



UNAP



**FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN
AMBIENTAL**

TESIS

**“PRESENCIA DE CADMIO (Cd) EN LA CUENCA DEL RÍO
NANAY COMO INDICADOR DE TOXICIDAD EN EL GRANO
SECO DE CACAO - IQUITOS-LORETO. 2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

RODOLFO VALENTINO AREVALO VELA

ASESOR:

Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2022



FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
GESTIÓN AMBIENTAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS No. 0151-CGYT-FA-UNAP-2022.

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Agronomía, a los 30 días del mes de diciembre del 2022, a horas 12:00m. se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "PRESENCIA DE CADMIO (Cd) EN LA CUENCA DEL RIO NANAY COMO INDICADOR DE TOXICIDAD EN EL GRANO SECO DE CACAO - IQUITOS-LORETO. 2022", aprobado con Resolución Decanal No. 099-CGYT-FA-UNAP-2022, presentado por el Bachiller: **RODOLFO VALENTINO AREVALO VELA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**, que otorga la Universidad de acuerdo a la Ley y Estatuto.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal No. 0137-CGYT-FA-UNAP-2022, está integrado por:

Ing. JULIO ABEL MANRIQUE DEL AGUILA, Dr. **Presidente**
Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc. **Miembro**
Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS, M.Sc. **Miembro**

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas:

..... A Satisfacción

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la Tesis han sido: Aprobado con la calificación Muy Buena

Estando el Bachiller Apto para obtener el Título Profesional de
Ingeniero en Gestión Ambiental

Siendo las 1:30 p.m. se dio por terminado el acto **ACADÉMICO**.


Ing. JULIO ABEL MANRIQUE DEL AGUILA, Dr.
Presidente


Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc
Miembro


Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS, M.Sc.
Miembro


Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.
Asesor

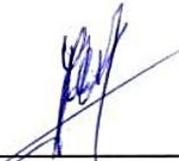
JURADO Y ASESOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Tesis aprobada en sustentación pública el día 30 de diciembre del 2022, por el jurado Ad-Hoc nombrado por el Comité de Grados y Títulos de la Facultad de Agronomía, para optar el título profesional de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL



Ing. JULIO ABEL MANRIQUE DEL AGUILA, Dr.
Presidente



Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.
Miembro



Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS, M.Sc.
Miembro



Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.
Asesor



Ing. FIDEL ASPAÑO VARELA, M.Sc.
Decano



RESULTADO DE SOLICITUD



Nombre del usuario:
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

ID de Comprobación:
80301816

Fecha de comprobación:
18.12.2022 11:51:48 -05

Tipo de comprobación:
Doc vs Internet

Fecha del Informe:
18.12.2022 11:52:13 -05

ID de Usuario:
Ocultado por Ajustes de Privacidad

Nombre de archivo: **RODOLFO VALENTINO AREVALO PEREZ**

Recuento de páginas: **48** Recuento de palabras: **9731** Recuento de caracteres: **58284** Tamaño de archivo: **595.88 KB** ID de archivo: **91383801**

24.5% de Coincidencias

La coincidencia más alta: **3%** con la fuente de Internet (<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/847>)

24.5% Fuentes de Internet 818 Página 50

No se llevó a cabo la búsqueda en la Biblioteca

8.16% de Citas

Citas 17 Página 51

No se han encontrado referencias

0% de Exclusiones

No hay exclusiones

DEDICATORIA

Para el ángel que me cuida desde el cielo, que me dio la lección más grande del mundo, que mientras estuve en el proceso de dejarlo todo, me dio motivos y razones para continuar, para ti Rodolfo Arévalo.

Para la mujer que me dio la vida, que sin ella todo hubiera sido más difícil, que desde muy pequeño fue un pilar en mi formación como persona y ahora como profesional, para ti María Urbana.

Para mi hermosa bailarina de ballet que con su sonrisa y alegría pintan de color el aura del hogar, para ti María Victoria.

Para mi mejor amigo y próximamente bombero voluntario, que estuvo a mi lado todo el tiempo y es testigo de todo el esfuerzo y dedicación que hago día a día para sacar adelante a nuestra familia, para ti Mariano Germano.

Para mi Ingeniero Mecatrónico, que con su alma pura y corazón noble ayuda a los demás sin pedir nada a cambio y aunque no muestre la realidad de sus sentimientos sabe que cuando lo hace, es real y sincero, para ti César Antonio.

Para la mujer que siempre estuvo con nosotros, que siempre nos dio amor como si fuéramos sus hijos, que caminó de nuestras manos desde que empezamos a vivir, para ti María Camila.

Para la niña que me muestra que ante todo pronóstico debes mantener una sonrisa, ser positivo y darle tiempo al tiempo, que las cosas así toman su rumbo y lugar, para ti Mercedes del Rosario.

A mi yo del pasado, mira lo que logramos, todo esto es gracias a ti, a tus ganas de vivir, a tus ganas de salir adelante, gracias por jamás rendirte y por enfocarte en terminar todo lo que empezaste.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, por abrirme sus puertas y permitirme ser parte de su historia.

A mis docentes, personas que durante mucho tiempo se capacitaron y se prepararon para formar profesionales, por aportar día a día conocimientos nuevos y grandes experiencias a cada uno de sus estudiantes.

A mi asesor de tesis Ing. Pedro Antonio Gratelly Silva Dr., por la dedicación y paciencia, siendo mi mentor para culminar con éxito mi etapa universitaria y proceder a ser un gran profesional.

A la Administración Local del Agua Iquitos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), por facilitar la información y las orientaciones adecuadas del análisis de agua de la cuenca del Nanay que realizan.

A Zoila Silva, por darme ánimos y apoyo en el peor momento de mi vida, se puso la responsabilidad al hombro de ayudarme hasta el último para poder culminar mis estudios.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR.....	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE MAPAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Bases teóricas	5
1.2.1. El Cacao.....	5
1.2.2. Hábitat del Cacao	5
1.2.3. Beneficios del Cacao como alimento	5
1.2.4. El cadmio.....	6
1.2.5. Efectos de Cadmio en la salud	7
1.2.6. El Cadmio y el Cacao en el Perú	7
1.3. Definición de términos básicos	8
CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	11
2.1. Formulación de la hipótesis	11
2.2. Variables y definiciones operacionales	11
2.2.1. Variables	11
2.2.2. Operacionalización de variables	12
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño	13
3.1.1. Tipo de investigación.....	13
3.1.2. Diseño de investigación.....	13
3.2. Diseño muestral.....	13
3.2.1. Área de estudio	13
3.2.2. Población.....	13
3.2.3. Muestra	14
3.3. Procedimientos de recolección de datos.....	14

3.3.1. Tipo de datos recolectados	14
3.3.2. Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	14
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	14
3.5. Aspectos éticos.....	15
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	16
4.1. Puntos de Monitoreo de Concentración Anual de Cadmio en la Cuenca del Rio Nanay	16
4.1.1. Puntos de Monitoreo de los parámetros del agua en el río Nanay.....	16
4.1.2. Puntos de Monitoreo de los parámetros del agua en el río Momón	17
4.1.3. Puntos de Monitoreo de los parámetros del agua en el río Pintuyacu.....	18
4.1.4. Puntos de Monitoreo de parámetros del agua en el río Chambira.....	19
4.1.5. Puntos de Monitoreo de parámetros del agua en los lagos y cochas de la Cuenca baja del rio Nanay	20
4.1.6. Puntos de Monitoreo de los parámetros del agua en la Quebrada Pucayacu.....	21
4.2. Cambios en la concentración anual de cadmio según época de creciente y vaciante en la cuenca del río Nanay	22
4.2.1. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2018.....	22
4.2.2. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2019.....	23
4.2.3. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2020.....	24
4.2.4. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2021.....	25
4.3. Evolución de la concentración de cadmio y los valores predictivos según lugares de muestreo.....	26
4.3.1. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Llanchama	26
4.3.2. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Morona cocha	27
4.3.3. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Rumo cocha.....	28

4.3.4. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Zungaro cocha.....	30
4.3.5. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la quebrada Allpahuayo.....	31
4.3.6. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la Quebrada Pucayacu.....	33
4.3.7. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la Quebrada Santo Tomas	34
4.3.8. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el Rio Chambira	35
4.3.9. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Momón	37
4.3.10. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Nanay.....	38
4.3.11. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Pintuyacu	39
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	41
5.1. Sobre los puntos de monitoreo de concentración anual de Cadmio en la cuenca del rio Nanay.....	41
5.2. En relación a la evolución de la concentración de cadmio según época de creciente y vaciante cuenca del Nanay.	42
5.3. En relación a los valores predictivos de la concentración de Cadmio	43
5.3.1. A nivel de cochas de la cuenca media y baja	43
5.3.2. A nivel de quebradas de la cuenca baja y media	43
5.3.3. A nivel de ríos de la cuenca.....	44
5.4. La presencia de Cadmio como indicador de Toxicidad en la cuenca del río Nanay	45
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	47
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	49
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	50
ANEXO.....	53
Anexo 1: matriz de consistencia	54

ÍNDICE DE MAPAS

	Pág.
Mapa 1. Los puntos de monitoreo en el río Nanay.....	16
Mapa 2. Los puntos de monitoreo en el río Momón	17
Mapa 3. Puntos de monitoreo en el río Pintuyacu.....	18
Mapa 4. Puntos de monitoreo en el río Chambira.....	19
Mapa 5. Puntos de monitoreo en las cochas de Llanchama, Rumo cocha y Morona cocha.....	20
Mapa 6. Punto de monitoreo en la Quebrada Pucayacu.....	21

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfica 1. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2018.....	22
Gráfica 2. Concentración de cadmio en época de vaciante y creciente para el año 2019.....	23
Gráfica 3. Concentración de cadmio en época de vaciante y creciente para el año 2020.....	24
Gráfica 4. Concentración de cadmio en época de vaciante y creciente para el año 2021.....	25
Gráfica 5. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Llanchama.....	27
Gráfica 6. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Morona cocha.....	28
Gráfica 7. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Rumo cocha	29
Gráfica 8. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Zungaro cocha	31
Gráfica 9. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la quebrada Allpahuayo.....	32
Gráfica 10. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la Quebrada Pucayacu.....	34
Gráfica 11. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la Quebrada Santo Tomas	35
Gráfica 12. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Chambira.....	36
Gráfica 13. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Momón	38
Gráfica 14. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Nanay.....	39
Gráfica 15. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Pintuyacu.....	40

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Cuenca del río Nanay, Maynas, Loreto, para determinar los niveles de concentración de Cadmio (Cd) y su relación con la toxicidad en el cultivo del Cacao. Es una investigación cuantitativa, descriptivo, analítico, horizontal y predictivo. La información secundaria utilizada de los monitoreos ambientales del agua fue realizada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) los Años 2012 – 2021. El estudio analiza información de 22 puntos de muestreo en diferentes localizaciones para el monitoreo de los parámetros del agua superficial y las variaciones en la concentración de Cadmio. Se construyó una base de datos de las series temporales de las concentraciones de cadmio, su procesamiento informático, análisis, modelamiento y predicción mediante Modelo matemático Holt-Winters .

Los niveles de concentración de cadmio en las cochas de la cuenca baja y media del río Nanay: Llanchama, Moronacocha, Rumo cocha y Zungaro cocha muestran unos valores de concentración con tendencia creciente en los próximos monitoreos, superiores al LMP de cadmio. Para las quebradas como Allpahuayo y Pucayacu reportan valores crecientes que no llegan a superar el LMP, a excepción de la quebrada Santo Tomas, que reporta valores de concentración superiores al LMP de 0.00025 mg/L de cadmio en el agua. En los ríos de la cuenca, como en los ríos Chambira, Momón se reportan valores con tendencia creciente superiores al LMP. Mientras que en el rio Nanay y el Pintuyacu reportan valores con tendencia decreciente con valores por debajo del LMP de concentración de cadmio. Se concluye que los valores de concentración son muy similares con ligeras fluctuaciones para época de creciente y vaciante, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que indica que los Niveles de concentración de Cadmio en el Agua de la cuenca del Nanay no superan los límites máximos permisible.

Palabras clave: Concentraciones de cadmio, límites permisibles, toxicidad, cultivo de cacao.

ABSTRACT

The research was carried out in the Nanay River Basin, Maynas, Loreto, to determine the concentration levels of Cadmium (Cd) and its relationship with toxicity in the cocoa crop. It is a quantitative, descriptive, analytical, horizontal and predictive research. The secondary information used from the environmental monitoring of the water was carried out by the National Water Authority (ANA) in the years 2012 - 2021. The study analyzes information from 22 sampling points in different locations for monitoring the parameters of surface water and the variations in the cadmium concentration. A database of time series of cadmium concentrations, their computer processing, analysis, modeling and prediction was built using the Holt-Winters mathematical model.

The levels of cadmium concentration in the lakes of the lower and middle basin of the Nanay river: Llanchama, Moronacocha, Rumo cocha and Zungaro cocha show concentration values with an increasing trend in the next monitoring, higher than the LMP of cadmium. For streams such as Allpahuayo and Pucayacu, they report increasing values that do not exceed the LMP, with the exception of the Santo Tomas stream, which reports concentration values above the LMP of 0.00025 mg/L of cadmium in the water. In the rivers of the basin, such as the Chambira and Momón rivers, values with an increasing trend higher than the LMP are reported. While in the Nanay and Pintuyacu rivers they report values with a decreasing trend with values below the LMP for cadmium concentration. It is concluded that the concentration values are very similar with slight fluctuations for the growing and emptying seasons, therefore the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis is accepted, which indicates that the Cadmium concentration levels in the water of the river basin Nanay do not exceed the maximum permissible limits.

Keywords: Cadmium concentrations, permissible limits, toxicity, cocoa cultivation.

INTRODUCCIÓN

En el Perú actualmente el cultivo del cacao constituye un rubro de importancia económica en las exportaciones no tradicionales, generando empleo a muchas familias de productores de las regiones amazónicas del Perú y a toda la cadena de valor de ese producto. Sin embargo, las exportaciones del cacao hacia los mercados europeos se ven amenazadas por indicios de alta concentración de Cadmio en el cacao exportado, debido a los hallazgos de niveles superiores de Cadmio en comparación con los valores establecidos por la comunidad europea. Por lo tanto, la contaminación de productos alimenticios entre ellos el cacao para consumo humano se ha convertido en una preocupación en muchos países del Norte.

El Cadmio es un metal (pesado) traza sin funciones biológicas esenciales, por el contrario, es tóxico para plantas, animales y humanos en bajas concentraciones. Por su toxicidad en diversos los órganos está considerado como un carcinógeno en humanos. El cadmio está presente en el medio ambiente (agua, aire, suelo) procedente de fuentes naturales y de la actividad industrial y agrícola, pudiéndose acumular en los cultivos, organismos terrestres y acuáticos. Por consiguiente, se puede transmitir al ser humano a través del consumo de pescado y marisco, carne y vegetales y el consumo de agua con concentraciones de cadmio.

El cadmio no se puede eliminar una vez acumulado en el alimento, por lo que la principal forma de reducir su exposición es disminuyendo las emisiones industriales y agrícolas de cadmio al medio ambiente. Parte del Cd se libera naturalmente en los suelos a través de la meteorización de las rocas, que típicamente contienen concentraciones, los altos insumos provenientes de fuentes antropogénicas como la minería, la fundición, la industria microelectrónica y los fertilizantes de roca han aumentado significativamente el contenido de cadmio en muchos suelos en todo el mundo y por proceso de escorrentía llegan a los ríos y quebradas donde se

incorporan a la cadena trófica. Por lo tanto, pueden ingresar a la cadena alimentaria humana creando un riesgo potencial para la salud.

En consecuencia, es fundamental conocer, determinar los niveles de concentración de Cadmio (Cd) en la cuenca del Nanay a fin de evitarse el cultivo y la producción de cacao y otras especies alimenticias en suelos contaminados con Cadmio. Es por ello que el estudio estudia el contenido de cadmio del agua, con el suelo y las semillas de cacao y buscando encontrar la existencia de una relación significativa y que precise que los niveles de concentración de cadmio en el agua sería un indicador de contenido de cadmio y la toxicidad en las semillas del cacao. Y para ello se plantea la pregunta relevante de la presente tesis, ¿En qué medida es posible determinar la relación de la presencia de Cadmio (Cd) en el agua del río Nanay con la Toxicidad en el cultivo de Cacao?.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Venturo Minauro K. (1) en su tesis de investigación asegura que la presencia de metales pesados en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es actualmente un grave problema para agricultores y cooperativas en la región San Martín. Es por ello que esta investigación tuvo como objetivo la realización de análisis de los contenidos de cadmio en las partes de grano fresco y suelos en las zonas de Juanjuí y Pucacaca. Los resultados de las variables de: cd, pH y C.E; tomadas de muestras de tres variedades (CCN-51, ICS-95 e Híbrido) se analizaron en el laboratorio de Suelos y Agua de UNSM.

El contenido de cadmio en Juanjuí obtuvo un promedio de 0.046 ppm (testa: 0,039 ppm y cotiledón: 0,052 ppm) mientras que en Pucacaca 0,044 ppm (testa: 0,042 ppm y cotiledón: 0,047 ppm). El Híbrido obtuvo el valor de cadmio más alto con 0,054 ppm (testa: 0,048 ppm y cotiledón: 0.060 ppm), seguido de ICS-95 con 0,050 ppm (testa: 0,046 ppm y cotiledón: 0,054 ppm) y CCN-51 con 0,031 ppm (testa: 0,027 ppm y cotiledón: 0,035 ppm). Se realizó la correlación de Pearson entre los contenidos de cadmio, pH y C.E de las partes del grano fresco con variables físico-químicas del suelo; encontrando que el cadmio en el suelo tiene mucha correlación negativa con la conductividad eléctrica en la testa y cotiledón. El pH y cadmio en el suelo demostró la correlación positiva más alto de la investigación.

Chávez Sudario Y. (2) en su Tesis de Investigación realizó una evaluación sobre la concentración de cadmio en el suelo y frutos (granos de cacao) de una plantación de cacao, de la zona de Aucayacu; buscando a la vez demostrar la presencia de este metal pesado, en uno de los productos más importantes de la región Huánuco; y del Perú. En la cual su investigación tuvo como objetivo

principal: Evaluar la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020. Cuyos resultados en su investigación demostraron que la concentración de cadmio en el suelo fue de 0.21 ppm, resultados que fueron comparados con el ECA, indicando que no sobrepasa el ECA; para suelos agrícolas, pero demuestro que si existe la presencia de Cd en el suelo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Para Fruto (granos de cacao): La concentración de cadmio disponible en los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.), de una plantación de la zona de Aucayacu, fue de 0.638 ppm, estos resultados fueron comparados con el LMP, respectivo, indicando que sobrepasa el LMP (0.50 ppm).

López Ucarieque, J. et al (3) en un artículo científico cuyo propósito fue determinar el contenido de cadmio en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivado bajo 03 sistemas de manejo del cultivo. Donde emplearon un diseño completo al azar DCA con arreglo factorial, con 9 tratamientos (3 sistemas por 3 parcelas por sistema) y 3 repeticiones por parcela. Los resultados demostraron que entre los sistemas orgánico, químico y tradicional no evidencian diferencias significativas en el contenido de cadmio total en almendras, con promedios de 0.75, 0.71 y 0.54 ppm, respectivamente, sin embargo, están por encima de los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuyos límites máximos permitidos de cadmio en granos de cacao es de 0,50 mg/kg. Para el contenido de cadmio intercambiable en el suelo en los tres sistemas evaluados, se demostró que no hubo diferencias significativas (0.89 ppm, 0.86 ppm, 0.83 ppm) pero son ligeramente mayores a los reportados por otros investigadores de la zona.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. El Cacao

El cacao es un árbol americano de origen amazónico, conocido también como cacaotero, ya que por cacao se refiere normalmente al fruto que da dicho árbol, o incluso al producto del secado y la fermentación de las semillas de dicho fruto. Se trata de un árbol de hoja perenne, siempre en floración, que requiere de climas húmedos y calurosos. Suele medir alrededor de 7 metros si es cultivado y por encima de 20 en la naturaleza.

Paredes Arce M. (4).

1.2.2. Hábitat del Cacao

El hábitat natural del cacao es el interior de bosques lluviosos (sub) tropicales sudamericanos. El hábitat comprende zonas subtropicales secas a húmedas, así como zonas tropicales muy secas a húmedas. El cacao se cultiva normalmente a elevaciones bajo los 300 msnm, y en ambientes boscosos especialmente abrigados de Colombia puede alcanzar elevaciones de hasta 900 msnm. **Roque Gamarra J. (5).**

1.2.3. Beneficios del Cacao como alimento

El chocolate como un alimento, ya que es así como se consume, es nutricionalmente completo, ya que contiene aproximadamente un 30% de materia grasa, un 6% de proteínas, un 61% de carbohidratos, y un 3% de humedad y de minerales (fósforo, calcio, hierro), además de aportar vitaminas A y del complejo B. La materia grasa del chocolate es la manteca de cacao, la que contiene un 35% de ácido oleico, un 35% de ácido esteárico, y un 25% de ácido palmítico. El 5% restante está formado por diversos ácidos grasos de cadena corta cuya composición es típica

de las diferentes almendras de cacao. La estructuración de los triacilglicéridos que componen la materia grasa del chocolate, se caracteriza por tener un punto de fusión en el rango 27-32°C, y es esta la característica organoléptica más interesante del chocolate, ya que una barra de este producto se funde con relativa rapidez en el paladar humano formando, sin originar grumos, una masa cremosa de textura y sabor muy agradable. Los “chocolates”, de bajo costo, confeccionados con manteca de cacao “sintética”, o manteca industrial, no tienen esta característica, ya que la mayoría no funden a la temperatura corporal, de ahí el sabor desagradable y grasoso que producen en el paladar.

Valenzuela A. (6).

1.2.4. El cadmio

El cadmio no se encuentra en el ambiente como un metal puro; es más abundante en la naturaleza en forma de óxidos complejos, sulfuros y carbonatos en el cinc, plomo y menas de cobre. Es relativamente barato, ya que se trata de un subproducto del procesamiento de metales más valiosos, como el zinc y el cobre. Sus variadas aplicaciones en la galvanoplastia, la galvanostelgia y la galvanización, así como su uso en plásticos, pigmentos para crear tintes, pinturas, y cerámica, y baterías de níquel y cadmio, se deben a su gran resistencia a la corrosión y a sus propiedades electroquímicas. Los metales pesados constituyen un riesgo considerable para la salud por el contacto frecuente laboral y ambiental. Entre los más peligrosos se encuentran el plomo, el mercurio, el arsénico y el cadmio. En la población general la comida y los cigarrillos son las principales fuentes de exposición al cadmio, la cual suele ser de carácter crónico. **Pérez García P. (7).**

1.2.5. Efectos de Cadmio en la salud

Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de enfermedades. Al ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy altos genera irritación grave al estómago, a consecuencia de esto genera vómitos, diarrea y en ciertas ocasiones crónicas la muerte.

Ingestión de niveles o concentraciones bajas de cadmio, durante período prolongado de tiempo, generalmente produce acumulación de (Cd) en los riñones, y si se alcanza niveles altos por acumulación, se producirá daño al riñón. Además, una exposición continua a niveles bajos de cadmio durante un período prolongado, genera fragilidad en los huesos de manera que se pueden quebrar fácilmente. **Chávez Sudario Y. (2).**

1.2.6. El Cadmio y el Cacao en el Perú

Estamos cada vez más expuestos al cadmio en nuestra dieta. En respuesta a esto, la Unión Europea (UE) está estableciendo niveles máximos permisibles de cadmio en diferentes alimentos. En 2014, se establecieron los niveles máximos permitidos para el cadmio en los productos de cacao y chocolate vendidos en la UE. Esta medida ha traído preocupación a las naciones productoras de cacao en América Latina, pues la exportación a países de la UE representa gran parte del destino del cacao cultivado en América. **Meter, A. (8).**

La investigación científica para comprender el alcance del problema y reducir la acumulación de cadmio en los granos de cacao, por lo tanto, aliviando la carga económica para los pequeños agricultores, ha estado en marcha en Perú durante varios años. En 2017, el gobierno peruano proporcionó fondos para investigar el alcance de la acumulación de

cadmio en el cacao en todo el país. Estos fondos también se propusieron identificar genotipos con baja acumulación de cadmio y probar enmiendas del suelo que podrían reducir la absorción de cadmio en suelos. **Lubke C. (9).**

El proyecto se llevó a cabo a una escala sin precedentes, con la recolección de muestras de suelo, granos, hojas y raíces de 1.900 árboles de cacao en todo el país, y la instalación de dos ensayos de campo en el norte de Perú. Uno de los hallazgos más importantes hasta ahora es que las altas concentraciones de cadmio en los granos de cacao no están presentes en todo el Perú, sino que se concentran en solo unas pocas áreas. De las más de 1,000 muestras de frijol analizadas, las concentraciones altas de cadmio parecen estar restringidas principalmente a las regiones del norte y algunas áreas centrales del país. El sur del país no se ve afectado. Esto incluye el cacao del departamento de Cusco, que es conocido por el cacao chuncho, una popular variedad de cacao nativo fino de aroma. **Lubke C. (9).**

1.3. Definición de términos básicos

- **Contaminación:** Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud. **MINAM (10).**
- **Biodisponibilidad:** Característica de las sustancias tóxicas que indica la facilidad de incorporarse a los seres vivos mediante procesos o mecanismos, inhalación, ingesta o absorción, y que están influenciados por diferentes parámetros como, las rutas de exposición, las características fisiológicas del receptor y las características químicas del xenobiótico. **MINAM (10).**

- **Concentración:** concentración es una noción que describe a la relación, asociación o proporción que se puede establecer al comparar la cantidad de soluto (es decir, de sustancia capaz de disolverse) y el nivel de disolvente (es decir, la sustancia que logra que el soluto se disuelva) presentes en una disolución. Cuanto más baja sea la proporción de soluto disuelto, más chica será la concentración, y viceversa. **Pérez porto J. et al (11).**
- **Toxicidad:** Se denomina toxicidad al grado de efectividad que poseen las sustancias que, por su composición, se consideran tóxicas. Se trata de una medida que se emplea para identificar al nivel tóxico de diversos fluidos o elementos, tanto afectando un organismo en su totalidad (por ejemplo, el cuerpo del ser humano) como sobre una subestructura (una célula). **Pérez porto J. et al (12).**
- **Contaminación por metales pesado:** Son bastantes graves y hablando específicamente, cambia la alcalinidad del suelo, obviamente, depende mucho de la concentración. También contaminan el agua y los cultivos. En estos si es una cantidad excesiva de plomo se pueden producir algunas alteraciones en las plantas, también degrada el suelo, lo cual disminuye su productividad, si la contaminación es excesiva, puede llegar a producir desertificación. A nivel de los ríos y lagos, también afecta principalmente la fauna. El problema de la contaminación del medio ambiente por metales pesados es que su efecto es silencioso, no se ve, y cuando nos damos cuenta del daño que producen, ya es tarde y sobre todo peligrosos para la salud.
- **Eróstegui Revilla CP. (13).**
- **Cadmio:** Elemento metálico que se presenta de forma natural en pequeñas cantidades en el aire, el agua, el suelo y los alimentos. Es un subproducto de la refinación del zinc y se usa para fabricar pilas eléctricas, pigmentos, plásticos, aleaciones y galvanizaciones. También se encuentra en el tabaco

y el humo del cigarrillo. La exposición a concentraciones altas de cadmio a veces causa ciertos cánceres y otros problemas de salud. **Diccionario de cáncer del NCI (14).**

- **Contaminación de agua:** también conocida como contaminación hídrica, es la presencia de sustancias tóxicas en cuerpos de agua que pueden ser ríos, lagos, mantos acuíferos subterráneos, pozos o mares. Se caracteriza por la modificación de la composición natural del agua por agentes externos. Estos agentes la imposibilitan como medio para ser habitada por especies animales y vegetales, así como para la vida humana. **Ivette A. (15).**

CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

2.1. Formulación de la hipótesis

- **H₀**: Los Niveles de concentración de Cadmio en el Agua de la cuenca del Nanay superan los límites máximos permisible.
- **H₀**: Los niveles de concentración de cadmio en el agua no están relacionado con la toxicidad del grano de cacao.
- **H₁**: Los Niveles de concentración de Cadmio en el Agua de la cuenca del Nanay no superan los límites máximos permisible.
- **H₁**: Los niveles de concentración de cadmio en el agua están relacionado con la toxicidad del grano de cacao.

2.2. Variables y definiciones operacionales

2.2.1. Variables

Variable independiente

Presencia de Cadmio en la cuenca del Nanay

Variable dependiente

Nivel de Toxicidad en el Cacao.

2.2.2. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	TIPO DE VARIABLES POR SU NATURALEZA	INDICADORES - PARAMETROS	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORIA	VALORES DE LA CATEGORIA	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Variable dependiente: Nivel de Toxicidad en el Cacao	Esta variable nos permitirá conocer el grado o nivel de concentración de Cadmio (Cd) en el Cacao	Cuantitativa	Concentración de cadmio en el grano de cacao	De razón: mg/Kg	Continua	PD	Análisis de suelo del MINAGRI - LORETO
Variable independiente: Presencia de Cadmio en la cuenca del Nanay	En esta variable se determinará el grado o nivel de concentración de Cadmio (Cd) en toda la cuenca del Nanay	Cuantitativa	Época (vacante y creciente)	De razón: Mayor o menor concentración	Continua	PD	Muestreo por la Autoridad Nacional del Agua (2012 al 2021)
		Cuantitativa	Concentración	De razón: Mg/L ppm	Continua	PD	
		Cuantitativa	Lugares de muestreo	De razón: Aguas arriba y aguas abajo	Continua	PD	

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

3.1.1. Tipo de investigación

Es una investigación cuantitativa, descriptivo, analítico, horizontal y predictivo. La información secundaria fue obtenida a partir de los datos de monitoreos ambientales del agua realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en la Cuenca del Nanay de los Años 2012 – 2021. A partir de ella se evaluó y analizó la evolución de los contenidos de cadmio y en función a ello mostrar las tendencias de los cambios que se pudieran estar dando en relación al aumento o disminución de Cadmio en la Cuenca del Nanay en los próximos años y poder determinar su relación con el contenido de cadmio con el cultivo del cacao.

3.1.2. Diseño de investigación

Por la naturaleza de las variables el diseño de la investigación es **no experimental**, ya que no se realizó ningún tipo de manipulación a las variables del estudio. Es del tipo observacional, analítico, retrospectivo, horizontal, modelamiento y predicción.

3.2. Diseño muestral

3.2.1. Área de estudio

El área comprende el ámbito de la Cuenca del río Nanay, Ciudad de Iquitos, región Loreto.

3.2.2. Población

La población estuvo compuesta por las variaciones de concentración de cadmio en el agua superficial de la Cuenca del Nanay del 2012 al 2021.

3.2.3. Muestra

Conformada por los puntos de muestreo de agua superficial y las variaciones en la concentración de Cadmio de los monitoreos ambientales del agua realizados por el ANA, sobre el contenido de cadmio de la cuenca del Nanay del 2012 al 2021, los puntos muestreo estaban definidos por la ANA.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Tipo de datos recolectados

En la presente investigación se utilizó información secundaria de los monitoreos ambientales del 2012 al 2021, de donde se extrajo variaciones en la concentración del contenido de cadmio en el agua superficial de la cuenca del Nanay.

3.3.2. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

Se realizó una búsqueda, sistematización, organizar, revisión, validación de la información secundaria generada por la ANA. Su procesamiento informático, análisis, modelamiento y predicción con el Modelo matemático Hold Winter de las variaciones en la concentración de Cadmio en el agua, suelo y granos secos de cacao en la cuenca del Nanay del 2012 al 2021.

3.4. Procesamiento y análisis de los datos

Se realizó una búsqueda, sistematización, revisión, validación de la información secundaria generada por la ANA. Su procesamiento informático, análisis y

análisis predictivo sobre las variaciones en la concentración de Cadmio del agua superficial de la cuenca del río Nanay del 2012 al 2021.

Inicialmente se construirá una base de datos sobre las variaciones en la Concentración de cadmio de la Cuenca del Nanay de los Monitoreos realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de los años 2012 al 2021. Sobre esta base de datos se realizaron los análisis predictivos. de las series temporales de las concentraciones de cadmio para cual se utilizó el **Modelo Holt-Winters con suavizado exponencial** (13) y que permitió arribar a conclusiones relevantes en el estudio.

$$\bar{X}_t = A (\bar{X}_{t-1} + T_{t-1}) + (1 - A) X_t \quad (0 < A < 1)$$

$$T_t = BT_{t-1} + (1 - B) (\bar{X}_t - \bar{X}_{t-1}) \quad (0 < B < 1)$$

X_t = Valor observado de la serie

\bar{X}_t = Estimación de nivel

T_t = Estimación de tendencia

A y B = Constantes del suavizado, valores se encuentran entre 0 y 1

3.5. Aspectos éticos

Es un estudio que no involucra la participación de personas, sólo se trabajara con información secundaria disponible en base de datos. Pero si, se respetará el derecho y la confidencialidad de la información que considere oportuno la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Y por otro lado la existencia de la obligatoriedad del investigador a guardar la confidencialidad de la información, cumpliendo con el deber del secreto y sigilo a menos que autorice la persona adecuada; o en circunstancias extraordinarias por las autoridades apropiadas.

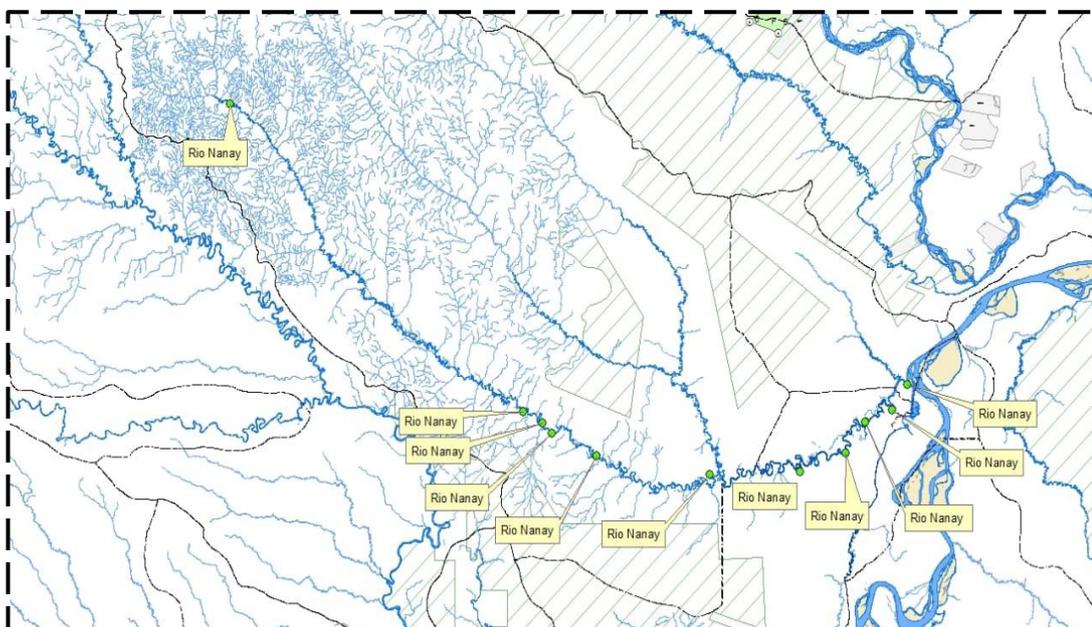
CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Puntos de Monitoreo de Concentración Anual de Cadmio en la Cuenca del río Nanay.

4.1.1. Puntos de Monitoreo de los parámetros del agua en el río Nanay.

El Nanay, es un río meándrico típico de las llanuras aluviales de la amazonia. Al ser un río que provee agua dulce a una de las poblaciones más grandes de la amazonia peruana está en constante monitoreo. Es por ello que el río concentra la mayor cantidad de puntos de monitoreo con once (11) puntos de monitoreo de parámetros ambientales, como se muestra en el mapa 1, se observa que en la cuenca media se tiene cinco (05) puntos, en la cuenca baja cinco (05) puntos y en la cuenca alta un (1) punto de monitoreo.

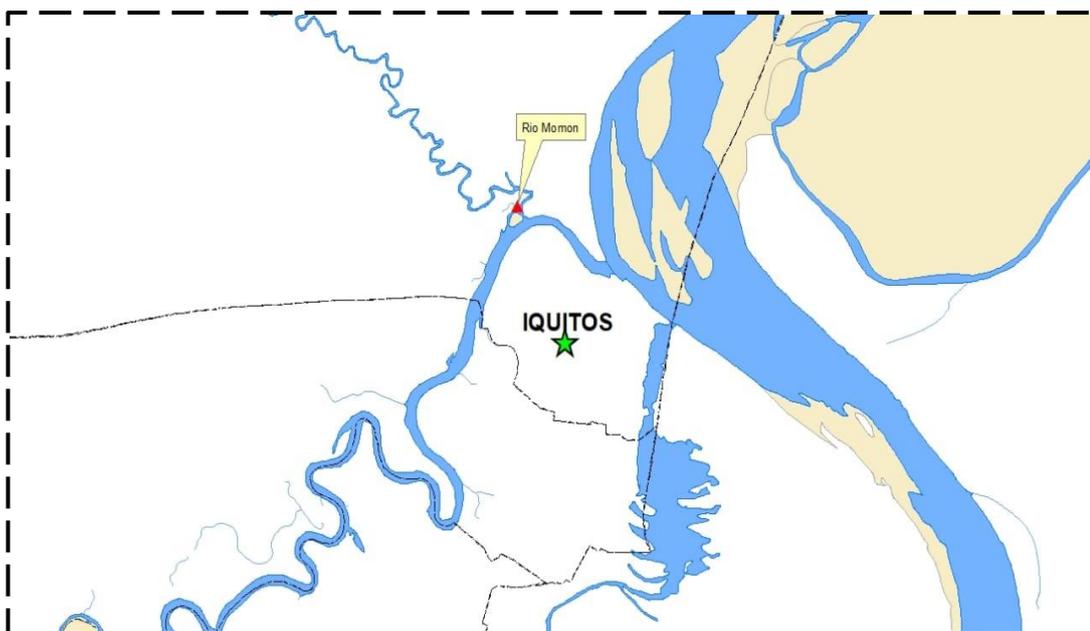
Mapa 1. Los puntos de monitoreo en el río Nanay



4.1.2. Puntos de Monitoreo de los parámetros del agua en el río Momón

El río Momón desemboca por la margen izquierda del río Nanay, muy próximo a la desembocadura del río Nanay en el río Amazonas. Al estar muy próximo a la desembocadura en el Amazonas sus aguas no representan importancia sobre las variaciones de los parámetros ambientales que pudieran producirse en el río Nanay. Este río solo se tiene un (01) punto de monitoreo que se ubica próximos a la desembocadura del río Momón en el río Nanay, como se muestra en el mapa 2.

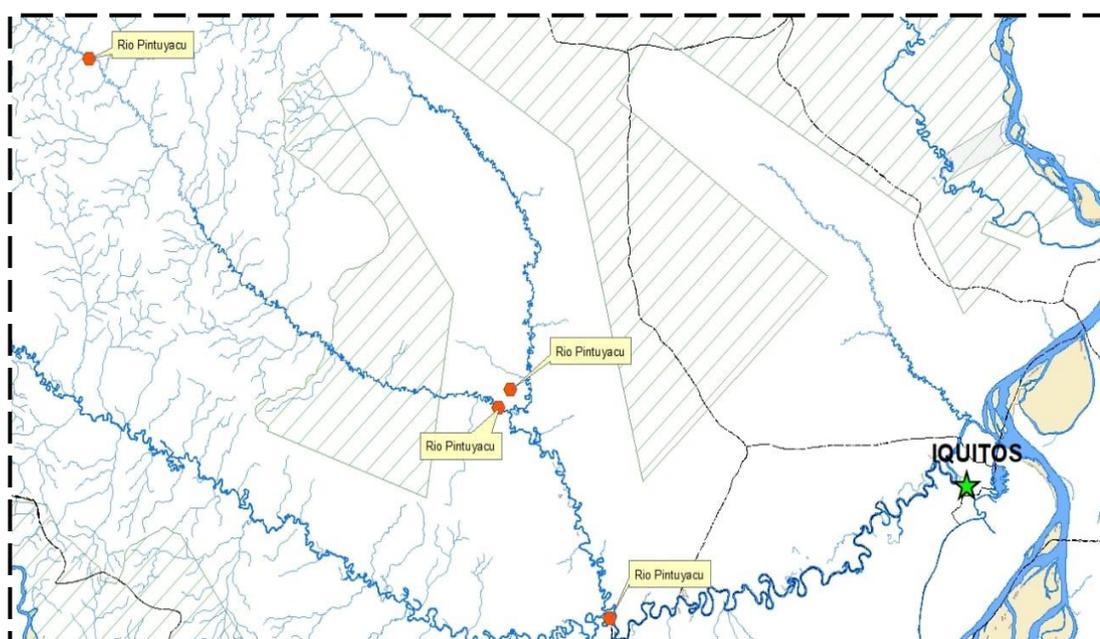
Mapa 2. Los puntos de monitoreo en el río Momón



4.1.3. Puntos de Monitoreo de los parámetros del agua en el río Pintuyacu

El río Pintuyacu desemboca por la margen izquierda de la cuenca media baja del río Nanay. Las aguas de este río representan importancia sobre las variaciones en los parámetros ambientales que pudieran producirse en el río Nanay. Este río concentra cuatro (04) puntos de monitoreo, uno (01) en la cuenca alta, dos (02) en la cuenca media y uno en la cuenca baja muy próximo a su desembocadura en el río Nanay, como se muestra en el Mapa 3.

Mapa 3. Puntos de monitoreo en el río Pintuyacu

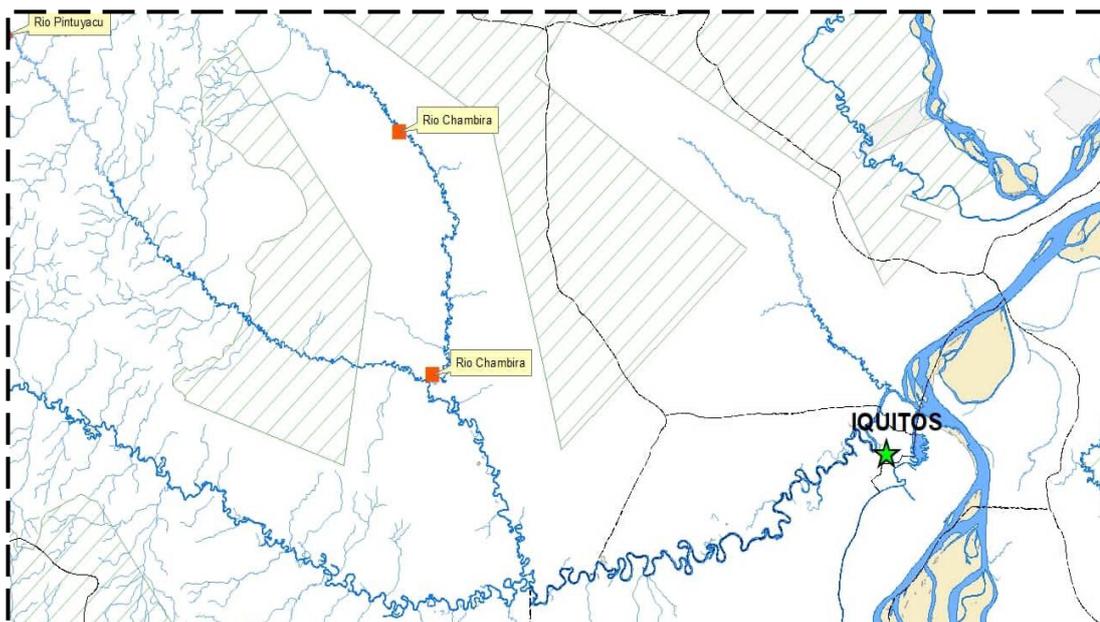


4.1.4. Puntos de Monitoreo de parámetros del agua en el río Chambira

El río Chambira es un afluente del río Pintuyacu. Las aguas del río Chambira desembocan por la margen izquierda en la zona media baja del río Pintuyacu.

Las aguas de este río son de importancia sobre las variaciones en los parámetros ambientales que pudieran producirse en el río Nanay. Este río a pesar de ser un sub afluente del río Nanay, concentra dos puntos de monitoreo, como se muestra en el mapa 4, el primero en la zona alta y el otro punto en la zona baja próximo a la desembocadura en el río Pintuyacu.

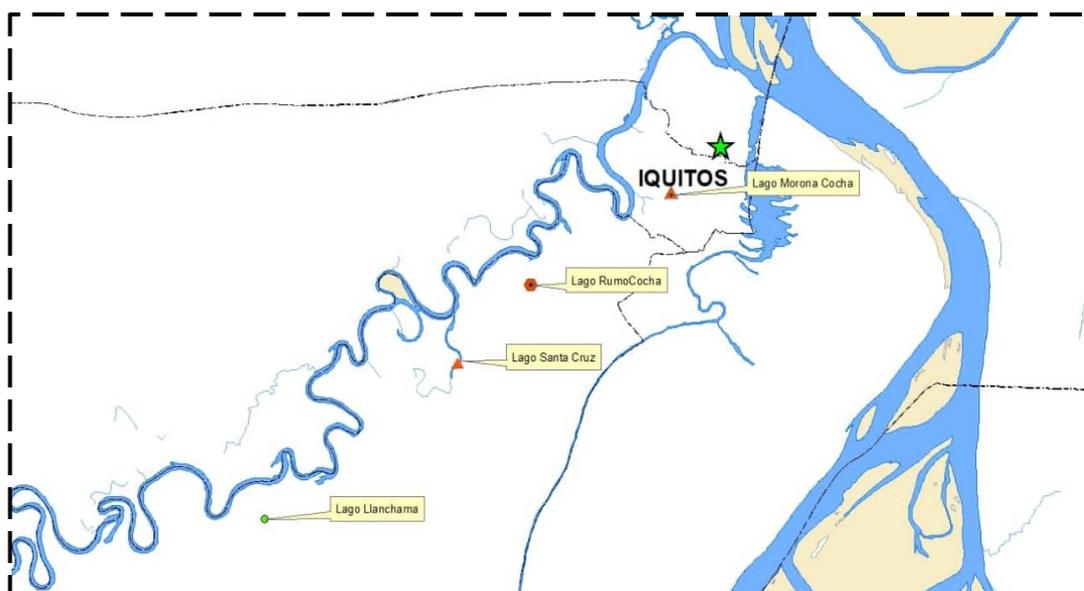
Mapa 4. Puntos de monitoreo en el río Chambira



4.1.5. Puntos de Monitoreo de parámetros del agua en los lagos y cochas de la Cuenca baja del río Nanay

Estos lagos o cochas se ubican en la margen derecha del río Nanay. Las cochas Llanchama, Rumococha y Morona Cocha se ubican en la zona baja del río Nanay en cada una de ellas solo se tiene un (01) punto de monitoreo, como se muestra en el mapa 5. Estos lagos representan importancia sobre las variaciones en los parámetros ambientales que pudieran producirse en el río Nanay, porque en su entorno existe actividad antrópica significativa de mayor o menor importancia.

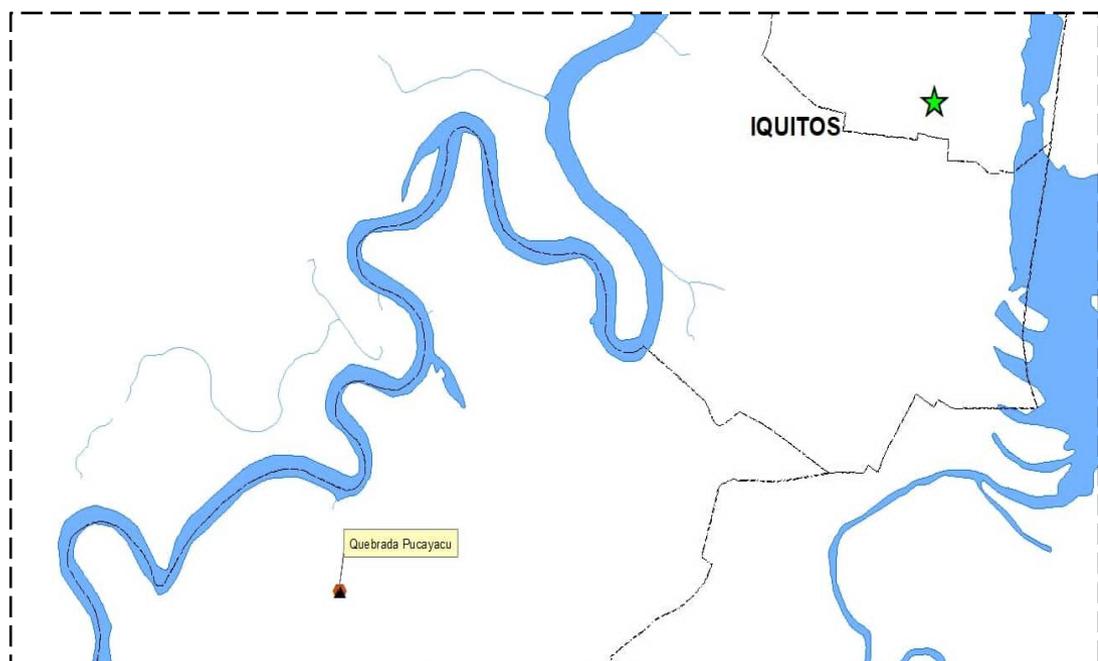
Mapa 5. Puntos de monitoreo en las cochas de Llanchama, Rumococha y Morona cocha



4.1.6. Puntos de Monitoreo de los parámetros del agua en la Quebrada Pucayacu

La quebrada Pucayacu está ubicada en la cuenca media baja de la margen derecha del río Nanay. Sus aguas no representan importancia sobre las variaciones ambientales que pudieran producirse en el río Nanay, en esta quebrada solo se tiene un (01) punto de monitoreo.

Mapa 6. Punto de monitoreo en la Quebrada Pucayacu

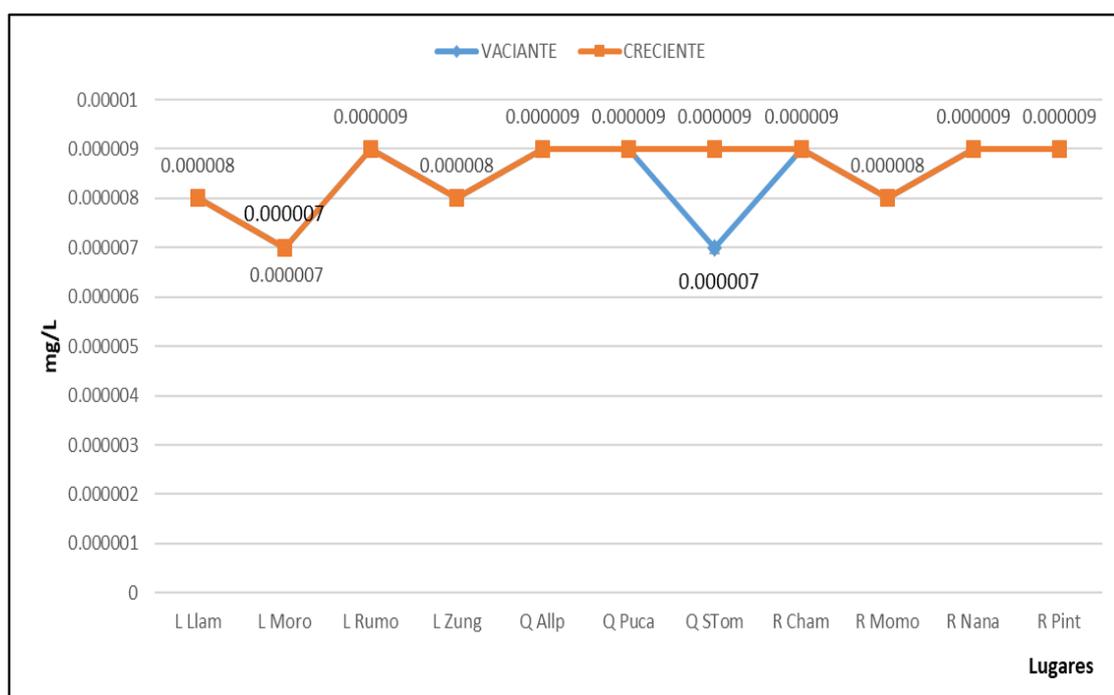


4.2. Cambios en la concentración anual de cadmio según época de creciente y vaciante en la cuenca del río Nanay

4.2.1. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2018

Los niveles de concentración de Cadmio para el año 2018 en la cuenca del río Nanay se muestra en la gráfica 1, se observa que tanto en época de creciente y vaciante el contenido de Cadmio es similar en ambas épocas con variaciones de millonésimas partes. La única variación se observa en la quebrada de Santo Tomas donde se presenta una disminución de millonésima partes de cadmio en el nivel de concentración en época de vaciante.

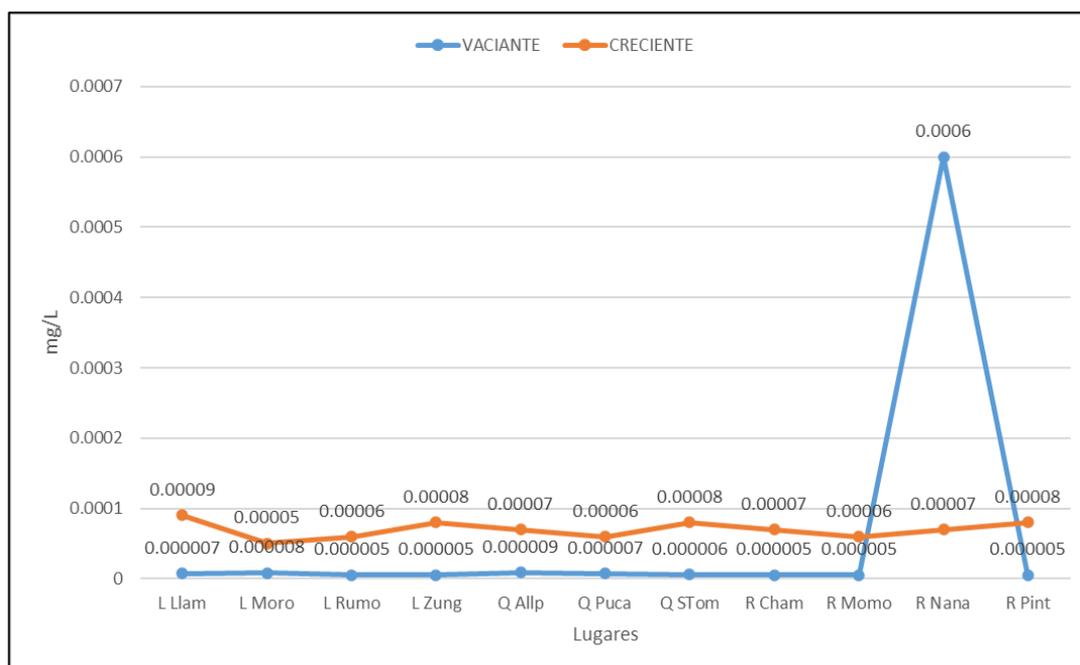
Gráfica 1. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2018



4.2.2. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2019

Para el año 2019, los niveles de concentración de Cadmio en la cuenca del río Nanay se muestra en la gráfica 2, se observa que en época de creciente el contenido de Cadmio es ligeramente superior que, en época de vaciante en todos los lugares de muestreo. La excepción lo observamos en el río Nanay donde que muestra incrementos muy importantes de milésimas hasta un nivel máximo de 0.0006 mg/L en época de vaciante, muy superior al límite máximo permitido en la categoría 4 E2 Ríos Selva de 0.00025 mg/L, según el Decreto supremo N°015-2015-MINAM.

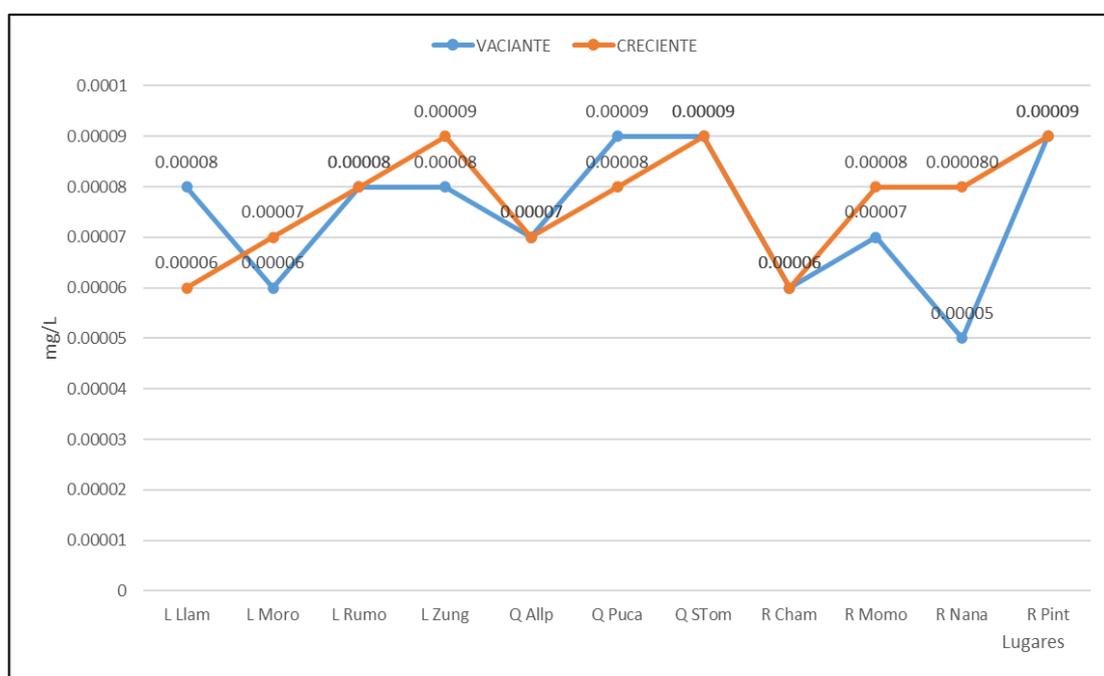
Gráfica 2. Concentración de cadmio en época de vaciante y creciente para el año 2019



4.2.3. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2020

Los niveles de concentración de Cadmio para el año 2020 en la cuenca del río Nanay se muestra en la gráfica 3, se observa que tanto en época de creciente y vaciante el contenido de Cadmio muestra valores de concentración fluctuantes con pequeñas variaciones en milésimas partes de creciente a vaciante, pero muy por debajo de los estándares de calidad ambiental de 0.00025 mg/L.

Gráfica 3. Concentración de cadmio en época de vaciante y creciente para el año 2020

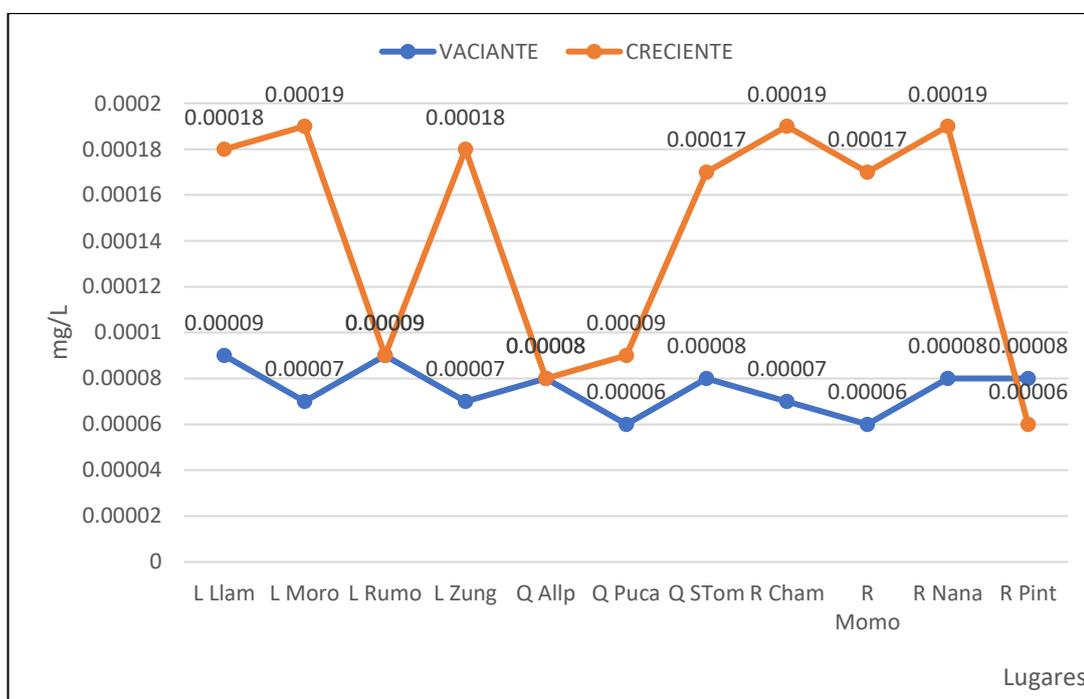


4.2.4. Concentración de cadmio en época de creciente y vaciante para el año 2021

Los niveles de concentración de Cadmio para el año 2021 en la cuenca del río Nanay se muestra en la gráfica 4, se observa que en época de creciente el contenido de Cadmio es ligeramente superior en milésimas partes a la época de vaciante en la mayoría de los lugares de monitoreo, la excepción lo observamos en el lago Rumo cocha, quebrada Allpahuayo y el río Pintullacta donde los valores de cadmio son similares tanto en vaciante como en creciente.

Los valores de concentración de cadmio de las otras zonas de monitoreo de la cuenca se incrementan hasta valores ligeramente inferiores al límite máximo permitido de 0.00025 mg/L de cadmio.

Gráfica 4. Concentración de cadmio en época de vaciante y creciente para el año 2021



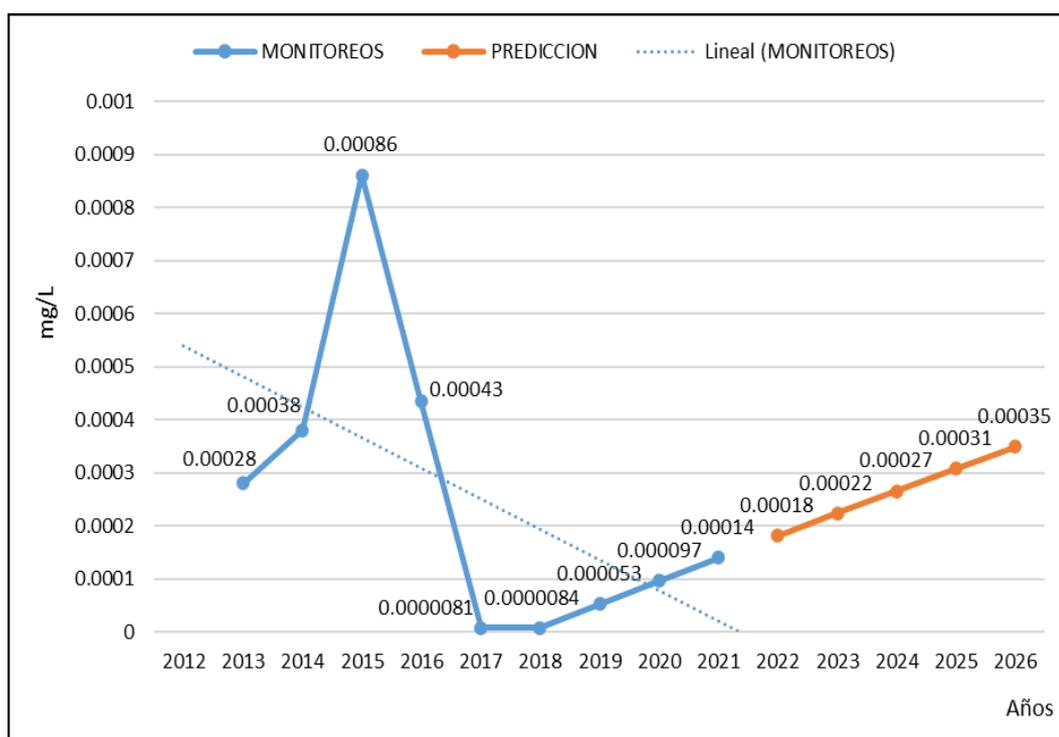
4.3. Evolución de la concentración de cadmio y los valores predictivos según lugares de muestreo

4.3.1. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Llanchama

En la gráfica 5 se observan los periodos del 2012 al 2021 de monitoreos de concentración cadmio en la cocha Llanchama, donde existe una marcada fluctuación irregular con una línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo hay una marcada fluctuación hacia un incremento de concentración de cadmio, en el año 2015 con un máximo valor de 0.00086 mg/L, superior al LMP de 0.00025 mg/L, y un mínimo valor el año 2017 de 0.0000081 mg/L para luego incrementarse en millonésimas partes en las concentraciones en los años posteriores, pero con valores inferiores al LMP.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año 2022 de 0.00018 mg/L y un valor máximo el año 2026 de 0.00035 mg/L al final del modelo predictivo. Es decir para los años 2014, 2015 y 2016 los valores en la concentración de cadmio superaran los LMP, en la cocha Llanchama.

Gráfica 5. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Llanchama



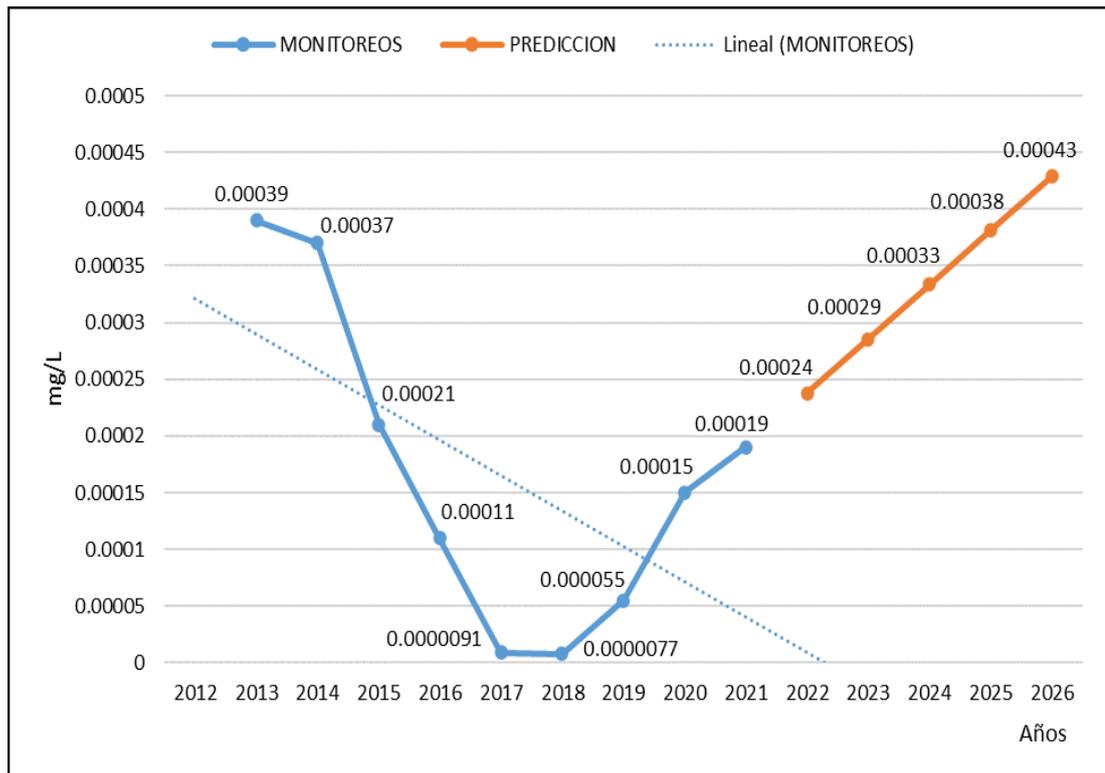
4.3.2. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Morona cocha

En la gráfica 6 se observan los periodos de 2012 al 2021 de monitoreo de la concentración cadmio en el lago Morona cocha, donde existe una marcada fluctuación y línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo hay una marcada fluctuación hacia un incremento de concentración de cadmio, en el año 2013 un máximo valor de 0.00039 mg/L, que supera al LMP de 0.00025 mg/L y un mínimo valor el año 2018 de 0.0000077 mg/L para luego incrementarse en milésimas concentraciones en los años posteriores que no superan el LMP de cadmio.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año

2022 de 0.00024 mg/L y un valor máximo el año 2026 de 0.00043 mg/L al final del modelo predictivo, en términos generales los resultados predictivos indican que en estos años se superan el LMP para cadmio en Morona Cocha.

Gráfica 6. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Morona cocha



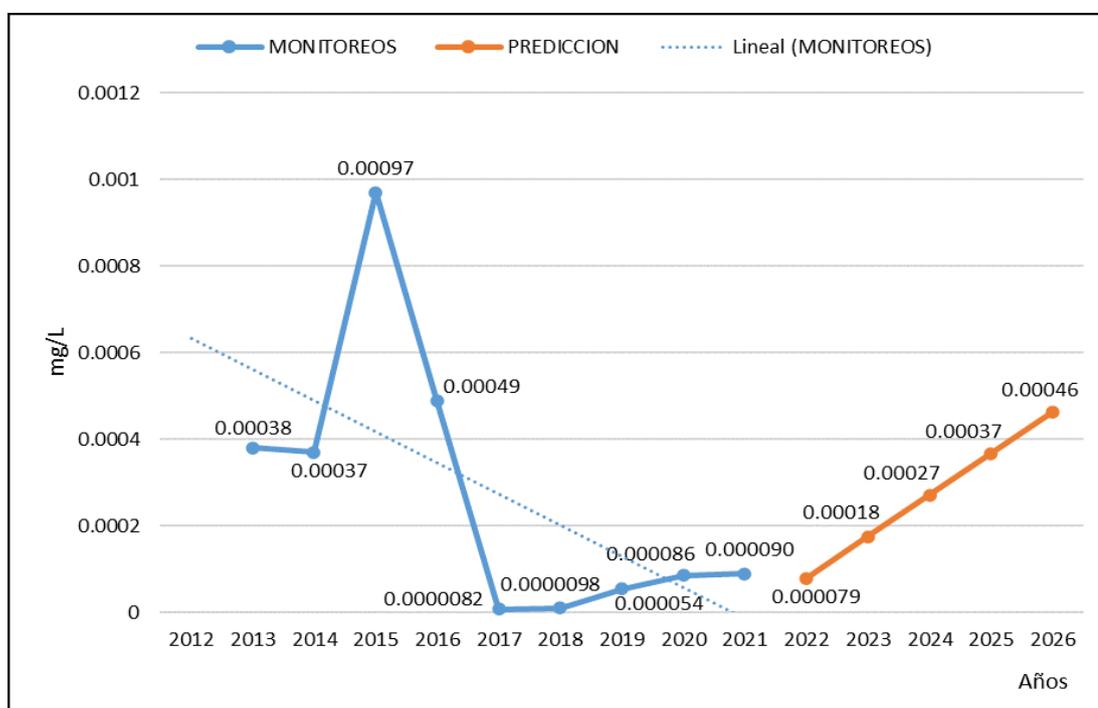
4.3.3. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Rumo cocha

En la gráfica 7 se observan los periodos de 2012 al 2021) de monitoreo de la concentración cadmio en el lago Rumo cocha, donde existe una marcada fluctuación irregular y línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo hay una marcada fluctuación hacia un incremento de concentración de cadmio, en el año 2015 un máximo valor de 0.00097 mg/L y un mínimo valor el año 2017 de

0.0000082 mg/L para luego incrementarse en milésimas concentraciones en los años posteriores.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año 2022 de 0.000079 mg/L y un valor máximo el año 2026 de 0.00046 mg/L al final del modelo predictivo. Se observa que en los años 2024, 2025 y 2026 los valores de concentración de cadmio superan los LMP.

Gráfica 7. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Rumo cocha

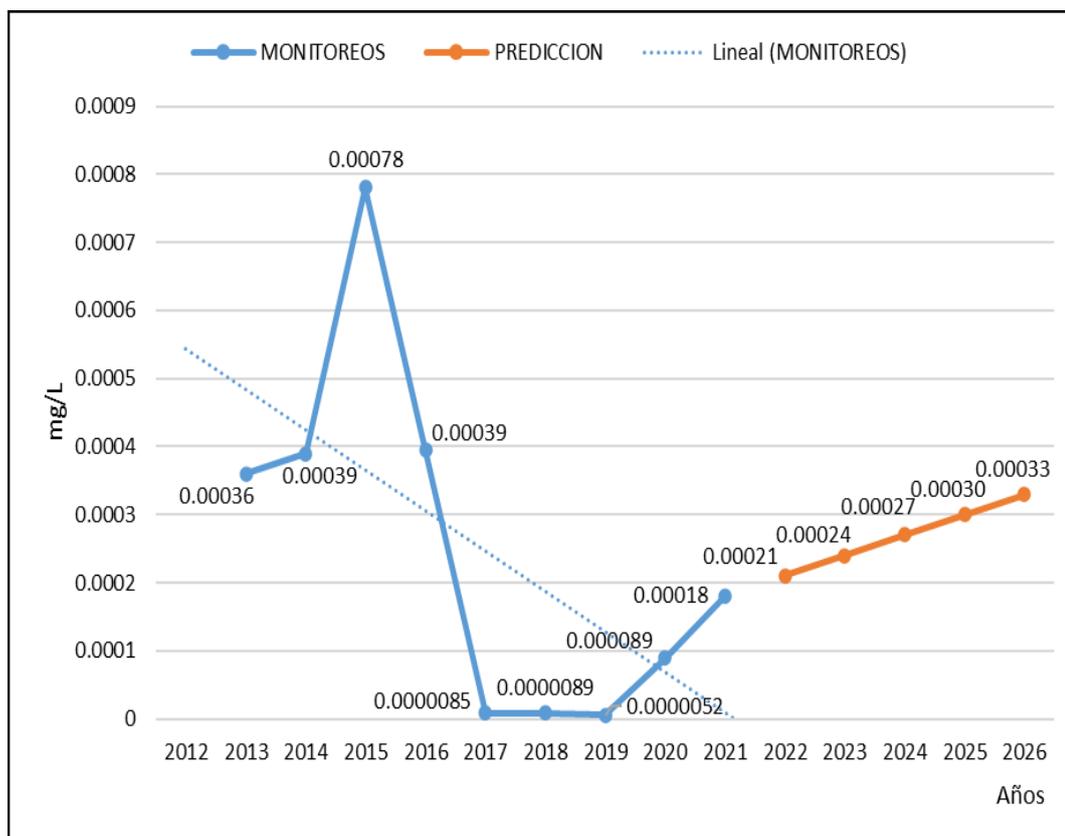


4.3.4. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Zungaro cocha

En la gráfica se observan los periodos de 2012 al 2021) de monitoreo de la concentración cadmio en el lago Zungaro Cocha, donde existe una marcada fluctuación irregular y línea de tendencia general descendente de los valores de concentración de cadmio observados. En los resultados de monitoreo hay una marcada fluctuación hacia un incremento de concentración de cadmio, en los años 2013, 2015 y 2016, y que en el año 2015 se tiene un máximo valor de 0.00078 mg/L, superior al LMP de 0.00025 y un mínimo valor el año 2019 de 0.000052 mg/L para luego incrementarse en milésimas concentraciones en los años posteriores que no superan el LMP.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año 2022 de 0.00021 mg/L y un valor máximo el año 2026 de 0.00033 mg/L al final del modelo predictivo. Asimismo, en los años 2024, 2025 y 2026 los valores predictivos de concentración de cadmio superan los LMP de cadmio en el agua.

Gráfica 8. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el lago Zungarco cocha



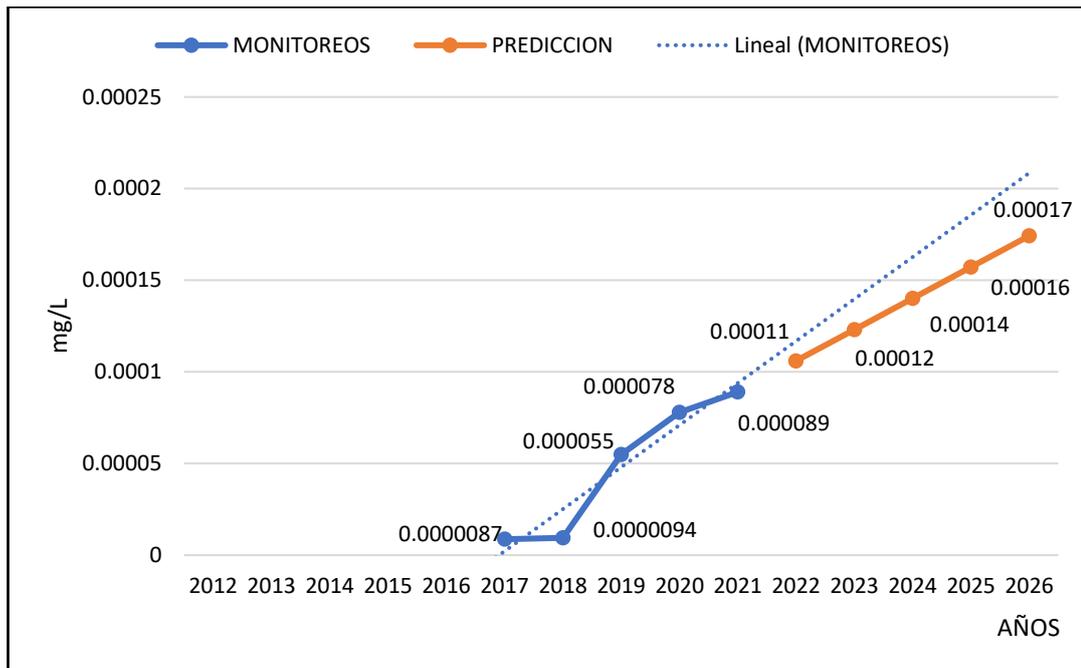
4.3.5. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la quebrada Allpahuayo

En la gráfica 9, se observan los periodos del 2012 al 2021) de monitoreos de la concentración cadmio en la Quebrada Allpahuayo, donde existe una línea de tendencia creciente de los valores observados. En los resultados de monitoreo hay una marcada fluctuación hacia un incremento de concentración de cadmio, alcanzando en el año 2021 un máximo valor de concentración de cadmio de 0.000089 mg/L, inferior al LMP de 0.00025 mg/L de cadmio en el agua.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año

2022 de 0.00011 mg/L y un valor máximo el año 2026 de 0.00017 mg/L al final del modelo predictivo, que no llegan a superar el LMP de cadmio en el agua según el Decreto Supremo N°015-2015-MINAM.

Gráfica 9. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la quebrada Allpahuayo

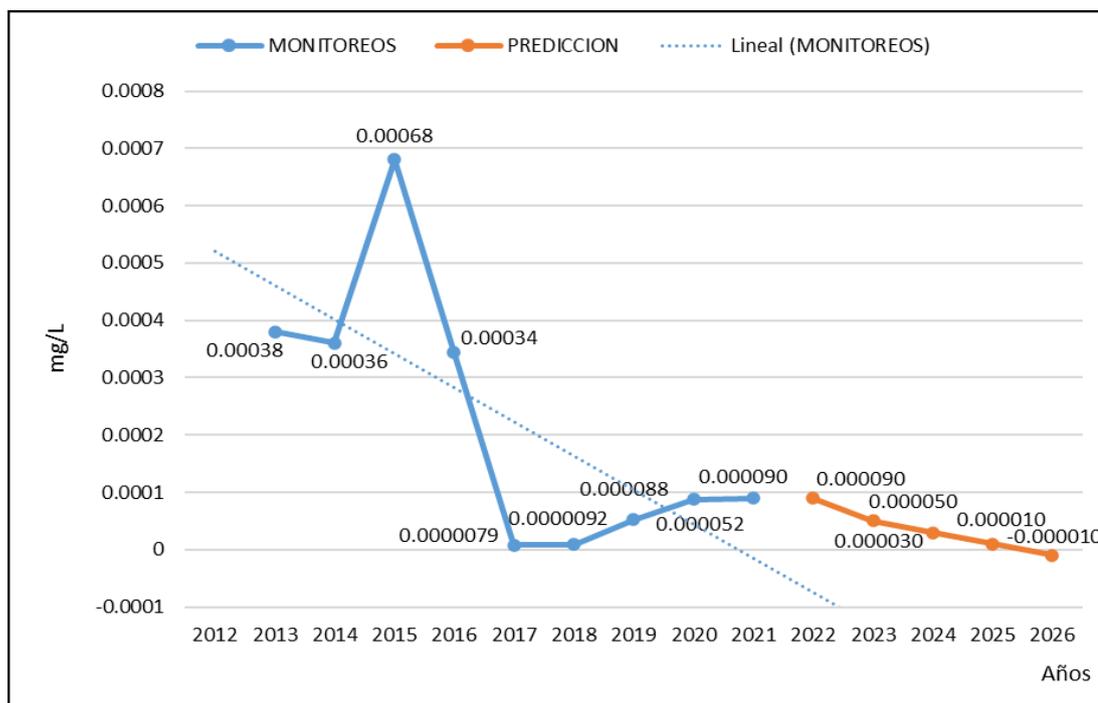


4.3.6. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la Quebrada Pucayacu

En la gráfica 10, se observan los periodos del 2012 al 2021) de monitoreos de la concentración cadmio en la Quebrada Pucayacu, donde existe una marcada fluctuación irregular y línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo, en los años 2012, 2013, 2014 y 2015 se reportan valores de concentración que superan los LMP de 0.00025 mg/L, alcanzando su máximo nivel de concentración en el año 2015 con 0.00068 mg/L, para luego descender y alcanzar un valor mínimo en el año 2017 con 0.0000079 mg/L para luego ascender en milésimas concentraciones en los años posteriores, inferiores al LMP.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia decreciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un máximo valor predictivo para el año 2022 de 0.000090 mg/L y un valor mínimo el año 2026 de -0.000010 mg/L al final del modelo predictivo, es decir todos los valores predictivos están por debajo del LMP de cadmio en el agua.

Gráfica 10. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la Quebrada Pucayacu



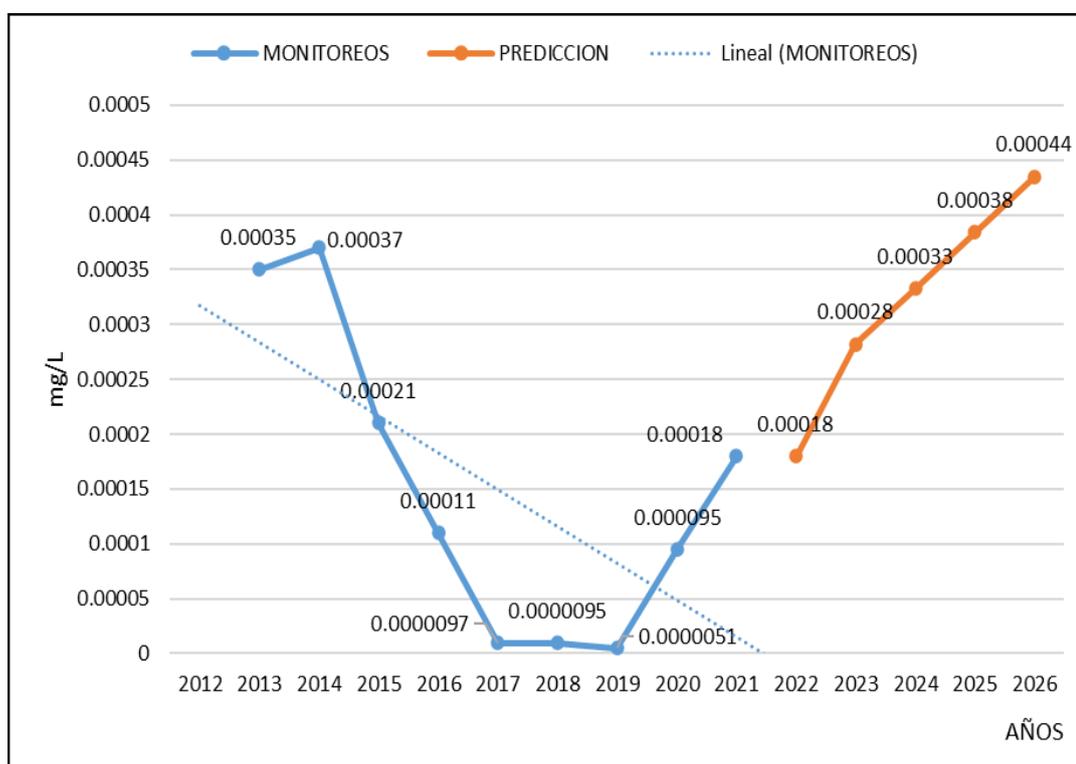
4.3.7. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la Quebrada Santo Tomas

En la gráfica 11, se observan los periodos del 2012 al 2021 de monitoreos de la concentración cadmio en la Quebrada Santo Tomas, donde existe una marcada fluctuación irregular y línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo hay una marcada fluctuación hacia un incremento de concentración de cadmio, en los años 2013 y en el 2014 alcanza un máximo valor de 0.00037 mg/L, superior al LMP y un mínimo valor el año 2019 de 0.0000051 mg/L para luego incrementarse en milésimas concentraciones en los años posteriores que no superan el LMP de concentración de Cadmio.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente a partir de los valores de

los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año 2022 de 0.00018 mg/L y en a partir de los años 2023, 2024 y 2025, logrando un valor máximo el año 2026 de 0.00044 mg/L al final del modelo predictivo, alcanzando todos estos años valores de concentración superiores al LMP de 0.00025 mg/L de cadmio en el agua.

Gráfica 11. Evolución de la Concentración y valores predictivos en la Quebrada Santo Tomas



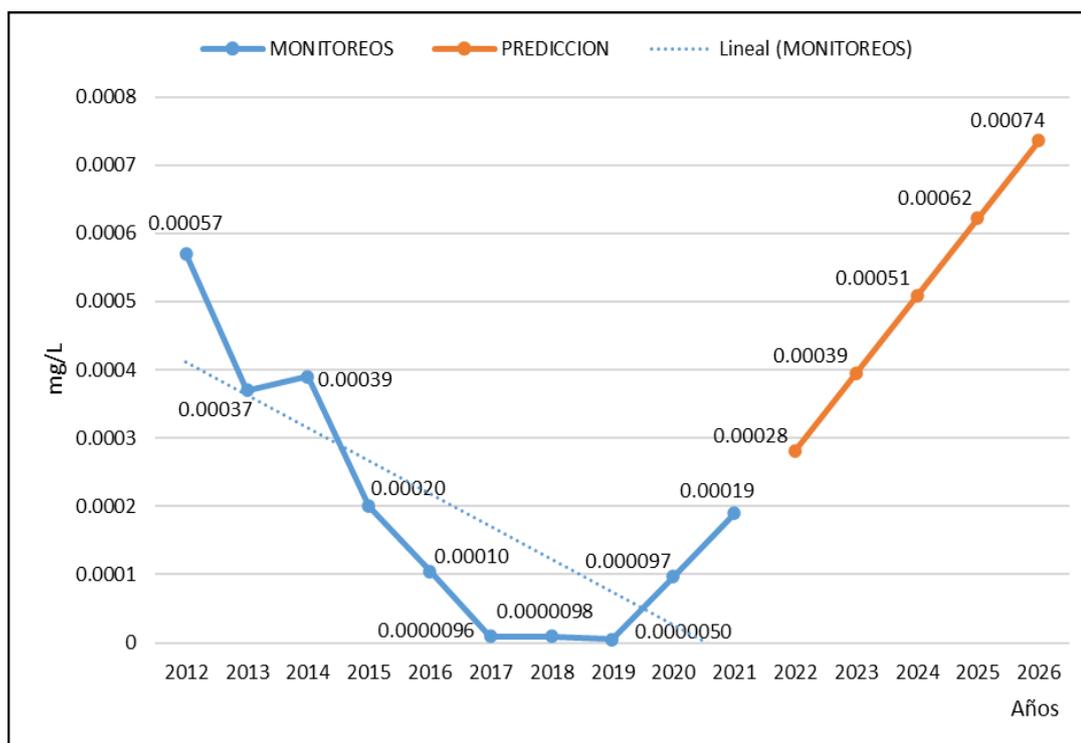
4.3.8. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Chambira

En la gráfica 12 se observan los periodos del 2012 al 2021 de monitoreos de la concentración cadmio en el Río Chambira, donde existe una marcada línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo para los años 2012, 2013 y 2014 se reportan valores superiores al LMP de cadmio en el agua de 0.00025, así se tiene

que para el año 2012 se reporta un máximo valor de 0.00057 mg/L y para luego descender hasta mínimo valor de concentración en el año 2019 de 0.0000050 mg/L para luego incrementarse en milésimas concentraciones en los años posteriores, pero inferiores al LMP.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando valor de concentración predictivo desde año 2023 de 0.00028 mg/L y un valor máximo el año 2026 de 0.00074 mg/L al final del modelo predictivo, en todos en el nivel de concentración es superior al LMP de cadmio en el agua de 0.00024 mg/L.

Gráfica 12. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el rio Chambira

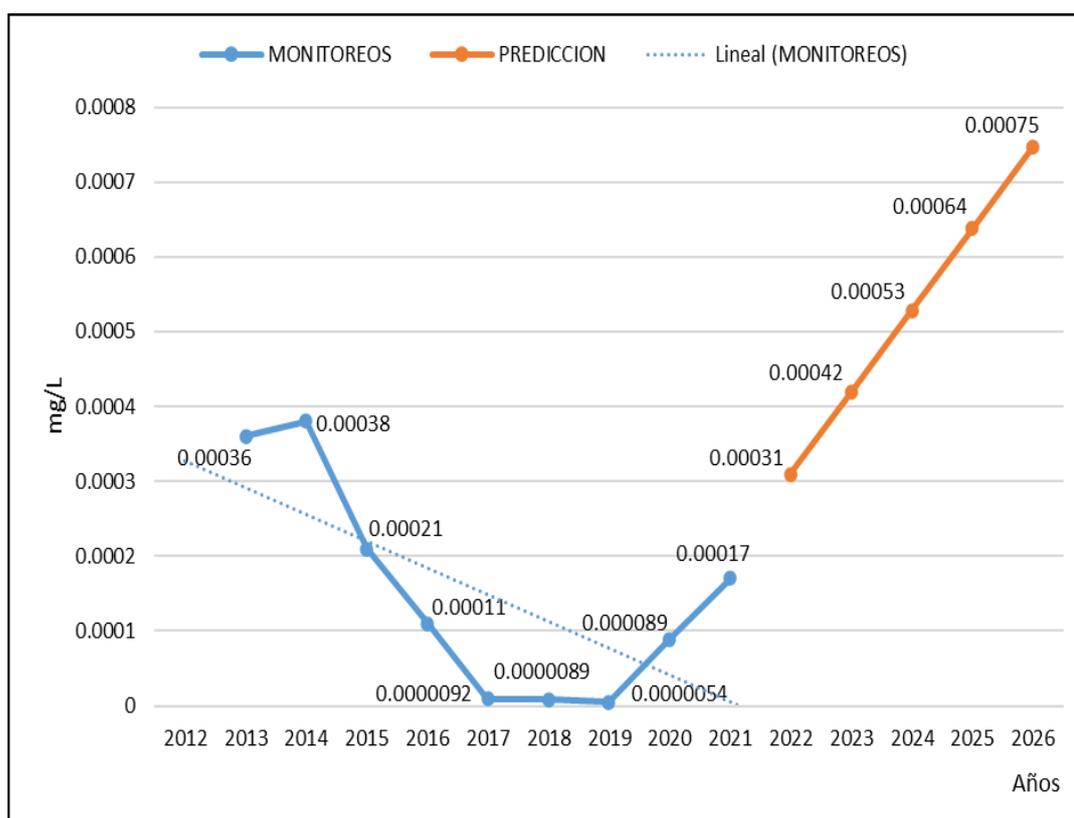


4.3.9. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Momón

En la gráfica 13, se observan los periodos del 2012 al 2021 de monitoreo de la concentración cadmio en el Río Momón, donde existe una marcada línea de tendencia descendente de los valores observados. En los resultados de monitoreo en los primeros años el 2012, 2013 se reporta una concentración de cadmio superior al LMP, así en el año 2014 se reporta un valor máximo valor de 0.00038 mg/L de cadmio en el agua y luego descender en los siguientes años hasta un mínimo valor en el 2019 con 0.0000054 mg/L, para luego incrementarse en milésimas concentraciones en los años posteriores, muy inferiores al LMP.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un mínimo valor predictivo para el año 2022 de 0.00031 mg/L y un valor máximo el año 2026 de 0.00075 mg/L al final del modelo predictivo, todos estos valores de concentración predictivos superan el LMP de cadmio en el agua del río Momón.

Gráfica 13. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Momón



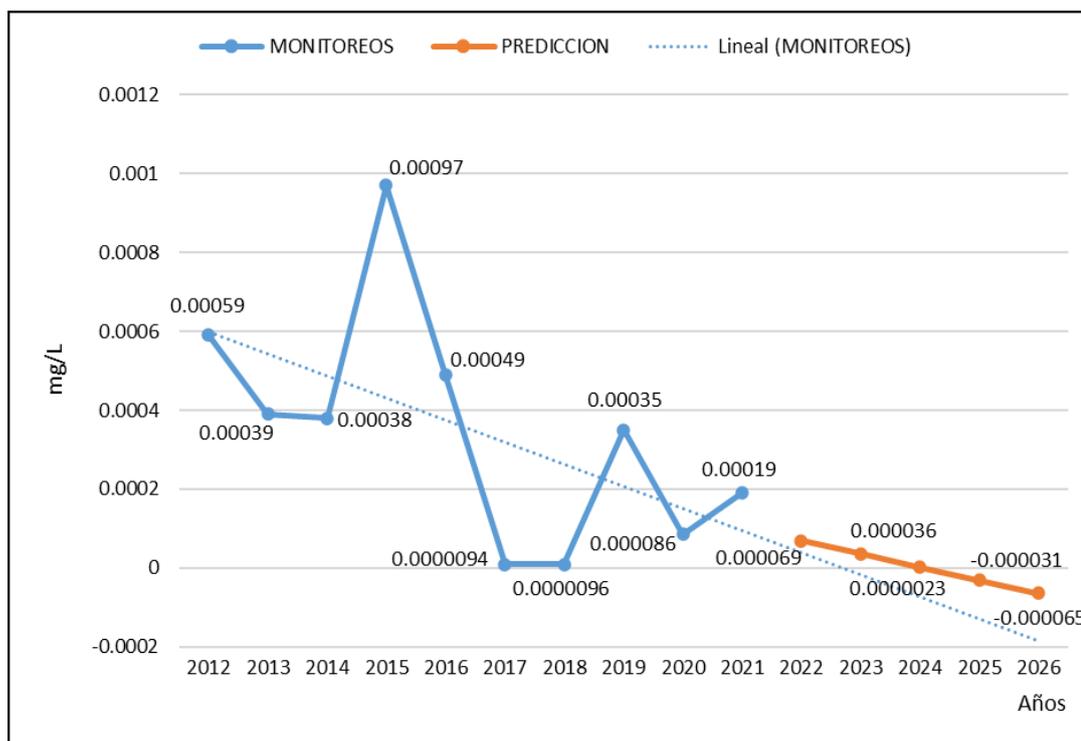
4.3.10. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Nanay

En la gráfica 14, se observan los periodos del 2012 al 2021 de monitoreos de la concentración cadmio en el Rio Nanay, donde existe una marcada fluctuación irregular y línea de tendencia descendente de los valores de concentración observados. En los resultados de monitoreo hay una marcada fluctuación hacia un descenso en la concentración de cadmio. En este río en los años 2012, 2013, 2014, 2015. 2016 y 2019 se reportan valores de concentración de cadmio en el agua superiores al LMP, así en el año 2015 se reporta un máximo valor de 0.00097 mg/L y en los años 2017 y 2018 con 0.0000096 mg/L valores inferiores al LMP.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia decreciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando un máximo valor predictivo para el

año 2022 de 0.000069 mg/L y un valor mínimo el año 2026 de -0.000065 mg/L al final del modelo predictivo, todos estos valores están por debajo del LMP de concentración de cadmio en el río Nanay.

Gráfica 14. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Nanay



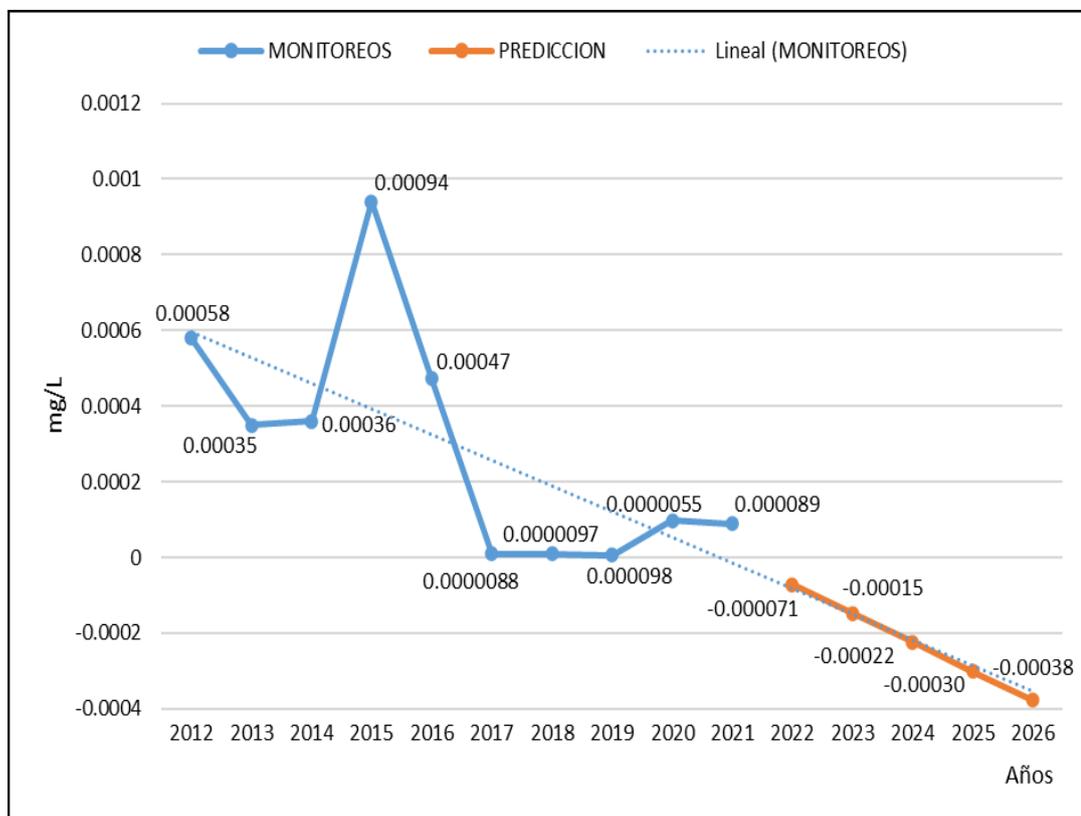
4.3.11. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Pintuyacu

En la gráfica 15 se observan los periodos del 2012 al 2021 de monitoreos de la concentración cadmio en el río Pintuyacu, donde existe una marcada fluctuación irregular y línea de tendencia descendente de los valores de concentración observados. En los resultados de monitoreo se reportan para los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 se tiene niveles de concentración superiores al LMP, así en el año 2015 alcanza su máxima concentración con valor de 0.00094 mg/L. mientras que en el año 2017 reporta un mínimo valor de 0.000088 mg/L para luego seguir una

fluctuación irregular de crecimiento en los años posteriores, pero muy por debajo del LMP.

Por otro lado, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia decreciente a partir de los valores de los puntos monitoreo, presentando valores predictivos para los años 2022 al 2026 negativo, es decir no se tendrá la presencia de cadmio en el río Pintuyacu.

Gráfica 15. Evolución de la Concentración y valores predictivos en el río Pintuyacu



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Se discuten las evidencias de los resultados en relación a la presencia del cadmio en la cuenca del río Nanay y como indicador de toxicidad en el cultivo del cacao.

5.1. Sobre los puntos de monitoreo de concentración anual de Cadmio en la cuenca del río Nanay

En general los ríos de la selva son del tipo meándrico, característicos de las llanuras aluviales, formando diversos cuerpos de agua como ríos, quebradas, cochas y brazos estas cuencas de aguas negras son de origen amazónico.

Al ser la cuenca del río Nanay, un importante río de aguas negras, el que provee agua dulce a la ciudad de Iquitos que concentra una de las poblaciones más grandes de la amazonia peruana.

También en la cuenca del Nanay y en sus afluentes de desarrolla una actividad aurífera aluvial, que pudiera estar causando niveles de contaminación importante en la cuenca. Es por ello que la cuenca del río Nanay y sus afluentes, principalmente la cuenca media y baja está en constante monitoreo de sus parámetros ambientales y concentra puntos de monitoreo de parámetros ambientales, entre ellos la evolución de Cadmio total en sus aguas superficiales.

Actualmente existen 22 puntos de monitoreo en la cuenca; algunos ríos como el Pintuyacu y Chambira por su importancia en la cuenca contienen varios puntos de monitoreo pues sus aguas representan importancia sobre las variaciones ambientales que pudieran producirse en el río Nanay.

5.2. En relación a la evolución de la concentración de cadmio según época de creciente y vaciante cuenca del Nanay.

Para el año 2018, los niveles de concentración de Cadmio en los puntos de monitoreo de la cuenca del río Nanay tanto para la época de creciente y vaciante el contenido de Cadmio es similar en ambas épocas con pequeñas variaciones de millonésimas partes. En todos los puntos de monitoreo los niveles de concentración de cadmio están por debajo de los LMP.

Mientras que, en el año 2019, los niveles de concentración de Cadmio, en época de creciente es ligeramente superior a la época de vaciante en casi todos los lugares de muestreo. La excepción lo encontramos sólo en los puntos de muestreo del río Nanay donde la concentración de cadmio alcanza un nivel máximo de 0.00060 mg/L en época de vaciante, muy superior al límite máximo permitido (LMP) en la categoría 4 E2 Ríos Selva de 0.00025 mg/L, según el Decreto supremo N°015-2015-MINAM, lo cual indica que en época de vaciante el cadmio aumenta su concentración.

Para el año 2020 en la cuenca del río Nanay se reportan valores de concentración fluctuantes con pequeñas variaciones en milésimas partes de creciente a vaciante, pero muy por debajo del LMP de contenido de cadmio.

Para el año 2021 el contenido de Cadmio de la época de creciente es ligeramente superior en milésimas partes a la época de vaciante en la mayoría de los lugares de monitoreo, la excepción lo observamos en el lago Rumo cocha, quebrada Allpahuayo y el río Pintullacta donde los valores de cadmio son similares tanto en vaciante como en creciente. Los valores de concentración se incrementan que alcanzan valores inferiores al límite máximo permitido de 0.00025 mg/L de cadmio.

5.3. En relación a los valores predictivos de la concentración de Cadmio

5.3.1. A nivel de cochas de la cuenca media y baja

La concentración cadmio en la cocha Llanchama, muestra concentraciones crecientes, superiores al LMP en algunos años y en otros años con concentraciones inferiores en millonésimas partes a los LMP. El análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente para los próximos monitoreos.

En el lago Morona cocha, las concentraciones de cadmio superan los LMP de 0.00025 mg/L, solo en el 2018 se muestra valores inferiores descendiendo hasta una concentración mínimo 0.0000077 mg/L de cadmio. El análisis de predicción reporta concentraciones crecientes superan LMP para cadmio en Morona Cocha.

La concentración cadmio en el lago Rumo cocha, donde existe una marcada fluctuación irregular hacia un incremento de concentración de cadmio. El análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores crecientes a partir de los valores de los puntos monitoreo, estos valores de concentración de cadmio superan los LMP.

En Zungaro Cocha, muestra una marcada fluctuación hacia un incremento de concentración de cadmio, el análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente que los valores predictivos de concentración de cadmio superan los LMP de cadmio en el agua.

5.3.2. A nivel de quebradas de la cuenca baja y media

En la Quebrada Allpahuayo, donde existe una línea de tendencia creciente de los valores observados en la concentración del Cadmio, el

análisis de predicción también muestra unos valores crecientes pero que no llegan a superar el LMP de cadmio en el agua según el Decreto Supremo N°015-2015-MINAM.

En la Quebrada Pucayacu, donde existe una marcada fluctuación irregular con tendencia decrecientes inferiores al LMP. Igualmente el análisis de predicción reporta unos valores con tendencia decreciente por debajo del LMP de cadmio en el agua que no superan el LMP de concentración de Cadmio.

En la Quebrada Santo Tomas, se tiene una marcada fluctuación de tendencia crecientes concentración de cadmio alcanzando algunos años valores superiores al LMP y en otros no superan el LMP. El análisis de predicción reporta valores con tendencia creciente con valores de concentración superiores al LMP de 0.00025 mg/L de cadmio en el agua.

5.3.3. A nivel de ríos de la cuenca

En el agua superficial del Rio Chambira se reportan valores superiores al LMP de cadmio, en algunos años y en otros años desciende hasta concentraciones inferiores al LMP. El análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia creciente superiores al LMP de cadmio en el agua de 0.00025 mg/L.

En el Rio Momón, donde existe una marcada línea valores crecientes en concentración de cadmio superior al LMP, y en otros años descender a concentraciones muy inferiores al LMP. El análisis de predicción reporta valores con tendencia creciente que superan el LMP de cadmio en el agua del río Momón.

En el río Nanay, donde existe una marcada fluctuación irregular en algunos años muestra valores de concentración superiores al LMP, y en otros valores descienden por debajo o inferiores al LMP. El análisis de predicción según el modelo Holt Winters, muestra unos valores con tendencia decreciente con valores por debajo del LMP de concentración de cadmio en el río Nanay.

En el Río Pintuyacu, donde existe una marcada fluctuación irregular en algunos años con niveles de concentración superiores al LMP, y en otros años los niveles de concentración descienden hasta valores por debajo del LMP. El análisis de predicción reporta valores con tendencia decreciente con decrementos negativos, es decir no se prevé la presencia de cadmio en el río Pintuyacu.

5.4. La presencia de Cadmio como indicador de Toxicidad en la cuenca del río Nanay

De los 22 puntos de monitoreo del agua superficial sobre la evolución de la concentración de cadmio en la cuenca del nanay, los niveles de concentración para en época de creciente y vaciante son muy similares con ligeras fluctuaciones descendente y ascendentes, por debajo de los LMP, la única excepción se presenta en un año de monitoreo en el río Nanay donde la concentración de cadmio se incrementa hasta niveles superiores de los LMP en época de vaciante.

En general los niveles de concentración de cadmio en el agua superficial en el agua en la cuenca del Nanay están por debajo de los LMP, comparando el nivel de cadmio encontrado en el suelo en un estudio que relaciona el contenido de metales entre una especie vegetal y el suelo en Nina Rumi a orillas del río nanay y se determinó que el el cadmio está presente en el suelo en un promedio de

2.26, extremadamente altos a los encontrados en la concentración de cadmio en el agua superficial, por lo cual se descarta que estos niveles de cadmio el agua pudieran influir y ser un indicador de la toxicidad por cadmio en el cultivo y en el fruto seco del Cacao.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

A partir de la discusión de los resultados en relación a la presencia y los niveles de cadmio en la cuenca del río Nanay como indicador de toxicidad en el cultivo del cacao, se arribó a las siguientes conclusiones:

1. Los niveles de concentración de cadmio en el agua superficial de la cuenca del Nanay están por debajo de los LMP, por lo cual se descarta que estos niveles de concentración el agua superficial pudiera influir en la toxicidad por cadmio en el cultivo del Cacao. Por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que indica que Los Niveles de concentración de Cadmio en el Agua de la cuenca del Nanay no superan los límites máximos permisible
2. Al ser la cuenca del río Nanay, un importante, proveedor de agua dulce a la ciudad de Iquitos y que concentra una de las poblaciones más grandes de la amazonia peruana, es relevante que esta cuenca este en constante monitoreo de sus parámetros ambientales de sus aguas superficiales para tranquilidad de la población.
3. La evolución de los niveles de concentración de cadmio en la cuenca del nanay en época de creciente y vaciante son muy similares con ligeras fluctuaciones descendente y ascendentes, por debajo de los LMP, la única excepción se presenta en un año de monitoreo en el río Nanay donde la concentración de cadmio se incrementa hasta niveles superiores de los LMP en época de vaciante
4. Los valores predictivos de los niveles de concentración cadmio en las cochas de la cuenca baja y media del río Nanay: Llanchara, Moronacocho, Rumo cocha y Zungaro cocha según el modelo Holt Winters, muestran unos valores de concentración con tendencia creciente para los próximos monitoreos superiores al LMP de cadmio en el agua superficial.

5. Los valores predictivos de concentración de cadmio en las quebradas de la cuenca media y baja del río Nanay, en la quebrada Allpahuayo y Pucayacu reportan valores crecientes pero que no llegan a superar el LMP, la excepción se presenta en la quebrada Santo Tomas, que reporta valores de concentración superiores al LMP de 0.00025 mg/L de cadmio en el agua.
6. Los valores predictivos de concentración de cadmio en el agua superficial de los ríos de la cuenca del Nanay, como los ríos Chambira, Momón se reportan valores predictivos según el modelo Holt Winters, con tendencia creciente superiores al LMP de cadmio en el agua de 0.00025 mg/L. Mientras que en el Río Nanay, y el Pintuyacu reportan valores con tendencia decreciente con valores por debajo del LMP de concentración de cadmio.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Que se continúe con el constante monitoreo de los parámetros ambientales de sus aguas superficiales de la cuenca del Nanay, para tranquilidad de la población de Iquitos.
2. Al ANA para que se tomen las medidas para mejorar el registro de data sobre niveles de concentración muy por debajo de los LMP
3. Continuar con investigaciones que posibiliten explicar las variaciones existentes entre los periodos de creciente y vaciante y las fluctuaciones marcadas entre un monitoreo y otro.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **Venturo Minauro K.** Determinación del contenido de cadmio en almendras frescas de tres variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) y del suelo y su relación con el pH y la conductividad eléctrica en las zonas de Juanjuí y Pucacaca [Tesis de Grado en Internet]. Universidad Nacional de San Martín: [editorial desconocido]; 2019 [consultado el 15 de julio de 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/3621>
2. **Chávez Sudario Y.** Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020 [Tesis de Grado en Internet]. Huánuco: Universidad de Huánuco; 2020 [consultado el 15 de julio de 2022]. 94 p. Disponible en: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2517>
3. **López Ucariegue, J. y Hoyos Cardozo, J.** Determinación del contenido de Cadmio (Cd) en almendras de Cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivado bajo tres sistemas de manejo en San Alejandro-región Ucayali. [Artículo en Internet] Universidad Nacional de Ucayali, 2018 [consultado el 15 de julio de 2022]. 11 p. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3926>
4. **Paredes Arce M.** Manual de cultivo del cacao [Internet]. Perú: Ministerio de Agricultura; 2003 [consultado el 15 de julio de 2022]. 100 p. Disponible en: <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/bitstream/20.500.13036/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>
5. **Roque Gamarra J, Cano Echevarria A, La Torre M.** Hoja botánica: Cacao - *Theobroma cacao* L. [Internet]. 0a ed. Lima: [editorial desconocido] Primera Edición; 2012 [consultado el 15 de julio de 2022]. 21 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321796507_Hoja_botanica_Cacao_-_Theobroma_cacao_L

6. **Valenzuela A.** El chocolate, un placer saludable. Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología [Internet]. 2007 [consultado el 15 de julio de 2022];34(3):21. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/469/46934302.pdf>
7. **Pérez García P, Azcona Cruz M.** Los efectos del cadmio en la salud. Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado México [Internet]. 2012 [consultado el 16 de julio de 2022];17(3):8. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
8. **Meter, A., Atkinson, R. J., & Laliberte, B.** Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe. Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. Caracas. CAF. 2019 Retrieved from
<http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1505>
9. **Lubke C.** CIAT Blog | Science to Cultivate Change [Internet]. Cadmio en el cacao peruano: enmarcando el problema e investigando soluciones | CIAT Blog; 28 de mayo de 2020 [consultado el 16 de julio de 2022]. Disponible en:
<https://blog.ciat.cgiar.org/es/cadmio-en-el-cacao-peruano-enmarcando-el-problema-e-investigando-soluciones/>.
10. **MINAM (2016).** Glosario de términos de sitios contaminados.
<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>
11. **Pérez porto J, Merino M.** Definición de [Internet]. Definición de concentración; 2010 [consultado el 16 de julio de 2022]. Disponible en:
<https://definicion.de/concentracion/>.
12. **Pérez porto J, Gardey A.** Definición.de [Internet]. Definición de concentración; 2012 [consultado el 16 de julio de 2022]. Disponible en:
<https://definicion.de/toxicidad/>.

13. **Eróstegui Revilla CP.** CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS. Revista Científica Ciencia Médica [Internet]. 2009 [consultado el 16 de julio de 2022];12(1). Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013
14. **Diccionario de cáncer del NCI.** Definición del Cadmio Instituto Nacional del Cáncer [Internet]; [consultado el 16 de julio de 2022]. Disponible en:
<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/cadmio>
15. **Ivette A.** Economipedia [Internet]. Contaminación del agua; 7 de enero de 2021 [consultado el 16 de julio de 2022]. Disponible en:
<https://economipedia.com/definiciones/contaminacion-del-agua.html#:~:text=La%20contaminación%20del%20agua,%20también,del%200agua%20por%20agentes%20externos.>

ANEXO

Anexo 1: matriz de consistencia

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS (Cuando Corresponda)	TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO	POBLACIÓN DE ESTUDIO Y PROCESAMIENTO DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
PRESENCIA DE CADMIO (Cd) EN LA CUENCA DEL RIO NANAY COMO INDICADOR DE TOXICIDAD EN EL GRANO DE CACO – IQUITOS-LORETO	¿En que medida es posible determinar la relacion de la presencia de Cadmio (Cd) en el agua con la Toxicidad del gano de Cacao?	OBJETIVO GENERAL: Determinar los niveles de concentracion de Cadmio (Cd) en actividades productivas y ambientes naturales	H0: Los Niveles de concentración de Cadmio en el Agua de la cuenca del Nanay superan los límites máximos permisible H0: Los niveles de concentración de cadmio en el agua no están relacionado con la toxicidad del grano de cacao	Cuantita del Tipo no experimental, descriptivo analítico, horizontal.	Cuenca del Rio Nanay Puntos de Muestreo	Plataforma de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio de Agricultura (MINAGRI)
		OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Determinar el grado de toxicidad del grano de cacao con relacion a la presencia de cadmio en la cuenca del Nanay	H1: Los Niveles de concentración de Cadmio en el Agua de la cuenca del Nanay no superan los límites máximos permisible			
		OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Analizar y comparar la concentracion de cadmio en diferentes puntos de muestreo con epocas de vaciante y creciente de la Cuenca del Nanay	H1: Los niveles de concentración de cadmio en el agua están relacionado con la toxicidad del grano de cacao			