

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**“CALIDAD AMBIENTAL DE DOS POZAS FORMADAS POR LA  
MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL, EN DOS ÉPOCAS, EN LA  
COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, REGIÓN MADRE DE DIOS,  
2019”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR(ES):**

Bach. MUÑOZ USHÑAHUA, Adenka  
Estela

Bach. PALOMINO LEON, Bozz

**ASESOR (A):**

M.Sc. MANRIQUE LEON, Saúl Juan

**CO-ASESOR (A):**

M.Sc RODRÍGUEZ ACHATA, Liset.

**Puerto Maldonado, enero 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**“CALIDAD AMBIENTAL DE DOS POZAS FORMADAS POR LA  
MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL, EN DOS ÉPOCAS, EN LA  
COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, REGIÓN MADRE DE DIOS,  
2019”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR(ES):**

Bach. MUÑOZ USHÑAHUA, Adenka  
Estela

Bach. PALOMINO LEON, Bozz

**ASESOR (A):**

M.Sc. MANRIQUE LEON, Saúl Juan

**CO-ASESOR (A):**

M.Sc RODRÍGUEZ ACHATA, Liset

**Puerto Maldonado, enero 2022**

## I. Dedicatoria

La presente tesis es dedicada de manera especial a Dios, por la bendición de permitirnos de llevar a cabo este sueño y meta, de culminar nuestra carrera profesional. A nuestros padres, Isabel Ushñahua Sandy y Rodolfo Muñoz Tirina, padres de Adenka Muñoz y, Cansio Palomino, papá de Bozz Palomino, por el arduo trabajo que ellos realizan hacia nosotros en nuestra formación como seres humanos en la sociedad y habernos apoyado constantemente. Son excelentes padres que tienen la admiración infinita de nosotros, gracias a ellos nosotros podemos seguir avanzando para mejorar cada uno nuestro futuro en sus distintos caminos. También, es dedicada a Nancy Ushñahua Sandy, María Estela Sandy Ríos, Jonathan Muñoz Ushñahua, Nancy Beatriz Muñoz y Rodolfo Muñoz Ushñahua, familiares de Adenka Muñoz y, a Dorina Palomino Leon, hermana de Bozz Palomino, por su apoyo incondicional en nuestras vidas.

Los Autores.

## II. Agradecimientos

Primero, agradecemos a Dios por nuestras vidas y por la presentación de la presente tesis. Seguido, agradecemos a nuestras familias por cada palabra de aliento, apoyo moral y económico para poder culminar la carrera profesional de la escuela académico de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente.

Así mismo, agradecemos a nuestra casa de estudios Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) por el uso de sus instalaciones, salones y laboratorios de enseñanza. De igual manera, a todos los docentes de los diferentes departamentos académicos que nos enseñaron, sintiéndonos agradecidos con cada uno de ellos por compartir sus conocimientos y experiencias, el cual fue el inicio de nuestro crecimiento y formación profesional. En la etapa de revisión y aprobación de la tesis agradecemos a nuestro jurado calificador, MSc. Blga. Martha Olivera Condori, MSc. Ing. Telésforo Vásquez Zavaleta y Dr. Blgo. Germán Correa Núñez.

Nuestro agradecimiento al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) sede Madre de Dios, dirigido por el MSc. Ing. Ronald Corvera Gomringer (Director Regional), al MSc. Ing. Manuel Gabriel Velásquez Ramírez (Investigador del Proyecto de Áreas degradadas y Manejo sistémico del Bosque) y a al equipo técnico del IIAP, por haber apoyado con todas las gestiones a nivel institucional del IIAP para cubrir con el presupuesto económico de la tesis por medio del proyecto ganado del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT), por el asesoramiento intelectual, por los materiales prestados para el trabajo en campo y por las instalaciones brindadas para el análisis de las muestras como, Laboratorio de Análisis de Fertilidad de Suelo y Planta (LAFES) y Laboratorio de Mercurio y Química Ambiental (LAMQA). Asimismo, al Banco Mundial y FONDECYT del Perú, que a través de su convocatoria de Proyectos de

Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico 2018-01, proyecto ganador “Sistemas de recuperación de áreas degradadas por la minería aurífera aluvial con especies vegetales locales y que tienen potencial económico y ecosistémico en Madre de Dios” del IIAP, liderado por el MSc. Ing. Manuel Gabriel Velásquez Ramírez, que mediante su fondo concursable nos han apoyado económicamente con servicios, viáticos y análisis en laboratorios acreditados para la tesis.

El agradecimiento a nuestros asesores de tesis, MSc. Ing. Saúl Manrique Leon y en especial al MSc. Quím. Liset Rodríguez Achata, por el asesoramiento de nuestra tesis para ejecución e interpretación de los resultados. MSc. Quím. Liset Rodríguez Achata en su condición como responsable del Laboratorio Ambiental Regional de la UNAMAD, agradecimiento por el uso del ambiente de investigación para la tesis. También, hacemos énfasis en el agradecimiento al Blgo. Julio Araujo, por haber ayudado con la identificación de peces en la Colección Científica de Ictiofauna (CCI) de la UNAMAD, de la cual es Director científico.

Agradecemos de manera particular a Nancy Muñoz Ushñahua, Renny Cáceres Cardicel, Pedro Nasimento Herbay, Edwin Becerra, Ana Cortijo Bellido, Miguel Macedo y Litcely Hilaes, por su apoyo en temas administrativos, en los muestreos en campo y análisis en laboratorios.

### III. Resumen

La minería aurífera aluvial deja muchos pasivos ambientales, uno de ellos son las pozas. Se evaluó la calidad fisicoquímica (CF), microbiológica (CM), ecológica (CE) del agua y del sedimento (CS) de dos pozas (PC y PG), resultantes de la actividad minera aurífera aluvial, en temporada de estiaje (TE) y temporada lluviosa (TLL), elegidas por muestreo no probabilístico. La toma de muestras y análisis se realizaron según métodos y protocolos oficiales, contrastando los resultados con los ECA, índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y BMWP, y con los valores interinos ( $V_i$ ) establecidos en CEDQG. La CF de las dos pozas superó los ECA. La CM de la PG superó los ECA en TE y TLL; en cambio, en la PC en TE y TLL la CM fue significativamente diferente, superando los ECA y siendo más de veinte veces mayor la cantidad de coliformes termotolerantes en TE que en TLL. La CE de la PG fue medianamente contaminada en TE y TLL según el  $H'$ ; fue fuerte y medianamente contaminada, en TE y TLL, respectivamente según el  $H'$  para peces; fue crítica en TE y dudosa en TLL según el BMWP. Mientras que, en la PC la CE fue ligeramente contaminada para ambas temporadas según el  $H'$  para plancton, ligeramente contaminada en TE y medianamente contaminada en TLL según el  $H'$  para peces; crítica en TE y dudosa en TLL según el BMWP. En ambas pozas la CE se ha visto afectada, debido a que el bentos y el plancton se encontrarían en estrés por las condiciones del agua. La CS de la PG y PC, supera los  $V_i$  establecidos en CEDQG, lo cual indicaría contaminación de metales pesados en el sedimento de las pozas. Los resultados sugieren que la poza está más contaminada cuando tiene un tiempo de abandono menor a dos años.

Palabras clave: Calidad de agua, calidad de sedimento, minería aurífera aluvial, pasivos ambientales, Amazonia.

#### IV. Abstract

Alluvial gold mining leaves many environmental liabilities, one of them being ponds. The physicochemical (CF), microbiological (CM), and ecological (CE) quality of the water and of the sediment (SC) of two pools (PC and PG), resulting from the alluvial gold mining activity, in the dry season (TE) and in the rainy season (TLL), chosen by non-probabilistic sampling. Sampling and analysis were carried out according to official methods and protocols, contrasting the results with the RCTs, Shannon-Wiener ( $H'$ ), and BMWP indices, and with the interim values ( $V_i$ ) established in CEDQG. The CF of the two wells exceeded the ECA. The CM of the PG exceeded the RCTs in TE and TLL; On the other hand, in the PC in TE and TLL, the CM was significantly different, surpassing the ECA and being more than twenty times greater than the number of thermotolerant coliforms in TE than in TLL. The CE of the PG was moderately contaminated in TE and TLL according to  $H'$ ; it was strongly and moderately contaminated, in TE and TLL, respectively according to the  $H'$  for fish; it was critical in TE and doubtful in TLL according to the BMWP. While, in the PC, the EC was slightly contaminated for both seasons according to  $H'$  for plankton, slightly contaminated in TE, and moderately contaminated in TLL according to  $H'$  for fish; critical in TE and doubtful in TLL according to the BMWP. In both pools, the EC has been affected, because the benthos and the plankton would be under stress due to the water conditions. The CS of the PG and PC exceeds the  $V_i$  established in CEDQG, which would indicate contamination of heavy metals in the sediment of the pools. The results suggest that the well is more contaminated when it has been abandoned for less than two years.

Keywords: Water quality, sediment quality, alluvial gold mining, environmental liabilities, Amazonia.