carácter:** Oligatorio

**No de la EE:** Balance de materia y energía

**Academia:**

Ciencias de la Ingeniería

**Area:** AFD

**Unidad de Competencia:** Mediante esta experiencia educativa se pretende que el alumno desarrolle la habilidad para formular y resolver problemas de Balances de Materia y Energía, apoyado con el uso de las computadoras personales y software especializado.

**Carácter:** Oligatorio

**No de la EE:** Biología y Recursos Naturales

**Academia:** Ciencias Básicas

**Area:** AFID

**Unidad de Competencia:** Bajo un enfoque integral y flexible, y con responsabilidad y compromiso social el estudiante adquiere los conocimientos de la biología y los aplica en la conservación del ambiente y el manejo de los recursos naturales, a través de una actitud crítica y creativa en grupos de trabajo inter y multidisciplinarios durante su formación y ejercicio profesional.

**Carácter:** Oligatorio

## **RESUMEN**

Este proyecto consiste en adoptar los espacios Verdes del Centro Universitario para las artes ciencias y cultura (CUACC) ubicado en Córdoba como una aula verde o aula abierta para desarrollar proyectos de investigación objeto de tesis para los alumnos de ingeniería ambiental de la FCQ Orizaba principalmente.

El CUACC cuenta con mas de 10 ha de área verde que se reparten en 7 ha de zona arqueológica y 3 Ha de Espacio académico de la UV y una Planta de tratamiento de Aguas residuales (renovada y transformada en herramienta didáctica).

Por lo tanto, este espacio privilegiado nos ofrece la oportunidad de desarrollar temas de servicios sociales y de experiencia recepcional, y en cada uno de estos proyectos, podemos asociar algunas actividades que permite la interrelación con otras Experiencia educativas del Plan de Estudio. La visión central del proyecto es el manejo sustentable de las áreas verdes y el desarrollo de proyectos que impactan en la mitigación al cambio Climático basándonos en una mejor comprensión de los ciclos biogeoquímicos del Agua y del carbono.

En el periodo, tres estudiantes desarrollaron y validaron su Servicio social, la experiencia Recepcional y hoy todos laboran con un primer empleo relacionado a su área de expertiz.

Los temas desarrollados en SS y ER son los siguientes:

- Gestión sustentable en base al ciclo del carbono de campus CUACC Córdoba; Gerardo Zavala Cruz.
- Manejo Sustentable de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Centro Universitario de las Artes, Ciencia y Cultura-Córdoba, Melissa Galia Eligio Martínez.
- adecuación de un biodigestor comercial para el tratamiento combinado de los residuos urbanos sólidos y líquidos en zonas rurales; Sara González Santamaría

Los Servicios Sociales iniciados en Enero del 2021son los siguientes:

- Manejo del centro de compostaje como herramienta de recarboxilización de suelos y educación ambiental, Juan Luis Santos Castillo
- Implementación de un centro de germinación y desarrollo de arboles como insumo de programa de reforestación. Adrián Espinosa Mirón.
- Estrategias de mitigación a la desertificación de suelo; Santamaria Islas Jesus Alfonso

Estos 3 nuevos servicios sociales tras cursar las EE de Residuos Solidos y Recursos Naturales se incorporaron a este PEI en el CUACC, y aprovecharan para definir temas de investigación para acreditar ER al final del 2021.

Mediante su servicio social y su experiencia Recepcional, el estudiante puede valorizar los aprendizajes de diversas EE como las de contaminación de Agua, Residuos Solidos, Balance de materia y Recursos naturales entre otro. A partir de este proyecto, el estudiante esta confrontado a la problemática real del Cambio

climático. Estas EE le dan oportunidad para identificar diversos problemas reales, plantear y desarrollar soluciones en un Campus real patrimonio de la universidad, respetando el eje transversal de sustentabilidad de nuestra casa de estudio, reforzando así las necesidades profesionales para poder alcanzar los retos planteados por los ODS 2030.

## **DESARROLLO**

### **Introducción**

La visión del plan Maestro para la Sustentabilidad de la nuestra casa de estudio posiciona la UV como una una Institución de Educación Superior que contribuye a crear una sociedad sustentable. Así, La Universidad adquiere un significado especialmente relevante en el proceso de creación de nuevos valores y recursos humanos altamente calificados capaces de resolver los retos plasmados entre otro el los ODS 2030. Algunas de las líneas de trabajo propuestas en el SUMA ( Sistema Universitario de Manejo Ambiental) son el cuidado del agua, el manejo de Residuos solidos, y la gestión de espacios universitarios.

La carrera de ingeniería ambiental de la FCQ Orizaba proyecta el Ingeniero Ambiental como generador de soluciones a la problemática ambiental, es un profesional que requiere de una preparación integral en el ámbito intelectual, humano y social, con sentido crítico y creativo que propicie el desarrollo sustentable, que combine la conservación de la biodiversidad y el uso racional de la naturaleza, en vías de atender la problemática de los sectores industrial, turismo, municipal, agropecuario, forestal, empresas de servicios y hospitales, lo cual permitirá satisfacer las necesidades que demanda actualmente la sociedad, encaminadas a elevar la calidad de vida.

Mediante el plan de estudio del Ingeniero Ambiental se define como perfil de egreso los criterios siguientes:

- Capacidad para resolver problemas relacionados con las ciencias básicas (matemáticas, física, química y biología).
- Capacidad crítica para el estudio de los fenómenos naturales que regulan el equilibrio del ambiente, identificando los problemas del entorno.
- Habilidad para relacionarse en grupos inter y multidisciplinarios con la finalidad de realizar trabajo en equipo.
- Disposición e interés para el estudio de los problemas ambientales que las actividades antropogénicas producen sobre el planeta, con el fin de mejorar la calidad de vida.
- Responsabilidad, compromiso y honestidad en la protección del ambiente.

Sin embargo, la facultad de ciencias Químicas de Orizaba no cuenta con suficientes laboratorios equipados para los talleres y practicas de los estudiantes y esta observación aparece en cada informe de visita de los organismos acreditadores como el CACEI.

Tomando en cuenta lo antes expuesto, la combinación de los criterios institucional de sustentabilidad, la necesidad de laboratorios de la FCQ y el perfil de egreso de

los ingenieros ambiental, El CUACC en Córdoba aparece como una oportunidad de aula Abierta, para confrontar nuestros estudiantes a problemáticas reales tales como el mantenimiento sustentables de las áreas verdes (10 ha), el tratamiento de las aguas residuales generadas en el campus, y la gestión de los residuos generados y darles la oportunidad de desarrollar proyectos innovadores y creativos, ofreciéndoles una experiencia comprobable antes de ir a enfrentar el mundo laboral.

### **Justificación**

Al utilizar el contexto del CUACC, se puede desarrollar un sin numero de proyectos ambientales mediante servicios sociales y experiencias recepcionales, asi permitiendo a nuestros alumnos aportar ejemplos concretos y exitosos para dinamizar las EE realcionadas.

Asi, sin gastos de operación complementarios, se puede ofrecer nuevos espacios educativos para la formacion integral del estudiante.

### **Definición de las intenciones y alcance**

A traves este PEI, se han desarrollado varios espacios educativos como se resume a continuacion:

- Espacio de captación de energia solar y produccion de biomasa Vegetal y animal en los 7 ha de la zona arqueologica. Basandonos en el ciclo del Carbono, mediante la fotosintesis las 7 ha captan dióxido de carbono atmosferico el cual es un gas a efeto invernadero (GEI) participando activamente en el Calentamiento Global y el Cambio climatico. Mediante esta unidad se desplaza el carbono de la atmosfera hacia la superficie de la tierra. El ejercicio de mitigacion consiste en aumentar el tiempo de permanencia de este carbono a la superficie de la tierra. Cuando uno considera el crecimiento del Pasto como una maleza que implica elevados gastos de mantenimiento, podemos a traves de una vision sustentable ver lo como la oportunidad de fijar carbono a la superficie de la tierra sobre un periodo corto. Sin mebargo si prolongamos desde el punto de vista de cadena troficas esta etapa, al incorporar 60 borregos para alimentarse de este pasto, ofrece aumentar la permanencia del carbono a la superficie de la tierra. Este proyecto no es de produccion carnicolas intensivas, sino mas bien considerar el animal como una podadora natural que durante varios años nos va a partimir transformar la biomasa vegetal en biomasa animal y en estiercol, aumentando drasticamente el tiempo de residencia del carbono en fase solida, y permitiendo tener un impacto positivo sobre el cambio climatico. Todas estas nociones se abordan en la EE de biologia y recursos Naturales y Balances de masa y de energia.
- Con la intension de aumentar todavia mas la permanencia del C a la superficie de la tierra, se han desarrollado un centro de composteo, una

unidad de germinación de semillas de árboles, un mini cafetal, y un huerto biointensivo

- En el centro de compostaje se procesan los estiercoles generados por los 60 borregos mediante pilas de 250 a 500 kg. En esta unidad de compostaje el estudiante adquiere competencias reales de manejo de materia orgánica mediante una tecnología sustentable poca exigente en energía y que permite generar un producto valorizable económicamente, un producto que permite además estabilizar el carbono orgánico e incrementar su permanencia en el suelo, participar activamente a la recarboxilización de los suelos del CUACC, e incrementar su capacidad de sumidero de Carbono. Por otro lado, esta unidad demostrativa permitió ofrecer talleres de composta tanto a los estudiantes de la EE de Residuos sólidos que a integrantes de la sociedad civil a través de los sábados con la naturaleza por ejemplo, donde el alumno aplica y transfiere las competencias adquiridas.
- Para todavía incrementar la captación de dióxido de carbono, se utiliza el abono producido para hacer germinar semillas de árboles maderables endémicos como el cedro rojo presente en el campus. Se han germinado más de 1000 semillas. A mediano plazo los árboles generados habrán capturado toneladas de carbono permitiendo mitigar todavía más el Cambio climático. Por otro lado, se han germinado semillas de café, las cuales nos han permitido implementar un cafetal experimental y demostrativo. En este espacio demostrativo, el estudiante adquiere experiencia laboral, competencia de educación ambiental y de vinculación, como entre otros con la colaboración al proyecto de siembra de Árboles el Club Rotario Córdoba, lo que nos ha permitido participar a la donación y entrega de más de 1000 árboles.
- Finalmente para demostrar el interés y el potencial de uso de los abonos orgánicos se implementó un huerto biointensivo que permite conectar esta visión de manejo sustentable de espacios verdes a las actividades ordinarias del ciudadano.
- Los alumnos y académicos de la carrera de ingeniería ambiental han transformado los carcamos metálicos que existían en el CUACC para el tratamiento de agua en una herramienta didáctica y una unidad demostrativa. Cada fase de la operación de la PTAR es objeto de estudio de investigación, y cada problema se transforma en un reto para la investigación. Hoy en día contamos con un manual de operación de la PTAR, un análisis de operación sustentable de la PTAR, la evaluación de los impactos de las descargas en el Río Tepachero, y una estrategia de gestión de los lodos mediante composteo. Dicha unidad, se utiliza para talleres prácticos de las EE de contaminación de agua, visitas educativas de la UV y de Fuera, como unidad de capacitación del personal UV a cargo de la PTAR en las otras regiones.
- Finalmente, en el CUACC se ha implementado una gestión sustentable de los espacios verdes, los residuos sólidos (Materia orgánica de los botes de basura, de la PTAR y hojas y hierba) y de las aguas residuales, orientado al desarrollo de estrategias de mitigación al cambio climático.

## **Descripcion de la inovacion educativa**

La Facultad de ciencias quimicas Orizaba, cuenta con pocos espacios para ofrecer talleres y practicas para los alumnos de ingeniria ambiental. Por lo cual, el eje central de este PEI fue de habilitar un espacio verde universitario, el cual carece de presupuesto para su mantenimiento, en un laboratorio abierto y asi ofrecer a los estudiantes la oportunidad de gestionar y solucionar problemas concretos, abordando los temas de agua, residuos y cambio climatico, ejes centrales de la ingenieria ambiental. Se pretende despertar el dinamismo, la creatividad del estudiante, ofreciendole experiencia profesional para fortalecer su incorporacion al mundo laboral. A traves de las EE de Servicio social y Esperiencia recepcional se ha generado nuevos espacios educativos para la Carrera y se han generados ejemplos concretos aplicables en las EE de contaminacion de agua, gestion de residuos solidos, Biologia y recursos naturales, y balance de Masa y energia entre otro.

## **Medios y Recursos para la implementacion**

Como se ha descrito anteriormente, para minimizar la inversion en la implementacion de estos laboratorio abiertos, se han utilizado instalaciones existente, y se han enfrentado, en acorde con el plan maestro de sustentabilidad, los problemas reales del manejo de un centro universitario que consta de 3 ha de espacios “academicos” y 7 Ha de zona arqueologica. La inversion principal fue la adquisicion paulatina de animales para generar un numero significativo permitiendo la medicion de la estrategia propuesta. Para la operaci3n de la PTAR, los trabajos se apoyaron en el POA del CUACC para la adquisici3n de los insumos, y los analisis de composta, agua fueron soportadas por el presupuesto de la carrera de ingenieria ambiental para practicas de laboratorios.

Mediante la Participacion de los academicos de la Carrera de ingenieria ambiental, los integrantes del Cuerpo Academico consolidad 159 Gestion y control de la contaminacion ambiental, hemos podido implementar espacio para que nuestros estudiantes pratiquen lo abordado en diversas EE, y acrediten las EE de Servicio Social y Experiencia recepcional.

Ademas los trabajos realizados, sirven ya de semillero para desarrollar nuevos proyectos de investigacion transdiscipinaria o de vinculacion.

En el periodo se sometio a la convocatoria Fordecyt el proyecto titulado “**Jardín Etnobiológico de Córdoba Veracruz, Espacio de Biodiversidad y Resguardo de Saberes**”, y desde el 2020 se esta consolidando una vinculaci3n con la fundaci3n Montosa, para evaluar su programa de reforestaci3n del pico de Orizaba.

## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

A continuación se resume brevemente los trabajos desarrollados por los 3 primeros estudiantes mediante su servicio social y su Experiencia Recepcional. Cada uno valido su experiencia recepcional en modalidad tesis, y hoy en dia cada uno encontro como primera contratacion laboral una actividad relacionada con su formacion de Ingeniero ambiental.

- 1) EXPERIENCIA RECEPCIONAL “GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS ÁREAS VERDES DEL CENTRO UNIVERSITARIO PARA LAS ARTES, CIENCIA Y CULTURA (CUACC – UV – CÓRDOBA) EN BASE AL ANÁLISIS DEL CICLO DEL CARBONO”

Este trabajo fue desarrollado por el Ing. ambiental Gerardo Zavala Cruz y dirigido por su servidor, dr. Eric Houbron y Codirigido por la Dra. Elena Rustrian Portilla. Este trabajo impacto la EE de contaminacion de Agua, Residuos solidos, Biologia y recursos naturales y Balance de masa y energia.

La caratura y el indice del trabajo recepcional se presentan a continuacion:



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

---

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO RECEPCIONAL**

**TESIS**

**“GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS ÁREAS VERDES DEL  
CENTRO UNIVERSITARIO PARA LAS ARTES, CIENCIA Y  
CULTURA (CUACC – UV – CÓRDOBA) EN BASE AL  
ANÁLISIS DEL CICLO DEL CARBONO”**

**PRESENTA**

**Gerardo Zavala Cruz**

**DIRECTOR DEL TRABAJO RECEPCIONAL**

**Dr. Eric Pascal Houbron**

**CO-DIRECTORA**

**Dra. Elena Rustrián Portilla**

**Orizaba, Ver.**

**Abril 2019**

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 Plan maestro para la sustentabilidad UV.....	3
2.2 Área de desempeño #6 - "gestión de áreas verdes y áreas naturales protegidas".....	3
2.3 Centro Universitario para las Artes Cultura y Ciencia (CUACC) Córdoba.....	3
2.4 Desarrollo sustentable.....	4
2.5 Huella ecológica.....	4
2.6 Ciclos Biogeoquímicos.....	5
2.7 Ciclo del Carbono.....	5
2.8 Problemas generados por el desequilibrio del ciclo del carbono.....	6
2.9 Aumento de CO <sub>2</sub> en los últimos años.....	6
2.10 Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero en México.....	6
2.11 Destrucción de la capa de ozono.....	7
2.12 Cambio climático.....	7
2.13 Efecto invernadero y calentamiento global.....	8
2.14 Sobreexplotación de los recursos naturales.....	8
2.15 Causas de la contaminación.....	9
2.16 Residuos.....	9
2.17 Residuos Orgánicos (RO).....	10
2.18 Contaminación generada por el uso de agroquímicos y plaguicidas en la agricultura.....	10
2.19 Contaminación en agua por aceites.....	11
2.20 Eutrofización de cuerpos hídricos.....	11
2.21 Fotosíntesis.....	12
2.2 Capacidad de absorción de CO <sub>2</sub> mediante el uso de bambú.....	13
2.23 Importancia de las áreas verdes en las ciudades.....	13
2.24 Técnicas clásicas de mantenimiento de áreas verdes.....	14
2.25 Abonos Orgánicos.....	<u>14</u>
2.26 Composta.....	15
2.27 Huerto Biointensivo.....	<u>15</u>
2.28 Huerto de plantas medicinales.....	16

2.29 Creación de jabones orgánicos .....	→	16
2.30 Sendero interpretativo.....	→	16
<b>3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>→</b>	<b>17</b>
<b>4. HIPÓTESIS .....</b>	<b>→</b>	<b>18</b>
<b>5. OBJETIVOS.....</b>	<b>→</b>	<b>18</b>
5.1 Objetivo general .....	→	18
5.2 Objetivos específicos.....	→	18
<b>6. METODOLOGÍA .....</b>	<b>→</b>	<b>19</b>
6.1 Evaluación de la eficiencia del mantenimiento sustentable de las áreas verdes del campus CUACC Córdoba mediante el uso de ovinos .....	→	20
6.1.1 Comparación de la factibilidad económica. ....	→	20
6.1.2 Comparación del impacto ambiental. ....	→	23
6.1.3 Comparación del impacto Social. ....	→	28
6.2 Elaboración y manipulación de una pila de composta de 500 kg.....	→	28
6.2.1 Obtención de la materia prima.....	→	28
6.2.2 Elaboración de la pila de composta. ....	→	29
6.2.3 Manipulación de la pila de composta. ....	→	30
6.2.4 Análisis de la composta. ....	→	31
6.3 Creación de un huerto biointensivo y un huerto de plantas medicinales.....	→	34
6.3.1 Determinación y preparación del lugar donde se localiza el huerto.....	→	34
6.3.2 Siembra de verduras y plantas .....	→	37
6.3.3 Sistema de riego del huerto .....	→	38
6.3.4 Control de plagas .....	→	39
6.4 Elaboración de otros subproductos valor agregado, mediante la valorización de elementos generados en la CUACC .....	→	40
6.4.1 Elaboración de jabones orgánicos .....	→	40
6.5 Divulgación de las actividades realizadas en la CUACC.....	→	41
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>→</b>	<b>42</b>
7.1 Evaluación de la eficiencia del mantenimiento sustentable de las áreas verdes por ovino .....	→	42
7.1.1 Comparación de la factibilidad económica .....	→	42
7.1.2 Comparación del impacto ambiental .....	→	53

7.1.3 Comparación del impacto social.....	→	63
7.2 Elaboración y manipulación de una pila de composta de 500 kg.....	→	64
7.2.1 Manipulación de la pila de composta .....	→	64
7.2.2 Análisis de la composta. ....	→	65
Temperatura .....	→	65
pH.....	→	66
Humedad .....	→	67
Sólidos volátiles y cenizas .....	→	68
Monitoreo de la materia Orgánica .....	→	69
7.3 Creación de un huerto biointensivo y un huerto de plantas medicinales.....	→	73
7.3.1 Control de plagas .....	→	73
7.3.2 Inauguración del huerto de plantas medicinales.....	→	73
7.4 Elaboración de jabones.....	→	75
Divulgación de las actividades .....	→	75
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	→	<b>77</b>
<b>9. REFERENCIAS .....</b>	→	<b>80</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	→	<b>84</b>
# 1 INFORME, ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN INTERNACIONAL EN FRANCIA CON LA ASOCIACIÓN LOR'ANIM EN EL HOTEL ECOTURISTICO DOMINE DE PAYAN .....	→	84
# 2 MANUAL DE ELABORACIÓN DE COMPOSTA A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ESTIÉRCOL DE BORREGO.....	→	96
# 3 ELABORACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO A PARTIR DE ACEITE DE COCINA USADO Y ELEMENTOS DEL CUACC CÓRDOBA.....	→	105

Para tener una idea de la distribución de las áreas del CUACC, en la figura siguiente se puede apreciar la zona arqueológica con sus montículos prehispánicos y las construcciones modernas del centro universitario.

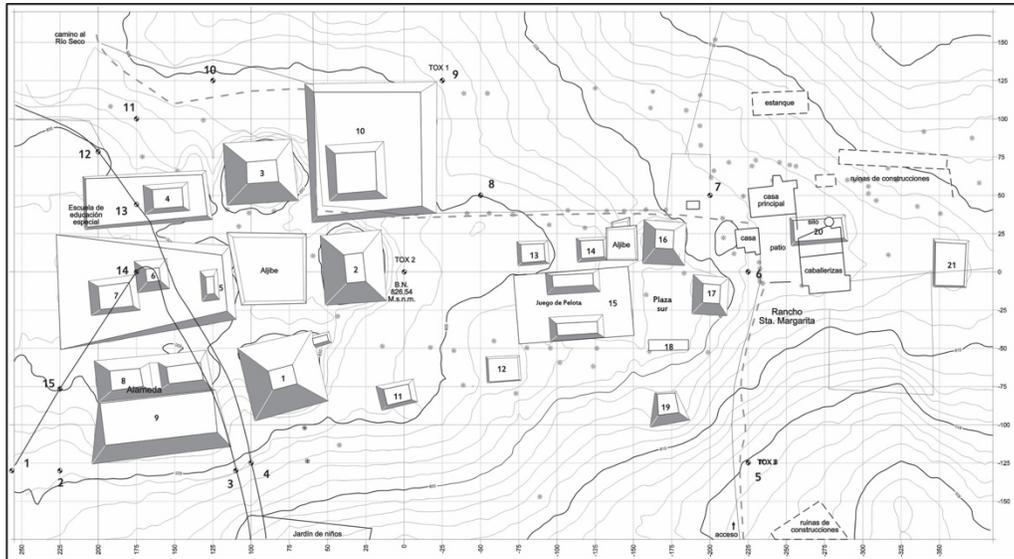


Figura 1: Distribución de los espacios del CUACC

Los objetivos del trabajo fueron:

### **Objetivo general**

Desarrollar un plan de gestión sustentable de áreas verdes en un campus universitario y una zona arqueológica en base al análisis del ciclo del carbono.

### **Objetivos específicos**

- 1.- Evaluar la eficiencia del mantenimiento sustentable de las áreas verdes mediante ovinos.
- 2.- Elaboración y manipulación de una pila de 500kg de composta y desarrollo de manuales sobre el proceso de transformación del estiércol de borrego y residuos orgánicos en composta.
- 3.- Elaboración de un huerto Biointensivo y uno de plantas medicinales dentro del campus universitario CUACC Córdoba.
- 4.- Desarrollo de un catálogo de otros subproductos de valor agregado, mediante la valorización de elementos generados en la CUACC (Sábila para jabones orgánicos)
- 5.- Divulgación de las actividades realizadas en la CUACC, mediante el desarrollo de una estación pedagógica sobre el “ciclo de Carbono” (estación, mampara, y talleres) y la implementación de la propuesta “sábados por la naturaleza”

De la Evaluación de la eficiencia del mantenimiento sustentable de las áreas verdes del campus CUACC Córdoba mediante el uso de ovinos, se analizó y se hizo el balance de masa, energía y costos económicos de 3 estrategias de mantenimiento.

### ***Mantenimiento de áreas verdes por corte con maquinaria (Desmalezadora):***

Las cifras principales medidas fueron las siguientes:

- Corte de pasto con desmalezadora 77.6 m<sup>2</sup>/ hora
- Gaste de gasolina 66 m<sup>2</sup> / litro

Utilizando una brigada de 10 personas con una jornada laboral de 8 h por día, el trabajo duraría 16 días y se requerirían 1,031 litros de gasolina para el mantenimiento de las 7 ha de la zona arqueología.

***Mantenimiento de áreas verdes por corte con machete:***

- Corte de pasto con machete  $6.43 \text{ m}^2$  /hora

Utilizando una brigada de 10 personas con una jornada laboral de 8 h por día, el trabajo duraría 46 días.

***Mantenimiento de áreas verdes por ovino:***

- Corte de Pasto con borregos  $1.3 \text{ m}^2$  /hora

Utilizando 30 borregos pastando 8h por día, se limpia 1 hectárea en 32 días.

En la Figura 2 se puede apreciar la dimensión del espacio verde considerado en este estudio.



Figura 2: Delimitación del área de estudio durante las mediciones.



Figura 3: Costos de mantenimiento en función del método de mantenimiento de área verde.

Los costos para mantener la zona arqueológica según el método utilizado se resume en la figura 2. y se puede apreciar que el mantenimiento por ovinos es la solución más económica.

en la Tabla 1 se puede apreciar el volumen de Residuos generados por cada una de las actividades de mantenimiento de áreas verdes

	<b>Residuos orgánicos generados</b>	<b>CO2 generado por la degradación del residuo (toneladas)</b>	<b>Cantidad de CO2 generado por la combustión de gasolina (toneladas)</b>
Mantenimiento de áreas verdes por corte con maquinaria	126 toneladas de pasto verde	9.4	2.3

Mantenimiento de áreas verdes por corte con machete	126 Toneladas de pasto verde	9.4	
Mantenimiento de áreas verdes por ovino	82 kg de cama de borrego semanales		

Tabla 1: Residuos generados por cada una de las actividades de mantenimiento de áreas verdes

En estos casos, para comparar las estrategias emantenimiento fue necesario considerar todos los desechos, tanto las 126 Toneladas de Pasto cortado que la cantidad de CO2, (GEI) generado por la degradacion anaerobica de dichos residuos verde (9.4 tonelada), y finalmente la Cantidad de CO2 generado por la combustión de gasolina lo que representa todavia 2,3 toneladas mas de Carbono.

En la figura siguiente se puede apreciar de manera comparativa las toneladas de Co2 generadas por cada estrategias, y según los criterios ambientales y de mitigacion al cambio climatico, la estrategia con ovinos es la menos contaminante,

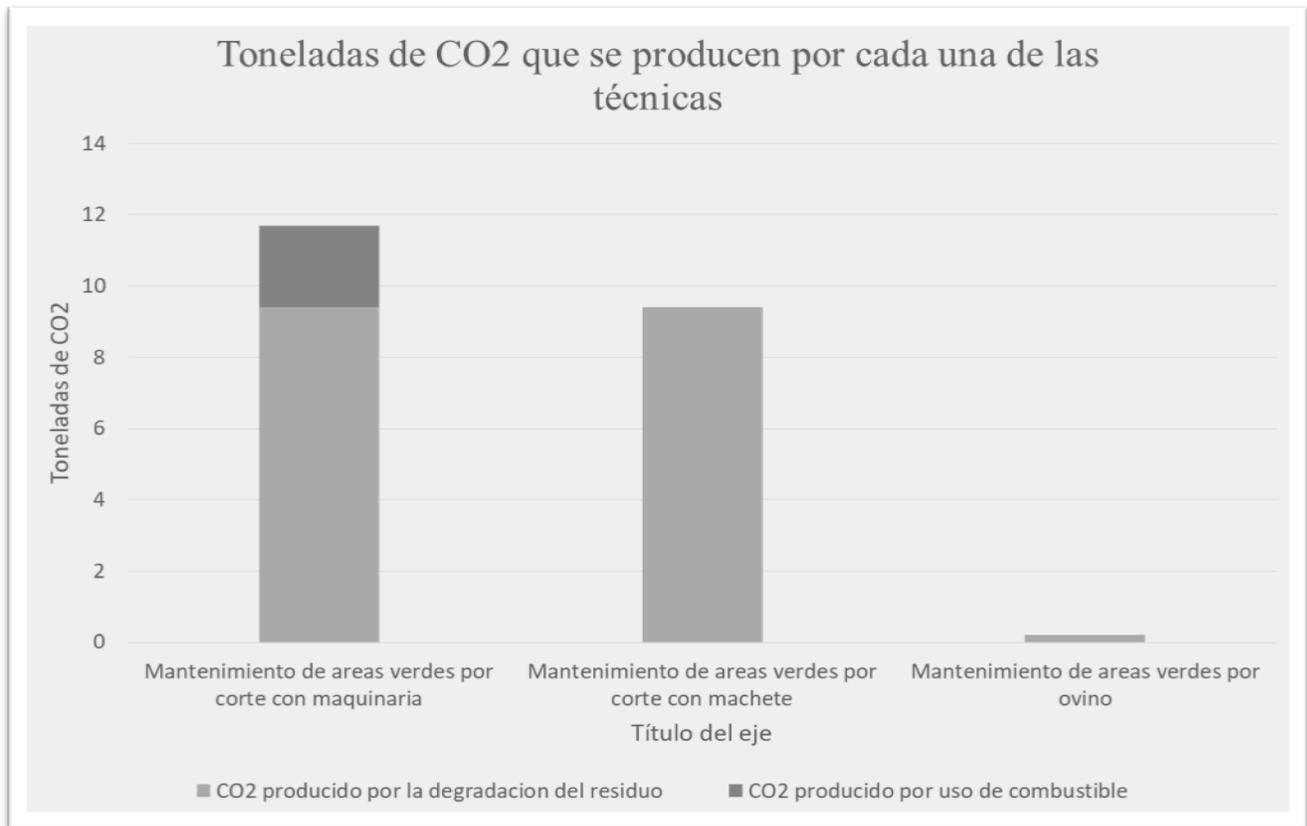


Figura 4: toneladas de Carbono producida por cada estrategia de amntenimiento evaluada.

En la unidad de Composteo se estudio la evolución de una pila de 500 kg. En las figuras siguientes se presentan el seguimiento de los parametros de controles esencial de una compost.

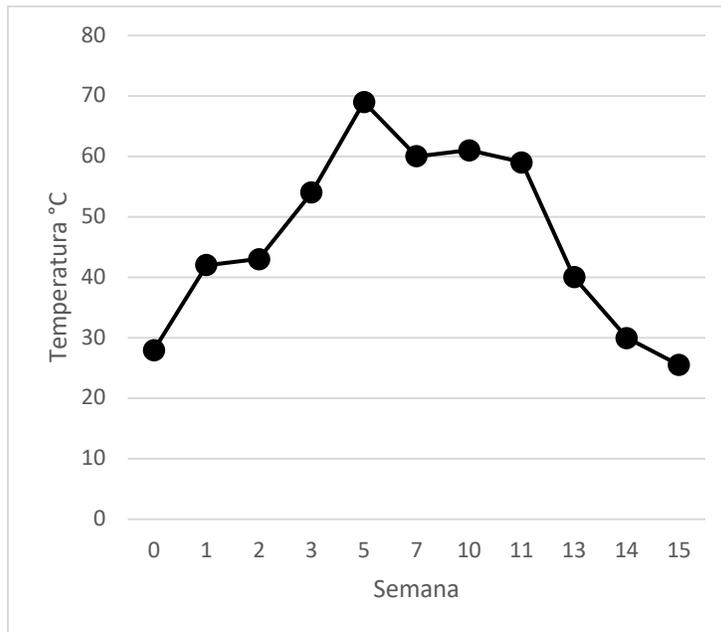


Figura 5: Evolucion de la Temperatura de una pila de compost de 500 kg

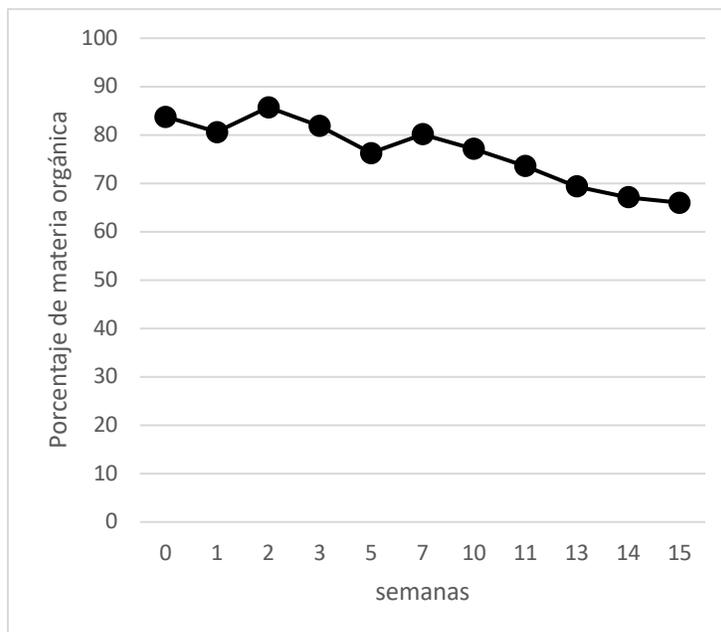


Figura 6: Evolucion de la materia organica de una pila de compost de 500 kg

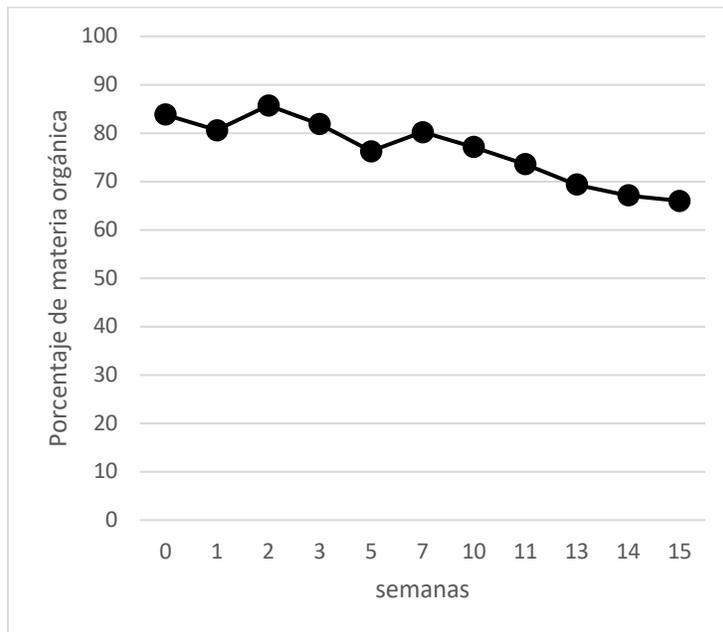


Figura 7: Evolucion de la humedad de una pila de compost de 500 kg

Los datos relevantes de Manipulación de la pila de composta son los siguientes:

- Tiempo para mover la pila: 24 min
- Tiempo para tamizar la composta: 130 kg / hora

A continuacion se presentan unas fotos de los diferentes espacios educativos implementados.



Vista del Centro de compostaje



Removiendo Composta



Utilizando la composta para llenar bolsas de sembrado de arboles



Espacio para resguardo de arboles



Semillas de arboles ya germinada



Almacenamiento de Arboles Chicos



Locales para el resguardo de los Ovinos



6 Unidad Demostrativa de cafetal



Jornada de Educación ambiental en el Huerto biointensivo



**SISTEMA DE RIEGO DEL HUERTO**



**HOTEL PARA INSECTOS EN EL HUERTO.**

2) EXPERIENCIA RECEPTIVAL “MANEJO SUSTENTABLE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LAS ARTES, CIENCIA Y CULTURA-CÓRDOBA”

Este trabajo fue desarrollado por el Ing. ambiental Melissa Galia Eligio Martínez ruz y dirigido por su servidor, dr. Eric Houbron y codirigida por la Dra. elena Rustrian Portilla.

Este trabajo impacto la EE de contaminación de Agua, Residuos sólidos, Biología y recursos naturales y Balance de masa y energía.

La caratura y el índice del trabajo receptival se presentan a continuación



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

---

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
DE ORIZABA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO RECEPCIONAL

TESIS

**Manejo Sustentable de la Planta de Tratamiento de Aguas  
Residuales del Centro Universitario de las Artes, Ciencia y Cultura-  
Córdoba.**

Propuesto por: **Melissa Galia Eligio  
Martínez** S14028031

Director del Trabajo: **Eric Houbron Pascal** FCQ-UV.ORIZABA

Co-Director: **Elena Rustrian Portilla** FCQ-UV.ORIZABA

Orizaba, Veracruz

Abril, 2019

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ABREVIATURAS.....	X
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
MARCO TEORICO.....	
1.1. El origen de las aguas residuales.....	1
1.2. Normatividad en materia de tratamiento del agua residual.....	1
1.3. Muestreo.....	2
1.4. Caracterización de aguas residuales.....	3
1.4.1. Relación entre contaminantes.....	7
1.5. Tratamiento de aguas residuales.....	9
1.5.1. Procesos para el tratamiento de aguas residuales.....	9
1.5.2. Medición del flujo de agua en una PTAR.....	15
1.5.3. Descripción de los niveles de tratamiento en aguas residuales.....	19
1.6. Uso y disposición final de aguas residuales para la agricultura.....	23
1.7. Lodos como subproducto del tratamiento del agua residual.....	26
1.7.1. Caracterización de lodos residuales de una PTAR.....	27
1.8. Normatividad en materia de lodos residuales.....	28
1.9. Métodos de tratamiento para lodos residuales.....	30
1.9.1. Compostaje como tratamiento de estabilización en lodos residuales.....	32
1.9.2. Afectaciones del aluminio en el suelo y la agricultura.....	37
2. JUSTIFICACIÓN.....	43
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	44
4. METODOLOGÍA.....	45
4.1. Ubicación.....	45
4.2. Descripción y funcionamiento.....	46
4.3. Determinación del grado de eficiencia de la planta de tratamiento.....	51
4.3.1. Muestreo y análisis de los flujos de alimentación en los procesos de la PTAR.....	54
4.3.2. Impacto del tratamiento de las aguas residuales a la fuente de descarga.....	60
4.3.3. Evaluación del costo económico de reúso del agua tratada.....	64
4.3.4. Determinación de la composición de los lodos primarios.....	66
4.3.5. Implementación de un proceso de composteo.....	68

4.3.6. Evaluación del potencial de la composta .....	70
5. RESULTADOS .....	72
5.1. Determinación de la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del CUACC-Córdoba.....	73
5.2. Calidad del agua tratada.....	86
5.3. Evaluación del costo económico por implementar el reúso del agua tratada88	
5.4. Determinación del impacto del tratamiento de las aguas residuales a la fuente de descarga.....	90
5.5. Determinación de la composición de los lodos primarios.....	93
5.6. Implementación del proceso de composteo.....	95
5.7. Evaluación del potencial de la composta .....	95
6. CONCLUSIONES.....	
7. REFERENCIAS .....	
8. ANEXO.....	

Los objetivos del trabajo fueron los siguientes:

#### Objetivo general

Determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, motivo de estudio.

#### Objetivos específicos

- ✓ Medir y analizar los flujos de alimentación en los procesos de la PTAR.
- ✓ Determinar el impacto del tratamiento de las aguas residuales a la fuente de descarga.
- ✓ Evaluar el costo económico por implementar el reúso del agua tratada
- ✓ Determinar la composición de los lodos primarios.
- ✓ Implementar un proceso de composteo de los lodos primarios.
- ✓ Evaluar el potencial de la composta.

El Centro Universitario de Artes, Ciencia y Cultura; cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) diseñada e instalada por ZEOLITAS E INSUMOS NACIONALES, empresa mexicana dedicada a la construcción de plantas de tratamiento de aguas negras, y residuales. La PTAR emplea un tratamiento físico químico y una filtración a base de zeolitas. Este tipo de plantas son eficientes, fáciles de operar y económicas. Dicha planta tiene por objetivo desarrollar un tratamiento oportuno a las aguas residuales generadas dentro del complejo antes de proceder a la descarga de las mismas en el río y con ello dar cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 así como minimizar el impacto ambiental que se genera con la descarga de aguas residuales; todo esto a través de un óptimo proceso de tratamiento. La PTAR cuenta con las siguientes estructuras: tanque de sedimentación, tanque de control, canales de sedimentación, filtro de zeolitas, sistema de desinfección, tanque de almacenamiento de aguas residuales tratadas, tanque de lodos, local técnico y tablero de control de bombas. En la Figura 4 se puede apreciar una vista general de la PTAR y en la Figura 5 se esquematiza la operación y etapas de la misma.



FIGURA 7 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CUACC-CÓRDOBA.



FIGURA 8 TANQUE DE ÓXIDO DE CALCIO (TANQUE C) Y TANQUE DE SULFATO DE ALUMINIO (TANQUE F)



Figura 6 Tanque de sedimentación

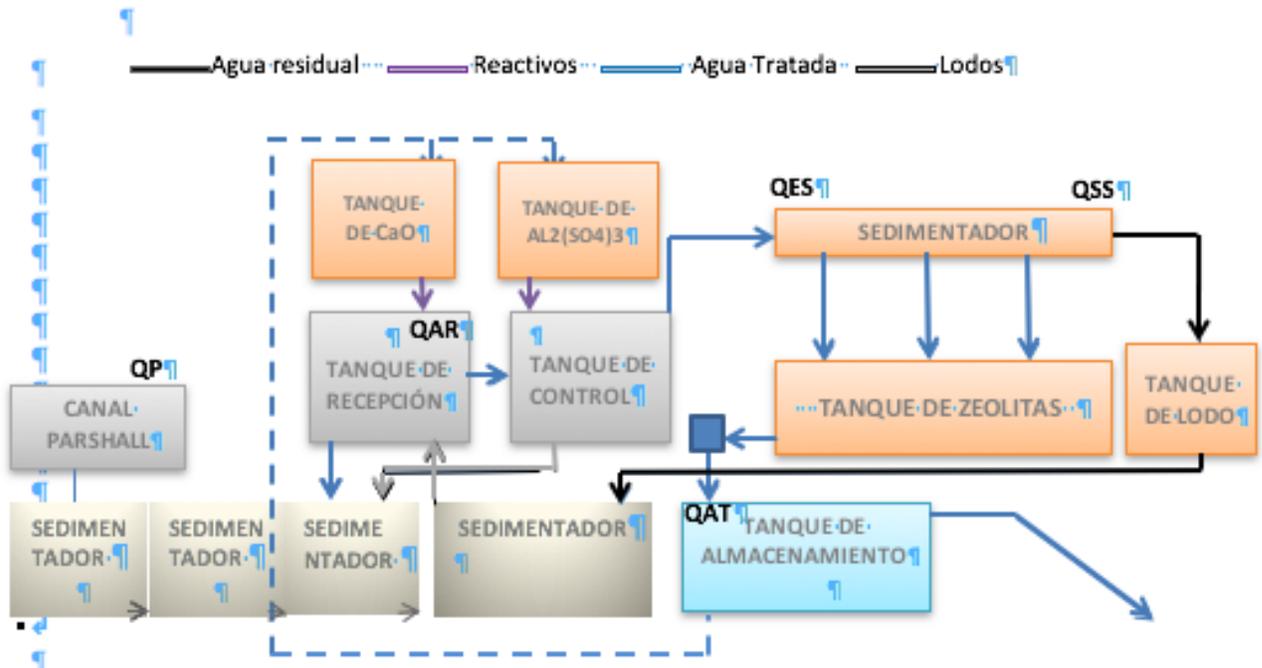


FIGURA 7 DIAGRAMA DEL FLUJO DEL AGUA RESIDUAL EN LA PTAR Y MUESTRA LOS PUNTOS DE MUESTREO

Abreviatura de los puntos de muestro:

- ✓ **QP:** Caudal Pharshall:
- ✓ **QAR:** Caudal de Aguas Residuales
- ✓ **QC:** Caudal del Coagulante
- ✓ **QF:** Caudal del Floculante.
- ✓ **QES:** Caudal de el Agua al Sedimentador
- ✓ **QSS:** Caudal de Salida del Sedimentador
- ✓ **QAT:** Caudal de Salida del Agua Tratada.

Las eficiencias de operación de la PTAR se puede observar en la Grafica siguiente

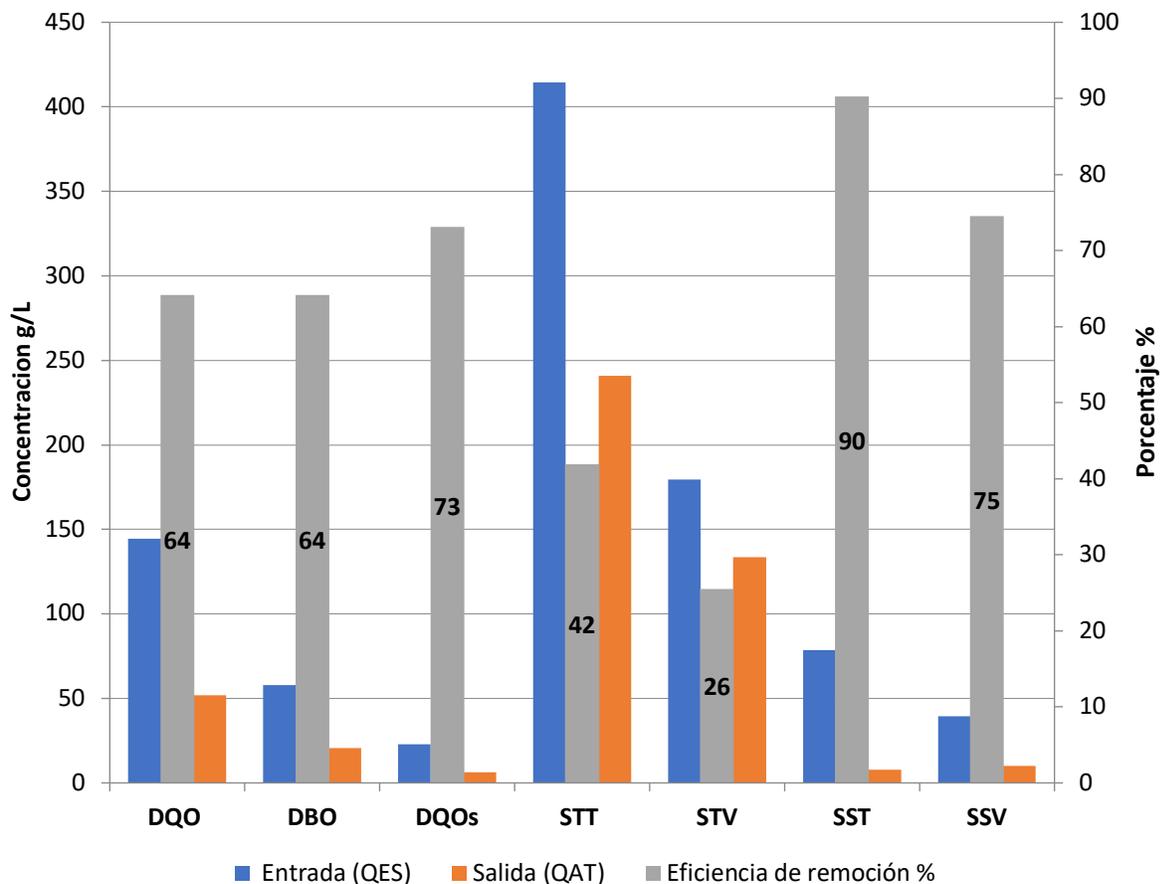


Figura 8.- Eficiencia en el periodo de operación de la PTAR

En la Tabla 3 se pueden observar las características del agua tratada compara a los valores limites de la norma

Tabla 3.-Comparativa del agua tratada con los límites permisibles establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996

Parámetro	Unidades	Agua tratada	Límites permisibles para protección y vida acuática
<b>pH</b>	-	7.65	5-10
<b>T</b>	°C	23	40
<b>DQO</b>	mg/L	24.71	120
<b>DBO</b>	mg/L	9.88	60
<b>DQOs</b>	mg/L	2.48	N-A
<b>STT</b>	mg/L	108.64	N-A
<b>STV</b>	mg/L	62.65	N-A
<b>SST</b>	mg/L	3.67	60
<b>SSV</b>	mg/L	4.45	N-A

<b>NTK</b>	mg/L	1.57	25
<b>N-NH4</b>	mg/L	1.55	N-A
<b>N-Org</b>	mg/L	0.01	N-A
<b>Ptotal</b>	mg/L	0.06	10
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP en 100ml	<1000	1000-2000

Todos los parámetros del agua tratadas están dentro de los rango permitidos por la Norma.

Los lodos extraídos de la PTAR fueron composteados en la Unidad de compostaje del Cuacc .y las características de esta composta esta resumida en la tabla 4

*Tabla 4.-Características físico químicas del lodo primario*

Parámetros	Valores obtenidos	Valores comparativos de composta madura	
		NADF-020-AMBT-2011, 2012	
		Sustrato en viveros y sustituto de tierra para maceta	Paisaje, áreas verdes urbanas y reforestación
<b>pH</b>	7.66	6.7-7.5	6.5-8
<b>Humedad %</b>	35.00	25-35	25-45
<b>Conductividad eléctrica uS/cm</b>	36.50	<4000	<12000
<b>N-NH4 mg/g de sólido</b>	7.88	-	-
<b>N-org mg/g de sólido</b>	1.60	-	-
<b>Diferencia de temperatura con el ambiente medida a una profundidad <math>\geq</math> 50 cm</b>	< o igual a 10°C	< o igual a 10°C	< ó igual a 15°C
<b>Fitotoxicidad</b>	IG 3.85%	IG $\geq$ 85%	IG $\geq$ 60%
<b>Coliformes fecales NMP/g en base seca</b>	400	<1000	

Todos los parámetros de la composta esta dentro del rango estipulado por la norma y además respecta también las características bacteriológicas.

En este trabajo también se evaluó el impacto de la descarga de las aguas tratadas sobre las del río Tapachula. En la figura siguiente se resumen los datos obtenidos sobre el agua del río, las aguas tratadas y la composición promedio de un agua residual urbana.

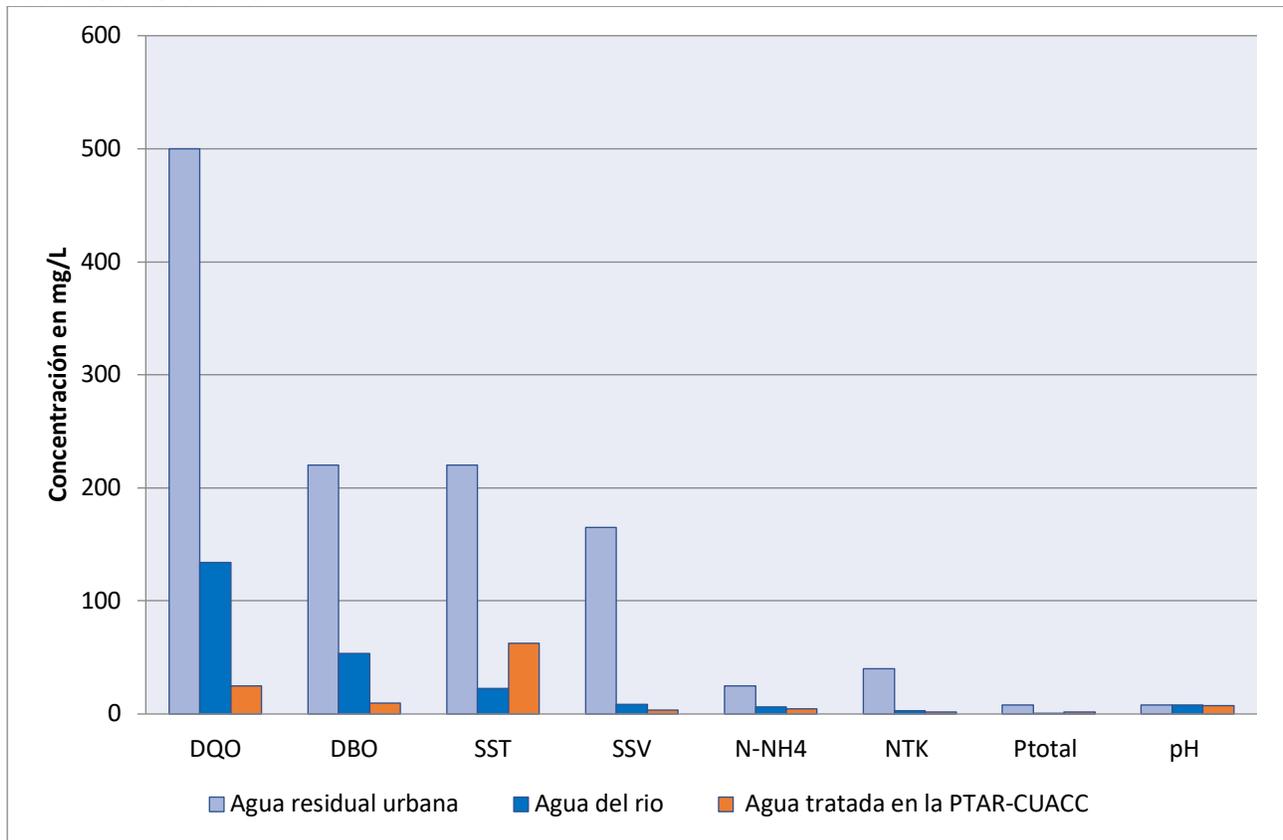


Figura 9.- Comparativa del impacto de descarga de aguas residuales con tratamiento

Mediante estos parámetros se pudo apreciar que la calidad del agua tratada es bien superior a la calidad del agua del río que presenta un ICA de 40.9 % Característico de un río contaminado.

Las conclusiones de este trabajo experimental en el CUACC fueron las siguientes:  
 -Respecto a la eficiencia del proceso, la dosis de coagulante y floculante deben mantenerse en constante vigilancia para su regulación y dependerá de las características del agua en el momento de su tratamiento; La observación del floculo en los canales de sedimentación y su velocidad de precipitación son importantes para tomar decisiones en la regulación de las soluciones químicas. Las determinaciones en los parámetros físico químicos mostraron que, para aguas con alta concentración, la dosis alta de reactivos son recomendables, y para concentraciones bajas debe de controlarse cuidadosamente la dosis de reactivos ya que un exceso provoca un incremento de los parámetros de salida o afecta la calidad del efluente tratado como DQO, ST y SST. A pesar de ello, las concentraciones en los parámetros establecidos en las muestras, mostraron cumplir con los límites permisibles de la Norma Oficial Mexicana en todo el periodo

de prueba; demostrando la eficiencia de la PTAR con base al cumplimiento con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

-Respecto a la medición y análisis de los flujos de alimentación de la PTAR, podemos afirmar que el periodo de observación fue significativo llegando a un caudal óptimo. El caudal comprendido dentro del rango de 7.70 y 8.65 L/min, fue el más favorable y el que presentaba menos cambios durante el proceso de tratamiento; las perturbaciones a las que está sujeta una PTAR son significativas, generando alteraciones del equipo de bombeo, provocando variaciones de caudal y de las características del fluido expresadas por cambios de concentración asociadas a las escalas de tiempo, el clima como las lluvias y picos de cargas, por lo tanto la planta no muestra un estado de equilibrio

-La baja cantidad de nutrientes presentes en el agua tratada, demuestra que la descarga generada en la PTAR no contribuirá considerablemente a la eutrofización de los cuerpos de agua. Por otra parte, el rango de caudal óptimo permitió un tratamiento de 1,838.70L de agua residual en tres horas, lo cual es significativo si consideramos que el área de cultivo consume 9541 litros de agua al día y que el tanque disponible para agua tratada dispone de 7000L, si la planta se mantiene en funcionamiento dos veces por semana manteniendo la capacidad del tanque a nivel estaríamos hablando de que se cubriría una semana aproximadamente de el requerimiento de agua exigido por los huertos; en este sentido también es interesante hacer la comparativa con los requerimientos para el consumo de agua por persona, ya que se estima que en México el consumo de agua ronda los 365 litros por persona al día, estaríamos hablando que cubriría el gasto de agua por consumo domestico de 19 personas; esto revela el gran impacto que conlleva la reutilización del agua, siendo que esa agua no es tomada del abastecimiento público, sino que es producto de una reutilización.

-El reuso del agua tratada género un costo de económico de \$335.97 por mes, por lo cual seria de interés realizar un análisis costo-beneficio de la PTAR que daría un panorama más amplio de la eficiencia de la PTAR en el CUACC-Córdoba.

-Los resultados de los análisis fisico químicos de los lodos residuales mostraron el cumplimiento con la norma, NOM-004-SEMARNAT-2002 que los hace aptos para el aprovechamiento en usos forestales; mejoramiento de suelos y usos agrícolas.

-Implementar un proceso de composteo de los lodos primarios

El composteo de lodos de una PTAR fisicoquímica ofrece un potencial real para lograr su operación sustentable al minimizar o reducir los químicos aplicados y el poder usarlos como abono. En la elaboración del compost resulto beneficioso emplear como materia compostable, el estiércol de ovino en mayor proporción; ya que apporto, por una parte, cantidades significativas de carbono y sobretodo microorganismos beneficiosos para el proceso, ayudando a incrementar la temperatura y llevar a la etapa termófila en poco tiempo, lo que permite afirmar que es una manera económica de obtener materia orgánica de alto valor por sus reservas de sustancias energéticas. El uso de lodos primarios en el compost aportó

gran cantidad de humedad en las dos primeras etapas del proceso de composteo, que pudo ser controlada con material rico en celulosa.

-La cantidad de fósforo en la composta producida se encuentra dentro de los valores reportados por otros autores, sin embargo resultaron pobres en nitrógeno. De acuerdo con la Norma Ambiental para el Distrito Federal, NADF-020-AMBT- resultaron ser biosólidos, maduros, estables, pero con baja cantidad de nutrientes para cualquier actividad de jardinería, paisaje, áreas verdes urbanas y forestales.

- 3) EXPERIENCIA RECEPCIONAL: Adecuación de un biodigestor comercial para el tratamiento combinado de los residuos urbanos sólidos y líquidos en zonas rurales; Sara González Santamaría

A continuación se presenta la portada y el índice de la tesis.



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

EXPERIENCIA RECEPCIONAL

**ADECUACIÓN DE UN BIODIGESTOR COMERCIAL PARA EL TRATAMIENTO COMBINADO DE LOS RESIDUOS URBANOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS EN ZONAS RURALES.**

Propuesto por: Sara González Santamaría S14003464

Director del Trabajo: Dr. Eric Pascal Houbron FCQ-Orizaba

Co-Directora del Trabajo: Dra. Elena Rustrían Portilla FCQ-Orizaba

Orizaba, Ver.

Colección de tesis

Colección de tesis (Opción estudiante)

1.→ INTRODUCCIÓN.....	→	1	¶
2.→ MARCO TEÓRICO.....	→	2	¶
2.1.→ Digestión Anaerobia.....	→	2	¶
2.1.1.→ Hidrólisis– Fermentativa.....	→	3	¶
2.1.2.→ Acetogénesis.....	→	3	¶
2.1.3.→ Metanogénesis.....	→	4	¶
2.2.→ Factores que afectan la digestión anaerobia.....	→	6	¶
2.2.1.→ pH.....	→	6	¶
2.2.2.→ Temperatura.....	→	6	¶
2.2.3.→ Inoculantes biológicos.....	→	7	¶
2.2.4.→ Sustratos.....	→	8	¶
2.2.5.→ Tamaño de la partícula del sustrato.....	→	10	¶
2.2.6.→ Relación Carbono/Nitrógeno.....	→	10	¶
2.2.7.→ Tiempo de Retención Hidráulico.....	→	10	¶
2.2.8.→ Velocidad de Carga Orgánica.....	→	10	¶
2.2.9.→ AGV.....	→	11	¶
2.3.→ Productos finales de la digestión anaerobia.....	→	11	¶
2.3.1.→ Biogás.....	→	11	¶
2.3.2.→ Digestato.....	→	12	¶
2.4.→ Demanda Química de Oxígeno.....	→	13	¶
2.5.→ Demanda Biológica de Oxígeno.....	→	13	¶
2.6.→ Biorreactores.....	→	13	¶
2.6.1.→ Batch.....	→	13	¶
2.6.2.→ Batch Secuencial.....	→	14	¶
2.6.3.→ UASB.....	→	15	¶
2.6.4.→ Biodigestor comercial.....	→	16	¶
2.7.→ Características de los biorreactores.....	→	18	¶
2.8.→ Clasificación de los biorreactores.....	→	18	¶
2.8.1.→ Clasificación por su tecnología.....	→	18	¶
2.8.2.→ Clasificación por su proceso.....	→	19	¶
2.9.→ Funcionamiento de los biorreactores.....	→	20	¶
2.9.1.→ Arranque del sistema.....	→	20	¶
2.9.2.→ Operación del sistema.....	→	20	¶
2.10.→ Factores que afectan el rendimiento del reactor.....	→	21	¶

2.10.1.→	Biomasa .....	→	21 ¶
2.10.2.→	Flóculos .....	→	21 ¶
2.10.3.→	Gránulos .....	→	21 ¶
2.10.4.→	Biopelículas .....	→	21 ¶
3.→	JUSTIFICACIÓN.....	→	22 ¶
4.→	OBJETIVOS.....	→	22 ¶
4.1.→	Objetivo general .....	→	22 ¶
4.2.→	Objetivos específicos.....	→	22 ¶
5.→	HIPÓTESIS.....	→	23 ¶
6.→	METODOLOGÍA.....	→	23 ¶
6.1.→	Definición de la zona de impacto .....	→	23 ¶
6.2.→	Aplicación de encuestas.....	→	23 ¶
6.3.→	Caracterización fisicoquímica de los residuos sólidos orgánicos.....	→	23 ¶
6.4.→	Esquema del diseño del biodigestor comercial modificado .....	→	26 ¶
6.5.→	Evaluación de la eficiencia operativa del biodigestor comercial .....	→	26 ¶
6.5.1.→	TRH.....	→	26 ¶
6.5.2.→	Cva.....	→	27 ¶
6.6.→	Protocolo de operación.....	→	27 ¶
6.6.1.→	Inóculo.....	→	27 ¶
6.6.2.→	Estrategia de arranque .....	→	27 ¶
7.→	RESULTADOS .....	→	28 ¶
7.1.→	Definición de la zona de impacto .....	→	28 ¶
7.2.→	Diagnóstico del potencial de los Residuos Sólidos Orgánicos.....	→	28 ¶
7.2.1.→	Tasa de aceptación.....	→	29 ¶
7.2.2.→	Disponibilidad en la red de agua .....	→	29 ¶
7.2.3.→	Residuos sólidos orgánicos generados .....	→	30 ¶
7.3.→	Instalación del biodigestor comercial .....	→	31 ¶
7.3.1.→	Localización .....	→	31 ¶
7.3.2.→	Excavación .....	→	31 ¶
7.3.3.→	Colocación.....	→	31 ¶
7.3.4.→	Registro de lodos .....	→	32 ¶
7.3.5.→	Instalación hidráulica.....	→	32 ¶
7.3.6.→	Funcionamiento .....	→	33 ¶
7.3.7.→	Especificaciones técnicas .....	→	34 ¶

---

7.4.→ Base de diseño del biodigestor comercial.....→	34 ¶
7.4.1.→ Análisis de la Cva y el TRH.....→	34 ¶
7.5.→ Caracterización fisicoquímica de los residuos sólidos orgánicos.....→	35 ¶
7.6.→ Protocolo de arranque.....→	35 ¶
7.7.→ Operación del biodigestor.....→	36 ¶
7.7.1.→ Análisis de pH.....→	36 ¶
7.7.2.→ Análisis de DQO.....→	37 ¶
7.7.3.→ Análisis de Sólidos.....→	39 ¶
8.→ CONCLUSIÓN.....→	41 ¶
9.→ REFERENCIAS.....→	42 ¶
9.1.→ Bibliográficas.....→	42 ¶
10.→ APÉNDICES.....→	45 ¶
I.→ Encuestas.....→	45 ¶

¶

La digestión anaerobia es una tecnología a disposición que puede generar energía renovable y recientemente ha surgido un interés significativo en la investigación ya que trabaja en conjunto con la valorización de los residuos orgánicos con el fin de analizar su potencial para ser transformados en un biocombustible. Las instalaciones especialmente diseñadas para optimizar este proceso se designan como “digestores de metano”, “plantas de biogás” o simplemente “reactores anaerobios”.

La Universidad Veracruzana y su compromiso con el Plan Maestro para la Sustentabilidad (PlanMaS), se planteó la rehabilitación de 370 biodigestores comerciales que el municipio de Córdoba instaló en 8 localidades rurales. El objetivo principal de estos equipos era tratar las aguas residuales provenientes de un baño digno, pero actualmente no se encuentran funcionando por falta de acceso a una red de agua. Por lo cual, surge la idea de transformar un biodigestor comercial para el tratamiento combinado de residuos sólidos y líquidos.

Se realizaron encuestas en la zona rural elegida para hacer el diagnóstico de la situación de los biodigestores y para conocer el tipo de residuos generados por los habitantes. Se instaló el biodigestor comercial dentro del Centro Universitario para las Artes, la Ciencia y la Cultura (CUACC). Posteriormente, se modificó para poder introducir residuos sólidos y líquidos, además se adaptó una bolsa de almacenamiento de biogás.

Se definieron las condiciones operativas del biodigestor comercial. Primero, fue inoculado con una mezcla de 30 litros de líquido ruminal fresco de borrego y excremento de vaca. En un primer tiempo el reactor se operó en modo batch, dando así un cierto tiempo para que las bacterias empezaran a desarrollarse. Después, se comenzó con la alimentación de manera continua durante 20 días. Durante este

tiempo se analizó el pH, la Demanda Química de Oxígeno y los Sólidos Totales del efluente.

La producción de biogás no pudo ser medida dado que el diseño original de estos reactores no contempla la captación del mismo y esto genera una imperfección técnica del equipo que es la hermeticidad.

- Los 3 proyectos principales desarrollados han permitido a los estudiantes de fortalecer su perfil de egreso : Capacidad para resolver problemas relacionados con las ciencias básicas (matemáticas, física, química y biología).
- Capacidad crítica para el estudio de los fenómenos naturales que regulan el equilibrio del ambiente, identificando los problemas del entorno.
- Habilidad para relacionarse en grupos inter y multidisciplinarios con la finalidad de realizar trabajo en equipo.
- Disposición e interés para el estudio de los problemas ambientales que las actividades antropogénicas producen sobre el planeta, con el fin de mejorar la calidad de vida.

## **PROPUESTA DE MEJORA**

Como Mejora, se propone dar a conocer mas este proyecto a los estudiantes de la carrera de ingenieria ambiental, y tambien extender la invitacion a los estudiantes de otras carreras de la region.

Tambien se pretende ofrecer espacios de servicios sociales para los que desean aprovechar esta aula abierta, y finalmente fortalecer la vinculacion con el sector productivo y la sociedad civil.

A pesar de la pandemia, los diversos espacios del sitio quedaron operacional y varios estudiantes pudieron desarrollar aquí sus talleres de las EE de Gestion de solidos y contaminacion de agua entre otro.

Tambien se esta considerando la elaboracion de video sobre las diversas actividades desarrolladas para poder incorporar los ejemplos de proyectos exitosos para la mitigación al cambio climatico.

Las actividad de recarboxilizacion de suelo por composta, incremento de sumidero de carbono por reforestacion hara parte de los temas centrales de las jornadas ambientales 2021. El programa de trabajo ha sido incorporado a las actividades de la Catedra unesco de Sustentabilidad ala cual pertenezco .

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- ✓ Amen, Thora, et. al. (2011). ¿Un pie grande en un planeta pequeño? Haciendo cuentas con la huella ecológica. Colección La sostenibilidad tiene
- ✓ Cenapred. Tormentas severas. Serie Fascículos. México. 2014. Disponible en: [www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/189\\_FASCCULOTORMENTASSEVERAS .PDF](http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/189_FASCCULOTORMENTASSEVERAS.PDF).
- ✓ Challenger, A. y R. Dirzo. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En: Dirzo, R., R.
- ✓ González e I.J. March (Comps.). Capital Natural de México, Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio. México. 2008.
- ✓ CICC. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Semarnat. México. 2007.
- ✓ Clean Air Institute. La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica. Edición 2012. USA. 2013.
- ✓ Conagua. Reporte del Clima en México. Reporte Anual 2014. México. 2014.
- ✓ Conagua. Reporte del Clima en México. Reporte Anual 2015. México. 2015.
- ✓ Conagua. Resumen de la temporada de ciclones tropicales del año 2015. México. s/a. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2015.pdf>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1997). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión en la LXIII Legislatura. Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre 1927. Artículo 4°. P 7-9. Última reforma DOF 15.09.2017.
- ✓ Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2017) Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Ecotecnia en Zonas Rurales (PROCAPTAR). 1ers Ed. p 615. (Disponible: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/266747/LLUVIA\\_MENOR\\_1500\\_MM\\_OK\\_C.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/266747/LLUVIA_MENOR_1500_MM_OK_C.pdf)).
- ✓ Dávila M. (2017) Actividades humanas y el agua. Diario Xalapa, 1era Ed.p. 1. (Disponible en <https://www.uv.mx/cienciauv/files/2017/09/030-CYL-ACTIVIDADES-HUMANAS-Y-EL-AGUA-01.pdf>)
- ✓ Delgado, G.H. Volcano-ice interactions in Mexico: Extinction of glaciers at Popocatépetl and the fate of the glaciers of Iztaccíhuatl and Citlaltépetl volcanoes. American Geophysical Union. Spring Meeting. Acapulco, México. 22- 25 May. México. 2007.
- ✓ Delgado, G.H., J. Miranda, C. Huggel, S. Ortega del Valle y M.A. Alatorre Ibarquengoitia. Chronicle of a death foretold: Extinction of the small-size tropical glaciers of Popocatépetl volcano (Mexico). Global and Planetary Change 56: 13–22. 2007.
- ✓ DOF. Modificación a la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005. Diario Oficial de la Federación. México. 2006 (3 de octubre).

- ✓ DOF. Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación. México. 2012 (6 de junio).
- ✓ Fondo para la Comunidad y la Educación Ambiental A.C. (FCEA) (2017). Agua en México. 1era Ed. p. 10-11. (Disponible <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/07/Agua-en-Mexico-Un-prontuario-para-la-correcta-toma-de-decisiones-2017.pdf>).
- ✓ Gobierno de la República. Compromisos de Mitigación y Adaptación Ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030. México. 2015.
- ✓ Haug, R.T. 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida.
- ✓ Hedegaard, M., Krüger, I. 1996. Composting of agricultural wastes in Denmark in respect of potential, industrial process technology and environmental considerations. En: De Bertoldi, M.; Sequi, P.; Lemmes, B., Papi, T. (Eds.). The Science of Composting, Vol I, pp. 691-697. Blackie Academic & Professional, London.
- ✓ Helynen S. 2004 Overview of European Policies and Directives aimed at promoting energy from wood biomass Future Issues for Forest Industries in Europe, 28 April - 1 May, Dublin, Ireland.
- ✓ Hoitink, Harry A. J.; Tseng, David Y.; Chalmers, Jeffrey J.; Tuovinen, Olli H.. 1995. Characterization of a Bench-Scale System for Studying the Biodegradation of Organic Solid Wastes. Biotechnol. Progress, 11(4), 443-51.
- ✓ Holgado, A. 1988. Columela, L.J.M. -De los trabajos de campo. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ed. Siglo XXI de España, Madrid.
- ✓ Holland, G.J. y P.J. Webster. Heightened tropical cyclone activity in the North Atlantic: Natural variability or climate trend? Philosophical Transactions of the Royal Society A 365: 2695-2716. 2007. Disponible en: doi:10.1098/rsta.2007.2083.
- ✓ Houbron E. (2010) Calidad del agua, En: Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz; E. Florescano, J. O. Escamilla, coordinadores. México: Gobierno del Estado de Veracruz: Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana: Universidad Veracruzana, 2010. 3era Ed, vol. 1, cap. 6, p. 147-159. ISBN 9786079513160.
- ✓ Houbron E., Buendía H., González G., Ruiz E., Sánchez R., Rustrían E., (2016) "SAFE DRINKING WATER FOR ALL" IN VERACRUZ UNIVERSITY, MEXICO. Proc XXXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental / 59° Congreso Internacional ACODAL 21 al 24 de agosto 2016, Cartagena de Indias, Colombia.
- ✓ Houbron E., Huerta J.E., Hernández M., Barrera R, (2014) Estudio de las plantas potabilizadoras de la universidad veracruzana región Córdoba-Orizaba. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Orizaba, Veracruz.
- ✓ IEA. CO2 Emissions from Fuel Combustion. Highlights. 2014 Edition. France. 2014.

- ✓ IEA. CO2 Emissions from Fuel Combustion. Highlights. 2015 Edition. France. 2015.
- ✓ INE, Semarnat y UNAM. Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global y fenómenos hidrometeorológicos extremos. Informe Final INE/A1-051/2008. México. 2008.
- ✓ INECC. Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México. INECC. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. México. 2013.
- ✓ INECC. Valoración económica de los beneficios a la salud de la población que se alcanzarían por la reducción de las PM2.5 en tres zonas metropolitanas mexicanas. México. 2014a.
- ✓ INECC. Información sobre ecología y cambio climático. Respuesta Internacional. Disponible en: <http://iecc.inecc.gob.mx/respuesta-internacional.php>. Fecha de consulta: agosto de 2014b.
- ✓ INECC. Información sobre ecología y cambio climático. Respuesta Internacional. 2016. Disponible en:
- ✓ [www.sicc.amarellodev.com/respuesta-internacional.php](http://www.sicc.amarellodev.com/respuesta-internacional.php). Fecha de consulta: abril de 2016.
- ✓ INECC, Semarnat. Informe Nacional de Calidad del Aire 2013, México. México. 2014.
- ✓ INECC, Semarnat. México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 2012.
- ✓ INECC, Semarnat. Dirección de Modelos Sectoriales de Desarrollo Bajo en Carbono. México. 2015.
- ✓ INECC, Semarnat. Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 2015.
- ✓ Jeris, J.S., Regan, R.W. 1973. Controlling Environmental Parameters for Optimun Composting. Part II, Compost Sci. 14 (March-April): 8-15.
- ✓ Jhorar, B.S.; Phogat, V., Malik E. 1991. Kinetics of composting rice straw with glue waste at different C/N ratios in a semiarid environment. Arid Soil Rest. Rehabil., 5: 297-306.
- ✓ Kiehl, F.J. 1985. Fertilizantes orgânicos. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, .
- ✓ Körner I., Braukmeier J., Herrenklage J., Leikam K., Ritzkowski M., Schlegelmilch M., Stegmann R. 2003. Investigation and optimization of composting processes-test systems and practical examples. Waste Manag., 23: 17-26
- ✓ Kulcu, R., Yaldiz, O. 2004. Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes. Biores. Technol., 93 (1): 49-57.
- ✓ Liang C., Das K.C., McClendon R.W. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. Biores. Technol., 86 131-137.

- ✓ Madejón, E., Díaz, M.J., López, R., Cabrera, F. 2001. Co-composting of sugarbeet vinasse: Influence of the organic matter nature of the bulking agents used. *Biores. Technol.*, 76: 275-278.
- ✓ Madejón, E., Díaz, M.J., López, R., Cabrera, F. 2002. New approaches to establish optimum moisture content for compostable materials. *Biores. Technol.*, 85: 73-78.
- ✓ Michel, F.C., Pecchia, J.A., Rigot, J. 2004. Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. *Compost Sci. Util.*, 12 (4): 323-334.
- ✓ Miyatake F., Iwabuchi K, 2006. Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Biores. Technol.*, 97: 961-965.
- ✓ Nakasaki, K., Nag, K. Karita, S. 2005. Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic composting of organic waste. *Waste Manag. Res.* 23 (1): 48-56.
- ✓ Rivera Y. (2016) Valoración del potencial de agua de lluvia como fuente de abastecimiento para potabilización mediante unidad potabilizadora INSTAPURA IP-15SC. (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Orizaba, Veracruz. p 50.
- ✓ Siller D. y Barrera A. (2011) Sistema de captación de agua de lluvia. Repositorio Institucional. Universidad Veracruzana, Facultad de Arquitectura. Rúa (82). p. 14-19
- ✓

## ANEXOS



30 de Junio 2020

**MIQ.LUIS ALBERTO SÁNCHEZ BAZÁN**  
Director de la Facultad de Ciencias Químicas  
Orizaba, Veracruz. Universidad Veracruzana.

Maestro Bazán:

Por este conducto nos permitimos manifestarle a Usted, nuestro sincero agradecimiento, por la valiosa y entusiasta participación de profesores y estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental en el periodo de mi presidencia del Club Rotario Córdoba que inició en julio 2019 y concluye hoy 30 de junio 2020, Periodo en que tuvieron a bien apoyar nuestro proyecto **"TRES ACCIONES CONTRA EL CAMBIO CLIMATICO"**.

- 1.- Genero menos basura (Llenado de botellas con Pet)
- 2.- Uso Bolsas ecológicas.
- 3.- Adopto un árbol, Planto mi futuro.

El apoyo principal se dio en la tercera acción. En que los estudiantes y profesores guiaron amablemente las acciones para recepcionar, cuidar, distribuir y capacitar a los receptores de los árboles motivo del proyecto. Sin su apoyo y colaboración este proyecto no habría podido ser tan exitoso y le comparto que ROTARY INTERNATIONAL, nos ha felicitado por esta acción junto con otros 100 proyectos ambientales desarrollados por Rotarios en todo el mundo.

Por todo ello, reciba y haga extensivo nuestro reconocimiento a los participantes en este proyecto: académicos y estudiantes de su Facultad. Gracias.

Rotariamente  
  
Sixta Beatriz Méndez