



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Estudio de Emisiones Nitrogenadas en Humedales de Flujo  
Vertical Tipo Francés”**

**Trabajo previo a la obtención del grado académico de Ingeniero  
Civil**

**Autores:**

**Jonnathan Javier Genovez Muñoz**

**Doménica Sofía Ochoa Pérez**

**Director/a:**

**María Belén Arévalo Durazno**

**Cuenca - Ecuador**

**2024**

## **Dedicatoria**

Este trabajo de titulación es dedicado de manera especial a mis padres, Boris y Mónica, quienes han sido mi mayor apoyo y fortaleza a lo largo de toda mi carrera. Les expreso mi más profundo agradecimiento por todo su respaldo; todo lo que he logrado se los debo a ustedes.

A mis hermanos, Sebastián y Emilia, por sus constantes palabras de aliento. Gracias por siempre motivarme a seguir adelante y ayudarme en todo lo posible.

A mis abuelos, Galo y Betty, por su inquebrantable apoyo. De manera especial, dedico este trabajo a Papito Raúl, quien ahora me cuida desde el cielo.

Por último, pero no menos importante, a mis amigos, quienes han llenado esta etapa universitaria de alegría y gratos momentos.

## **Doménica Sofía Ochoa Pérez**

En primer lugar, me gustaría expresar mi sincero agradecimiento a mis padres por su constante apoyo, sabios consejos. También quiero extender mi gratitud a mi pareja y amigos, quienes me brindaron su apoyo durante esta etapa de mi vida. Agradezco profundamente su ayuda, compañía y los momentos de alegría que compartimos a lo largo de este proceso.

## **Jonnathan Javier Genovez Muñoz**

## **Agradecimiento**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay por su invaluable colaboración en nuestro proceso formativo. Asimismo, deseamos extender nuestro reconocimiento a la ingeniera María Belén Arévalo por su inestimable apoyo, dedicación y tiempo, elementos fundamentales para el éxito de nuestra labor.

Por último, queremos agradecer a la empresa ETAPA EP por brindarnos la oportunidad de utilizar sus instalaciones durante la elaboración de este trabajo.

**Doménica Sofía Ochoa Pérez - Jonnathan Javier Genovez Muñoz**

## **Estudio de las Emisiones Nitrogenadas en Humedales de Flujo Vertical Tipo Francés**

### **Resumen**

Las emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de tratamiento de aguas residuales han cobrado gran importancia en los últimos años. Sin embargo, el potencial de emitir dichos gases, específicamente óxido nitroso ( $N_2O$ ), por humedales de flujo vertical del sistema francés no se ha estudiado a detalle. En la presente investigación se analizaron las emisiones de  $N_2O$  en dos humedales piloto de flujo vertical tipo francés ubicados en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Uno de los pilotos funcionó en condiciones saturadas, mientras que el otro piloto en condiciones no saturadas. En los dos pilotos se llevaron a cabo mediciones de las emisiones  $N_2O$ , y de la calidad de agua entrada y salida. Los resultados mostraron que este tipo de humedales emite flujos más altos de  $N_2O$  comparados con otro tipo de tratamientos. Además, se encontró una considerable diferencia en el flujo de  $N_2O$  de cada humedal, demostrando la influencia de las condiciones de saturación. Finalmente, frente a las emisiones registradas se plantearon posibles estrategias de manejo.

**Palabras claves:** humedales de flujo vertical tipo francés, nitrógeno, emisiones, concentraciones, cambio climático.

**Abstract**

Greenhouse gas emissions in wastewater treatment systems have gained great importance in the last years. However, the potential to emit such gases, specifically nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), by French-type vertical flow constructed wetlands hasn't been studied in detail. In the present investigation, N<sub>2</sub>O emissions were analyzed in two pilot French-type vertical flow wetlands located in Cuenca, Ecuador. One of the pilots operated under saturated conditions, while the other pilot was under unsaturated conditions. In both pilots, measurements of N<sub>2</sub>O emissions, and inlet and outlet water quality were carried out. The results showed that these types of wetlands emit higher fluxes of N<sub>2</sub>O compared to other treatment type. In addition, a considerable difference was found in the N<sub>2</sub>O flux of each wetland, demonstrating the influence of saturation conditions. Finally, possible management strategies were proposed for the emissions recorded.

**Keywords:** French-type vertical flow wetlands, nitrogen, emissions, concentrations, climate change.