



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Emisión de Gases Carbonados de Efecto Invernadero en Humedales  
Artificiales del Sistema Francés**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO**

**DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**MARÍA PAZ LARGO MEJÍA**

**GEOVANNA PAULINA PULLA ABAD**

**DIRECTOR:**

**ING. MARÍA BELÉN ARÉVALO DURAZNO**

**CUENCA, ECUADOR**

**2024**

## DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María, por ser mi pilar fundamental y fuente de sabiduría durante toda mi vida.

A mi madre María, la persona que más amo y admiro, mujer a quien respeto, adoro y valoro por el esfuerzo que ha realizado para que yo pueda cumplir todas mis metas y propósitos. La admiración hacia ella no tiene límites; los valores y virtudes que se encuentran en mí son fruto del amor que me ha dado a lo largo de mi vida.

A mi hermana Fernanda, por ser la mejor amiga que he podido tener, mi apoyo incondicional, por acompañarme en cada uno de los pasos que he dado y por todos los logros que hemos compartido juntas. Su presencia me ha dado la fuerza para superar los desafíos y alcanzar mis sueños.

A mi familia Mejía Mejía, abuelitos, tíos, tías, primos y primas, pero en especial a Esperanza y Eva, por ser las personas que me inspiraban cada día a seguir adelante y cumplir con todo lo que me propongo.

A mi Maggie y Bianca, que en los momentos más difíciles fueron mi motivación, seres que me llenan de alegría y amor todos los días.

A mi consejero, amigo y padrino, el Padre Marcelo López, por estar presente la mayor parte de mi vida, dándome los mejores consejos y llenándome de cariño y alegría con cada uno de sus abrazos y palabras de aliento.

MARÍA PAZ LARGO MEJÍA

## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen Auxiliadora por bendecirme y darme la oportunidad de cumplir una meta importante en mi vida.

A mis padres: Santiago y Soledad por los valores que me han enseñado, los cuales han sido fundamentales para mi crecimiento como persona. Con su amor, cariño y apoyo incondicional me han motivado a lo largo de esta carrera.

A mis hermanas: Cristina, Karina y Marian porque son las personas con las que siempre he podido contar. Con su apoyo moral, han estado a mi lado motivándome para lograr mis metas y me han ayudado a superar dificultades cuando lo he necesitado.

GEOVANNA PAULINA PULLA ABAD

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios y a la Virgen por estar a nuestro lado en todo momento y permitirnos lograr un objetivo más en nuestra vida.

A nuestros familiares que han estado presentes para apoyarnos en todo momento y por su cariño que nos brindaron.

Un especial agradecimiento a la Ingeniera María Belén Arévalo y al Ingeniero Josué Larriva, quienes dirigieron nuestro trabajo de titulación y nos orientaron de la mejor manera para su desarrollo. A lo largo de la carrera, nos han transmitido todos sus conocimientos y enseñanzas que nos ayudarán a ser buenas profesionales.

A todos nuestros profesores que nos guiaron en nuestra etapa universitaria con sus conocimientos y enseñanzas que nos servirán para nuestro futuro.

MARÍA PAZ LARGO MEJÍA; GEOVANNA PULLA ABAD

**RESUMEN**

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical de tipo francés son ampliamente utilizados para el tratamiento de aguas residuales crudas; sin embargo, la emisión de gases de efecto invernadero en estos sistemas no han sido estudiados a profundidad. Así, el presente estudio se realizó en dos humedales piloto ubicados en Cuenca, Ecuador, en los cuales se midieron los gases de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ) mediante cámaras de muestreo. Los flujos promedio de  $\text{CO}_2$  registrados fueron de  $24704,11 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  para el humedal 1 y de  $18607,29 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  para el humedal 2. Por otra parte, se registraron flujos promedio de  $\text{CH}_4$  de  $45,92 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  para el humedal 1 y de  $34,25 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  para el humedal 2. Se encontró que, durante la fase de alimentación, se emiten mayores flujos de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ , mientras que en la fase de descanso se mantienen las emisiones, aunque a niveles más bajos. Así mismo, los humedales saturados tienden a liberar mayores cantidades de ambos gases en comparación con humedales en condiciones normales.

**Palabras clave:** Humedales artificiales, aguas residuales, gases de efecto invernadero, dióxido de carbono, metano.

**ABSTRACT**

French vertical flow constructed wetlands are widely used to treat raw wastewater. Nevertheless, greenhouse gases emissions in these systems have not been deeply studied. In this context, the current investigation was carried out within two pilot wetlands located in Cuenca, Ecuador in which carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) gases were measured through sampling chambers. The average CO<sub>2</sub> fluxes registered were of 24704,11 mg·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> for wetland 1 and of 18607,29 mg·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> for wetland 2. Additionally, average CH<sub>4</sub> fluxes of 45,92 mg·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> and of 34,25 mg·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> were observed for wetland 1 and wetland 2, respectively. During the feeding phase, higher fluxes CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> were emitted, while in the rest phase some emissions were registered, although in a lower level. Finally, the study found that saturated wetlands tend to release higher fluxes of both gases in comparison to unsaturated wetlands.

**Keywords:** Constructed wetlands, wastewater, greenhouse gases, carbon dioxide, methane.