UEA Ambiental
PrePrint UEA

Sección Ambiental
Vol. AMB2324. ep16–79

| Recibido: 14/03/2024 |
| Aceptado: 15/04/2024 |
| Publicado: 16/10/2026 |

Incidencia de los contaminantes emergentes vertidos en la cuenca media-baja del río Puyo

Incidence of emerging contaminants discharged into the middle-lower basin of the Puyo river

Marco Vinicio Montoya Narváez[1], Jennifer Arleth Cando Duche[1] Rubén Darío Ledesma Acosta[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAMB2324ep16-79 Crossref

Resumen

La ciudad de Puyo ha sido caracterizada al potenciar el turismo de sus cuencas hídricas, el apogeo de este recurso ha llevado a que el desarrollo urbano se centre en las orillas de las cuencas, esto conlleva a que la higiene y sanidad de los asentamientos sean cubiertos y descargados a las mismas cuencas, contaminando minuciosamente por años el recurso hídrico. El presente estudio identificó los contaminantes emergentes catalogados como fármacos que consumen los residentes de la cuenca media-baja del río Puyo, además las afectaciones que tienen estas descargas residuales directas mediante un muestreo aleatorio por conglomerados que se identificaron 193 hogares, donde se aplicó la encuesta semi – abierta de forma personal para su posterior tabulación y análisis de la información recolectada en el software Office Excel, logrando categorizar los medicamentos y gramos consumidos en las zonas muestreadas. El resultado de la investigación fue que las zonas de muestreo (ZM1, ZM5, ZM12 y ZM13) ubicadas en el sector del Puyo tienen un consumo promedio de 51 g de fármacos en general, siendo la categoría de analgésico los de mayor consumo en las zonas ZM1, ZM5, ZM12 y ZM13, con un promedio de 46 g consumidos, en la categoría de antibióticos la zona (ZM7) muestra el mayor consumo con 15 g consumidos, siendo la categoría de antihipertensivos la de menor consumo representada por la zona (ZM38) con un consumo máximo de 0.5 g. El consumo de fármacos afecta directamente la salud y perpetuidad de la biota acuática que se desarrollan en la cuenca, además, de las infecciones y enfermedades gastrointestinales presentes en los residentes

Palabras clave

descargas residuales, sanidad, fármacos, perpetuidad, enfermedades gastrointestinales.

Abstract

The city of Puyo has been characterized by promoting tourism around its water basins. The surge in this resource has led to urban development focusing on the basin's edges. Consequently, hygiene and sanitation in settlements are covered and discharged into these same basins, resulting in gradual contamination of the water resource over the years. This study identified emerging contaminants, specifically pharmaceuticals consumed by residents in the middle to lower basin of the Puyo River. Through random cluster sampling, 193 households were identified. A semi-open survey was conducted in person, and the collected information was tabulated and analyzed using Microsoft Excel. The study categorized the medications and grams consumed in the sampled areas. The findings revealed that the sampling zones (ZM1, ZM5, ZM12, and ZM13) located in the Puyo sector have an average consumption of 51 g of pharmaceuticals overall. Among the sampled zones, analgesics had the highest consumption, averaging 46 g. In the antibiotics category, zone ZM7 showed the highest consumption with 15 g, while anti-hypertensives had the lowest consumption, represented by zone ZM38 with a maximum consumption of 0.5 g. These direct discharges significantly impact the health and sustainability of aquatic biota within the basin, as well as contribute to gastrointestinal infections and diseases among residents.

Keywords

residual discharges, health, pharmaceuticals, perpetuity, gastrointestinal diseases.

Direcciones

[1]Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental. Pastaza, Ecuador. Email: mv.montoyan@uea.edu.ec, ja.candod@uea.edu.ec, rledesma@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia

Marco Vinicio Montoya Narváez. Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental. Pastaza, Ecuador. Email: mv.montoyan@uea.edu.ec

Cómo citar

MONTOYA NARVÁEZ, Marco Vinicio, CANDO DUCHE, Jennifer Arleth and LEDESMA ACOSTA, Rubén Darío 2026. **Incidencia de los contaminantes emergentes vertidos en la cuenca media-baja del río Puyo** . PrePrint UEA. Vol. AMB2324. p. ep16–79. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAMB2324ep16-79

Editores Académicos Mario Javier Barrera Castro

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright

Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

1. Introducción

Las cuencas hidrográficas se definen como áreas geográficas estratégicas para la gestión del recurso agua, ya que actúan como sistemas naturales de recolección y distribución por toda la superficie terrestre. Estas regiones delimitadas por la topografía juegan un papel crucial en la regulación del ciclo hidrológico, permitiendo la captación, almacenamiento y liberación del agua de una manera equilibrada. A través de sus ríos y afluentes, las cuencas hídricas abastecen a los diversos ecosistemas y comunidades humanas, sustentando actividades agrícolas, industriales y domésticas. La importancia de las cuencas como recurso hídrico radica en su capacidad para mantener el equilibrio hidrológico y garantizar el acceso sostenible al agua dulce, siendo esenciales para la vida en nuestro planeta (Yaset Martínez Valdés 2018).

Los contaminantes emergentes son una amplia variedad de sustancias detectadas recientemente en el medio ambiente, incluidos productos farmacéuticos, productos de cuidado personal, limpiadores domésticos y productos agrícolas. Es-

tos contaminantes emergentes se han relacionado con una variedad de problemas ambientales y de salud, como la resistencia bacteriana, los trastornos hormonales y ciertos tipos de cáncer. Las cuencas hídricas se ven afectadas por contaminantes emergentes que representan una amenaza creciente para la calidad del agua. Estos contaminantes, como los productos farmacéuticos, los disruptores endocrinos y los microplásticos, impactan negativamente en la salud de los ecosistemas acuáticos y en la seguridad del suministro de agua potable (Miriam Janet Gil 2012).

En Ecuador, especialmente en Pastaza, vemos que las cuencas enfrentan serios problemas en términos de calidad del agua. La Amazonía ecuatoriana ha experimentado un deterioro en la calidad de sus aguas debido a diversos factores, entre ellos la deforestación, la actividad minera y petrolera, y la presencia de contaminantes emergentes que no han sido estudiados a profundidad. Esta situación resalta la urgencia de estudiar cuidadosamente los impactos de las cuencas hidrográficas en Ecuador, especialmente en la Amazonía, para comprender mejor los impactos de estos nuevos contaminantes e implementar medidas de mitigación efectivas.

Esta investigación tiene como objetivo identificar los contaminantes emergentes farmacéuticos consumidos en la cuenca media-baja del río Puyo clasificando los fármacos consumidos por los residentes, identificando el consumo zonal de los mismos y argumentando las incidencias que tienen las descargas directas de aguas residuales.

2. Metodología

2.1. Materiales

Para la elaboración de este trabajo de investigación científica, se utilizaron varios materiales físicos y virtuales que se describen a continuación:

2.1.1. Equipos

Computadora

2.1.2. Software

• Google Earth Pro

• Office Excel

• Office Forms

• ArcMap

2.2. Metodología

En la presentes investigación se ha empleado dos tipos de metodologías, las mismas que se describen a continuación:

1) Descriptivos comparativos: identifica las semejanzas y diferencias que logramos establecer respecto a los medicamentos consumidos por los residentes, además de establecer una comparativa entre las categorías de los medicamentos consumidos por los diferentes estratos, recopilando la información más relevante sobre varias muestras respecto al consumo y descarga en la cuenca media-baja del río Puyo (Peña Sánchez 2010).

2) Explicativos: esta investigación abarca mucho más que solamente la descripción de los medicamentos respecto a su uso y descarga final. Sino también, el disponer de relaciones entre ellas. Como infiere el nombre de este método, su relevancia se centra en dar a conocer el por qué ocurren las descargas de estos medicamentos y en qué condiciones o bajo qué factores ocurre, además de la interrelación existente entre dos o más variables (Hernández Sampieri y Mendoza Torres 2018).

2.2.1. Localización de la zona de estudio

El río Puyo es una de las cuencas hídricas más representativas del cantón ya que su cauce cruza por toda la ciudad de Puyo, con una longitud que ronda los 44 km desde su origen hasta su unión con río Pastaza, siendo aprovechada desde los primeros asentamientos de la ciudad para uso urbano y recreacional (R. Abril Saltos, L. Rodríguez Badillo, y otros, Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo 2017) **(Figura 1)**.

La presente investigación abarca el recorrido del cauce con una distancia de 33 km, iniciando en las coordenadas WGS 1984 UTM Zone 17S: 166341.80 m; 9839559.30 m, y terminando en las coordenadas 174547.03 m; 9817029.29 m.

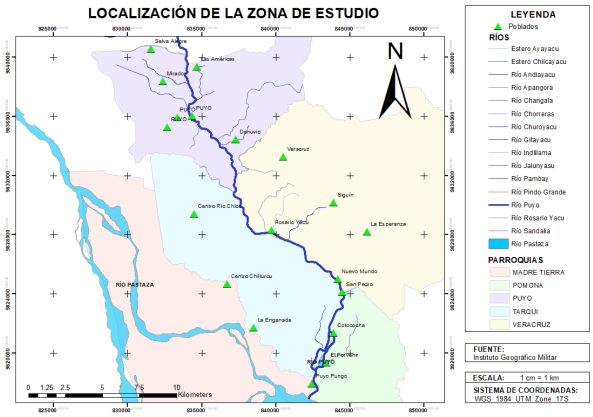


Figura 1 | Área de estudio.

2.2.2. Definición de las zonas a muestrear dentro del área de estudio

2.2.2.1. Identificación de los sectores por donde el río Puyo sigue su cauce

Para realizar la identificación de los sectores se utilizó la plataforma ArcGIS, la cual permite la visualización y análisis de la información geográfica más reciente del cantón Pastaza, publicada por las autoridades competentes (System 2022).

Dentro de esta plataforma se usó el mapa catastral del cantón Pastaza, mapa que visualiza los sectores donde nuestra área de estudio interviene y también las propiedades que se encuentran dentro de cada sector, representadas mediante líneas sobre un plano con coordenadas que forman polígonos de acuerdo a los límites de cada terreno, y a su vez la distribución de estas propiedades (Cho y Sabaté Bel 2023).

2.2.2.2. Selección del tipo de muestreo probabilístico

La metodología aplicada se denomina muestreo aleatorio por conglomerados, la cual permitió dividir la población por donde el río Puyo sigue su cauce en grupos (zonas de muestreo) con características similares, pudiendo seleccionar varios

sectores de forma aleatoria, y que estos sean analizados en representación de la población total para su posterior análisis entendiendo que todas las zonas identificadas tienen las mismas características (que exista infraestructura de vivienda y personas que residan de forma permanente) (Mateu y Casal 2003).

Además, se determinó que las características de las zonas de muestreo sean de forma circular y con un perímetro de 1257 m, con respecto a la numeración y conteo de las viviendas identificadas en cada zona de muestreo se lo realizó mediante la información del mapa catastral de Puyo, determinando el tamaño de la muestra total que se aplicó en el área de estudio mediante la fórmula que se describe a continuación:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q} \quad (1)$$

Donde:

n: es el tamaño de la muestra

N: es el tamaño de la población

Z: nivel de confianza

p: porcentaje de éxito o proporción esperada

q: probabilidad de fracaso

d: precisión (nivel de error en términos de proporción)

2.2.3. Recolección y análisis de datos

2.2.3.1. Diseño y elaboración de encuestas

La elaboración de las encuestas se basó en la información más puntual y selección de los datos más relevantes para esta investigación, datos que por su carácter mixto (cualitativo y cuantitativo) fue necesario aplicar la metodología de pregunta semi abierta y una base de preguntas mixtas, esto quiere decir que la encuesta se estructuró con preguntas abiertas y cerradas ordenándolas de forma secuencial, empezando con siete preguntas cerradas sobre datos generales y terminando con dos preguntas abiertas, recalcando que las respuestas son de carácter subjetivo dependiendo de la calidad de vida de cada individuo. (Feria Avila, Matilla González y Mantecón Licea 2020).

2.2.3.2. Aplicación de la encuesta a los hogares a muestrear

Para la aplicación de las encuestas se utilizó el método de muestreo aleatorio simple dentro de cada zona de muestreo identificada. Lo cual, infiere que cualquiera de los elementos de la población a muestrear tiene la posibilidad de incluir en la muestra, por ello, se realizó previamente el conteo de todos los hogares que abarcan las zonas de muestreo ya identificadas y para la muestra universo total se usó el software Excel aplicando la función: =ALEATORIO.ENTRE(1;694), con la finalidad de identificar los hogares exactos a encuestar dentro de cada zona mediante la numeración que se les dio previamente. Finalmente, se aplicó las encuestas de forma personal a cada hogar en las 39 zonas de muestreo (Sucasaire Pilco 2022).

2.2.3.3. Tabulación y análisi de la información recolectada

Encuestados todos los hogares seleccionados se procedió a tabular toda la información recolectada para su posterior validación y verificación mediante la plataforma Office-Excel. Se empezó con la codificación de las preguntas abiertas, enlistando las respuestas y consolidándolas en las categorías correspondientes. Posteriormente, se procedió a analizar mediante la tabulación cruzada para identificar la relación que exista entre las variables y representarlas en tablas, gráficos e histogramas de frecuencia estadísticos. De esta manera, se realizó el primer análisis sobre las categorías identificadas y el consumo que tienen los residentes de cada categoría (Gilbert A. Churchill 2003).

2.2.4. Evaluación sobre la categoría de los medicamentos

2.2.4.1. Distribución de los medicamentos consumidos por zonas

Una vez categorizado y cuantificado los medicamentos consumidos por los residentes encuestados, se procedió a la representación gráfica de los parámetros identificados en las 39 zonas de muestreo. Las gráficas se representaron en gramos totales consumidos, además, la representación de los gramos por categoría consumida se la realizo mediante gráfico de barras. Este análisis de datos permitió identificar las zonas y categorías de mayor a menor consumo.

2.2.4.2. Representación de los medicamentos consumidos por zonas mediante el método de escala de colores secuenciales

Identificada la cantidad de medicamento consumido en cada zona de muestreo, se procedió hacer la representación de las zonas mediante escala de colores, representando los datos numéricos (gramos) en forma de rango continuo en una escala establecida por tres clasificaciones (alto, medio, bajo), cada una de color verde con diferente intensidad, el verde más tenue indica valores bajos y el verde más oscuro indica valores más altos. Esta representación permitió una fácil identificación visual del grado de consumo en los sectores que intervienen en el área de estudio (Orte 2023).

2.2.5. Identificación de los usos de la cuenca hídrica

Para la identificación del uso de la cuenca hídrica, se realizaron varios recorridos en el mes de diciembre del año 2023, considerando que el mes de diciembre es uno de los meses más festivos y que la actividad turística y local tiene mayor afluencia. Los recorridos se realizaron por zonas accesibles a las orillas de la cuenca, así como también, a zonas pobladas que colindan con el cauce del río. Interactuando con los residentes para la obtención de información respecto a las actividades que se realizan y su aprovechamiento del recurso hídrico. Además, de visitar los espacios turísticos e interactuar con los propietarios para identificar si hacen provecho del río.

3. Resultados y discusión

3.1. Definición de las zonas a muestrear dentro del área de estudio

3.1.1. Identificación de los sectores por donde el río Puyo sigue su cauce

De acuerdo con el manejo de la información publicada en el mapa catastral de Puyo, se identificó cinco sectores y sus barrios o comunidades que se describe a continuación en la **(Tabla 1)**:

Tabla 1 | Sectores identificados

Sectores	Barrios - Comunidades
Fátima	Las Américas
Puyo	Pambay, Obrero, Amazonas, 12 de Mayo, Mariscal
Veracruz	Unión Base, Comunidad la esperanza, San Pedro
Tarqui	Comunidad San Jacinto, Mushuk Warmi, Ilupungo, Rosario Yacu, Nuevo Mundo, Cotococha, Bellavista
Pomona	Comunidad Indichuris

3.1.2. Selección del tipo de muestreo probabilístico

Mediante el método de muestreo por conglomerados se obtuvo como resultado 39 zonas de muestreo a lo largo del río Puyo que se evidencia a continuación en la **(Figura 2)**:

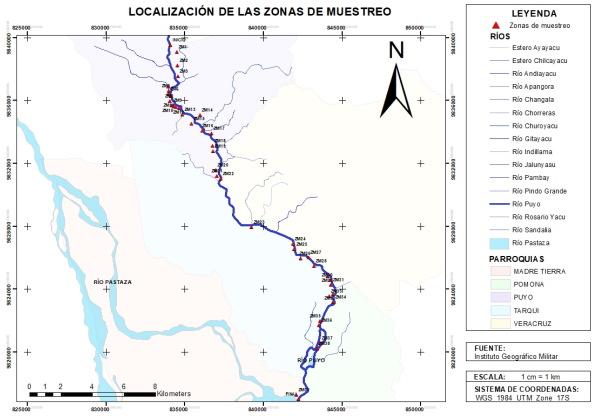


Figura 2 | Localización zonas de muestreo

Además, se determinó 193 muestras, en las cuales, se encuestó para obtener la información requerida aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\propto}^2 * p * q}{e^2 * (N-1) + Z_{\propto}^2 * p * q} \quad (2)$$

$$n = 193 \text{ muestras} \quad (3)$$

3.2. Recolección y análisis de datos

3.2.1. Diseño y elaboración de encuestas

La elaboración de la encuesta se basó en las siguientes variables y unidades de medida **(Tabla 2)**:

Tabla 2 | Variables y medidas aplicadas en la encuesta

Variables	Unidad de medida
Edad	Años
Género	Sexo
Número de habitantes	Habitantes
Enfermedades	Unidad
Disposición de alcantarillado	-
Consumo de medicamentos	Miligramos

Analizando la información puntual y concisa obtenida de los residentes, se inició con la base de preguntas mixtas (abiertas y cerradas) y ordenándolas de forma secuencial. Posteriormente, se analizó las preguntas cerradas (nombre, edad, género, número de vivienda seleccionada, número de habitantes en el hogar, si padece de alguna enfermedad, si el hogar cuenta con alcantarillado). Finalmente, se analizó las dos preguntas abiertas (el número de veces que el individuo realiza sus necesidades básicas y los medicamentos que consumen) considerando la cantidad, frecuencia de consumo y tiempo de tratamiento.

3.2.2. Aplicación de la encuesta a los hogares a muestrear

Mediante el software Excel se introdujo la función ALEATORIO.ENTRE(1;694), identificando los hogares exactos a encuestar dentro de cada zona mediante la numeración que se les dio previamente, como se muestra a continuación.

3.2.3. Tabulación y análisis de la información recolectada

Mediante la validación y verificación de los datos que los residentes manifestaron en las encuestas, se obtuvo lo siguiente.

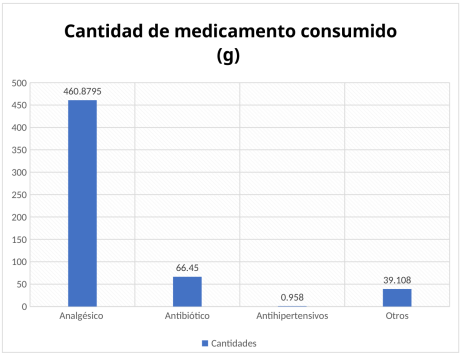


Figura 3 | Cantidades consumidas de medicamento según su clasificación.

En la **(Figura 3)**, se muestran los resultados de los consumos totales categorizados, obteniendo que los medicamentos clasificados como analgésicos son consumidos en 460.8795 (g), siguiendo con la categoría de antibiótico con 66.45 (g) totales consumidos, como tercer lugar tenemos la categoría de "otros medicamentos" con un total de consumo superior a los 39.108 (g) totales consumidos, esta categoría se diferencia porque no se pudieron clasificar a los medicamentos según el criterio de esta investigación, entre ellos podemos encontrar antigripales. Y por último encontramos la categoría de antihipertensivos con un consumo total de 0.958 (g).

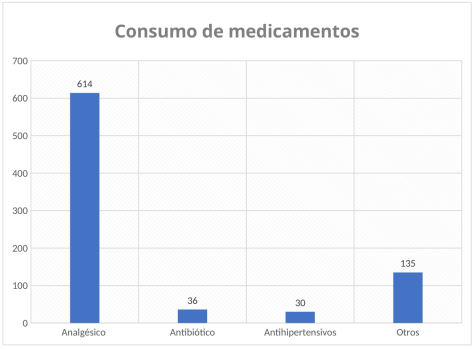


Figura 4 | Número de personas que hacen uso de los medicamentos identificados.

Tabla 3 | Número de vivienda para aplicar la encuesta

Zonas de muestreo	Hogares para muestrear y número de vivienda
ZM1	1, 4, 6, 9, 12, 20, 23, 32, 34, 37, 40, 41, 42, 47, 48, 49, 57, 59, 61, 62, 63, 65
ZM2	69, 80, 89
ZM3	93
ZM4	113, 116, 119, 125, 127, 128, 130
ZM5	132, 133, 141, 144, 145, 149, 150, 154, 156, 158, 163, 166, 167, 174, 175, 176, 177, 181, 183, 185, 187
ZM6	188, 189, 190, 200, 201, 205, 206, 212
ZM7	215, 216, 218, 222, 225, 227, 228
ZM8	233, 242, 245, 246, 250, 252, 257, 258
ZM9	264, 265, 272, 275, 276, 277, 282, 288, 290
ZM10	298, 300, 303, 307, 311, 314
ZM11	316, 318, 325, 335, 342, 343
ZM12	345, 350, 353, 354, 363, 364, 369, 372, 375, 377, 380, 381, 390, 397
ZM13	402, 407, 410, 413, 415, 416, 418
ZM14	425
ZM15	436, 440
ZM16	448, 453, 456
ZM17	463
ZM18	466, 467, 469, 476, 479, 481
ZM19	491, 493, 494
ZM20	495, 496, 499, 501, 503, 504, 506
ZM21	522, 523, 528
ZM22	530, 532
ZM23	539
ZM24	552, 554
ZM25	562
ZM26	564, 565, 567, 569, 570, 572
ZM27	576
ZM28	581,583
ZM29	588, 590
ZM30	598
ZM31	600, 602
ZM32	610, 611, 612, 614
ZM33	616, 617, 618, 619
ZM34	624, 625, 627
ZM35	629, 631, 634, 637, 640, 641
ZM36	648, 651, 653
ZM37	654, 668
ZM38	672, 675, 676, 679
ZM39	680

En la **(Figura 4)**, se identificó el número de personas que consumen al menos una dosis de cada categoría. Como principal resultado tenemos que 614 personas han consumido por lo menos una dosis de analgésico ya sea medicada por un profesional de la salud o de consumo propio, bajo los criterios de la enfermedad o dolor presentado. En segunda clasificación más consumida tenemos la categoría "otros medicamentos", con 135 personas las cuales han consumido antigripales, anticonceptivos, antiácidos, entre otros **(Tabla 3)**.

La categoría de antibiótico se encuentra en tercer lugar como la más consumida con un total de 36 personas que hacen uso frecuente de estos medicamentos, y por última categoría tenemos los antihipertensivos con 30 personas que hacen uso diario por las distintas enfermedades padecidas.

3.3. Evaluación sobre la categoría de los medicamentos

3.3.1. Distribución de los medicamentos consumidos por zonas

Al analizar la información por zonas muestreadas, las zonas con mayor consumo de medicamento son las más pobladas y desarrolladas que corresponden a las zonas de muestreo número 4 hasta el número 20, ya que el desarrollo urbano dentro de la ciudad de Puyo conlleva un avance en el tratamiento y control de enfermedades, por lo tanto, la comercialización y acceso a medicamentos farmacéuticos se desarrolla e incrementa a la par con la ciudad, este análisis se puede observar en la **(Figura 5).**

Caso contrario ocurre en las zonas alejadas del desarrollo urbano como en el caso de la zona de muestreo 21 hasta la zona 39, donde se identificó un bajo consumo, debido al acceso a medicamentos farmacéuticos y a los residentes de estas zonas que pertenece a los asentamientos nativos de la provincia de Pastaza, por lo cual, optan en usar medicina natural ante cualquier malestar o enfermedad y el consumo farmacéutico resulta casi nulo.

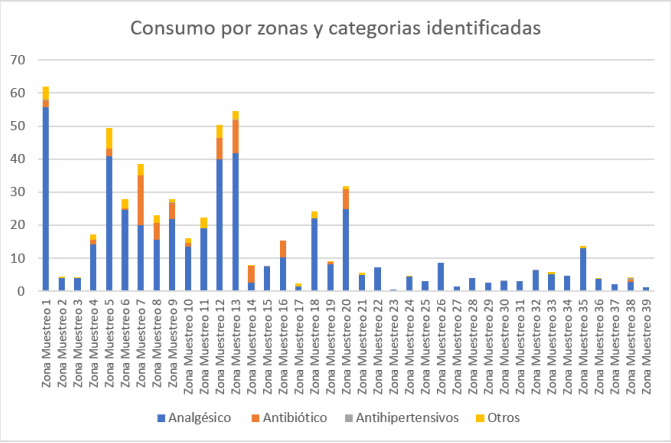


Figura 5 | Consumo zonal de los medicamentos clasificados.

En la **(Figura 6)**, se identificó mediante una escala de colores las zonas de muestreo que tienen excesivo consumo (zonas de color verde obscuro) y bajo consumo (zonas de color verde tenue) de todos los medicamentos consumidos en su totalidad (analgésico, antibióticos, antihipertensivos, otros medicamentos). Obteniendo que las zonas de muestreo (ZM1, ZM5, ZM12 y ZM13) tienen un alto consumo que va de los 41 g y 61.g. Las zonas de muestreo (ZM6, ZM7, ZM8, ZM9, ZM11, ZM18 y ZM20) tienen un consumo moderado de medicamentos con un consumo que oscila entre los 20 g y 41 g y las zonas de muestreo (ZM2, ZM3, ZM4, ZM10, ZM14, ZM15, ZM16. Z17, ZM19, ZM21, ZM22, ZM23, ZM24, ZM25, ZM26, ZM27, ZM28, ZM29, ZM30, ZM31, ZM32, ZM33, ZM34, ZM35, ZM36, ZM37, ZM38, ZM39) reflejan un consumo entre 0.50 g y 20. g.

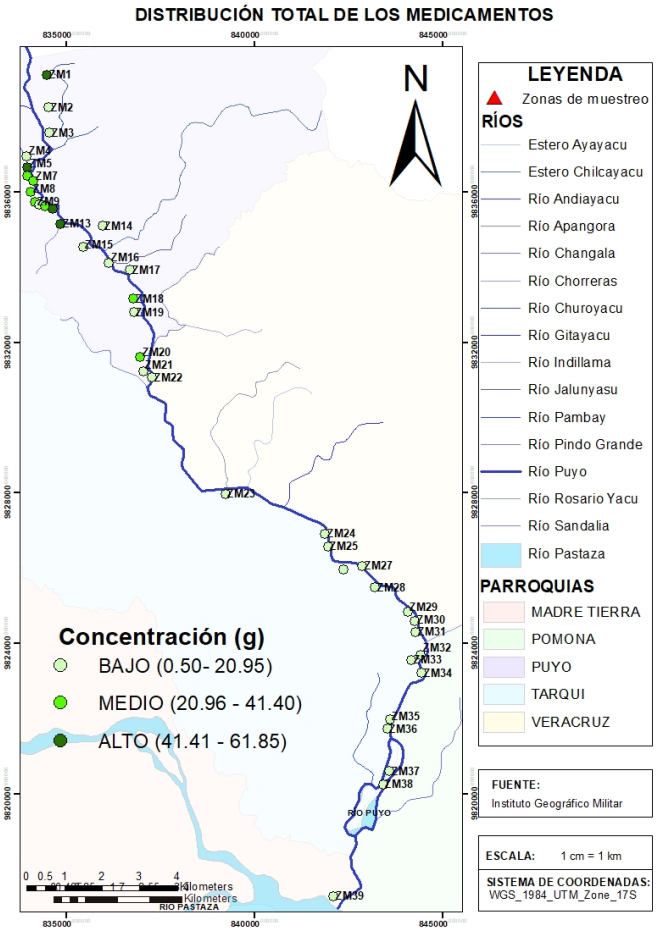


Figura 6 | Distribución total de los medicamentos consumidos.

3.3.2. Representación de los medicamentos consumidos por zonas (aplicando el método de escala de colores secuenciales)

En la **(Figura 7)**, se identificó el consumo zonal de los medicamentos categorizados como analgésico, siendo las zonas de muestreo (ZM1, ZM5, ZM12, ZM13) las de mayor consumo entre 37 g y 55 g. Siguiendo la categorización, las zonas de muestreo (ZM6, ZM7, ZM9, ZM11, ZM18, ZM20) las de consumo moderado que va de 19 g a los 37 g. Siendo las zonas de muestreo (Z2, ZM3, ZM4, Z8, ZM14, ZM15, Z16, ZM17, ZM19, ZM21, ZM22, ZM23, ZM24, ZM25, ZM26, ZM27, ZM28, ZM29, ZM30, ZM31, ZM32, ZM33, ZM34, ZM35, ZM36, ZM37, ZM38, ZM39) las de menor consumo que va desde 0.5 g a 19 g.

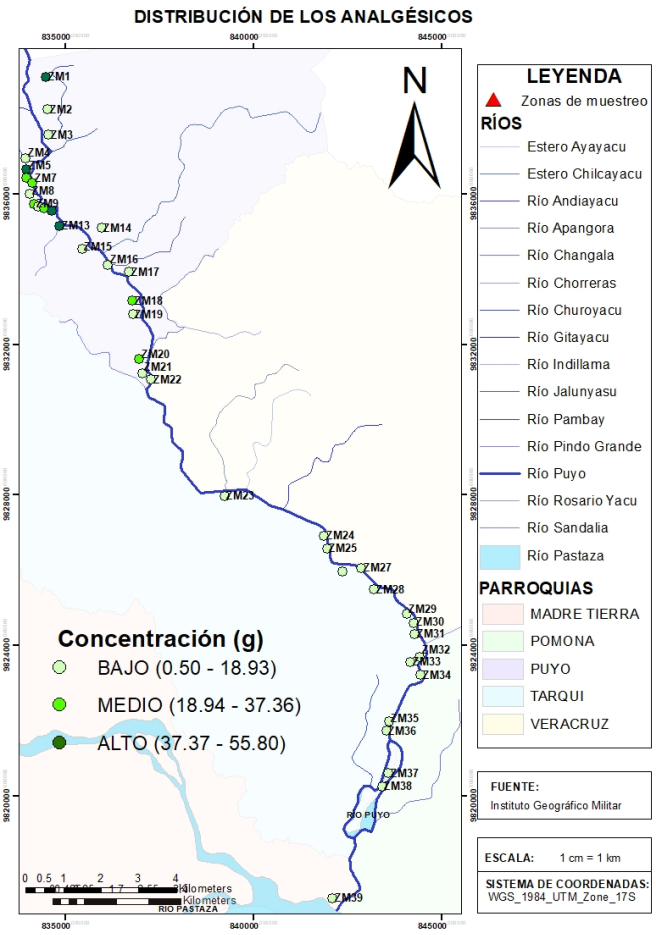


Figura 7 | Distribución del consumo de medicamentos categorizados como “analgésicos” por zonas.

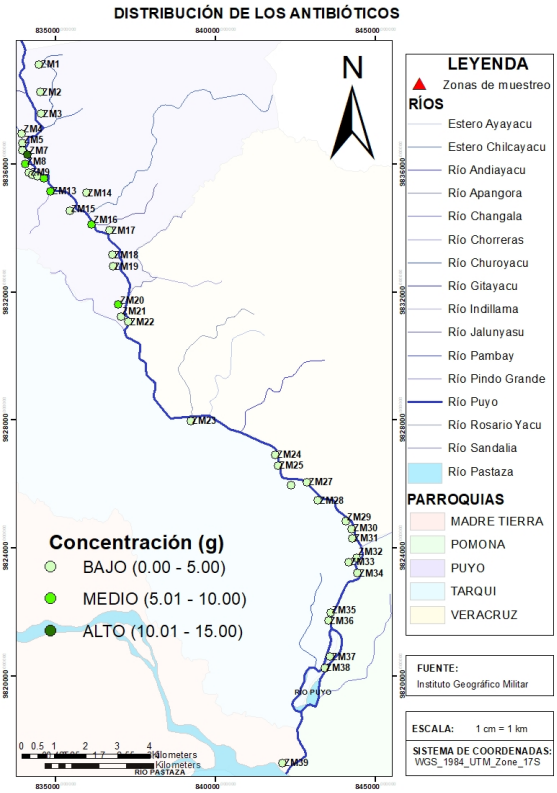


Figura 8 | Distribución del consumo de medicamentos categorizados como “antibióticos” por zonas.

En la **(Figura 8)**, se identificó el consumo zonal de los medicamentos categorizados como antibióticos, siendo la zona de muestreo (ZM7) la de mayor consumo, con 15 g consumidos. Las zonas de muestreo (ZM8, ZM12, ZM13, ZM16, ZM20) tienen un consumo moderado que va desde 5 g hasta los 10 g, siendo las zonas de muestreo (ZM1, ZM2, ZM3, ZM4, ZM5, ZM6, ZM9, ZM10, ZN11, ZM14, ZM15, ZM17, ZM18, ZM19, ZM21, ZM22, ZM23, ZM24, ZM25, ZM26, ZM27, ZM28, ZM29, ZM30, ZM31, ZM32, ZM33, ZM34, ZM35, ZM36, ZM37, ZM38, ZM39) las de menor consumo, pero siendo el mayor número de zonas muestreadas, con un consumo que va desde los 0 g hasta los 5 g.

En la **(Figura 9)**, se identificó el consumo zonal de los medicamentos categorizados como antihipertensivos, siendo la zona de muestreo (ZM38) tienen un alto consumo que va desde los 0.1 g hasta los 0.5 g, las zonas (ZM1, ZM9, ZM13) las de consumo moderado que va desde 0.05g hasta los 0.1g, siendo las zonas de muestreo (ZM2, ZM3, ZM4, ZM5, ZM6, ZM7, ZM8, ZM10, ZM11, ZM12, ZM14, ZM15, ZM16, ZM17, ZM18, ZM19, ZM20, ZM21, ZM22, ZM23, ZM24, ZM25, ZM26, ZM27, ZM28, ZM29, ZM30, ZM31, ZM32, ZM33, ZM34, ZM35, ZM36, ZM37, ZM39) las de menor consumo pero siendo el mayor número de zonas muestreadas, con un consumo que va desde los 0 g hasta los 0.05 g.

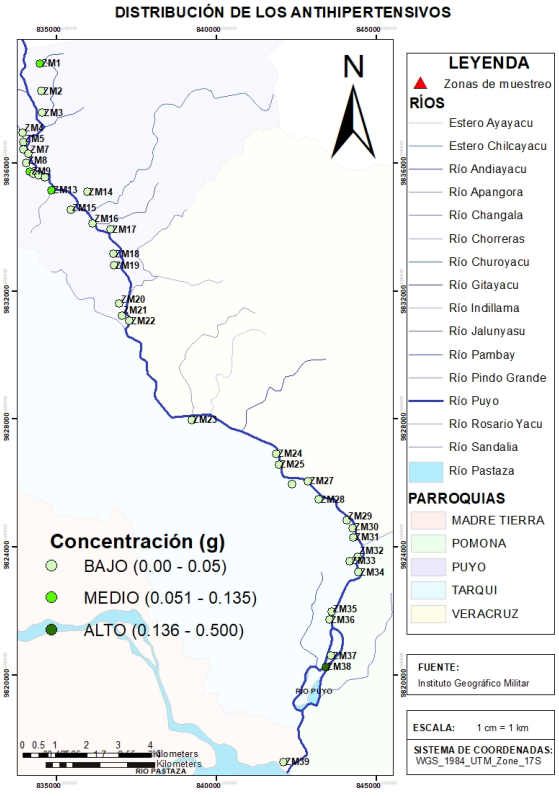


Figura 9 | Distribución del consumo de medicamentos categorizados como “antihipertensivos” por zonas.

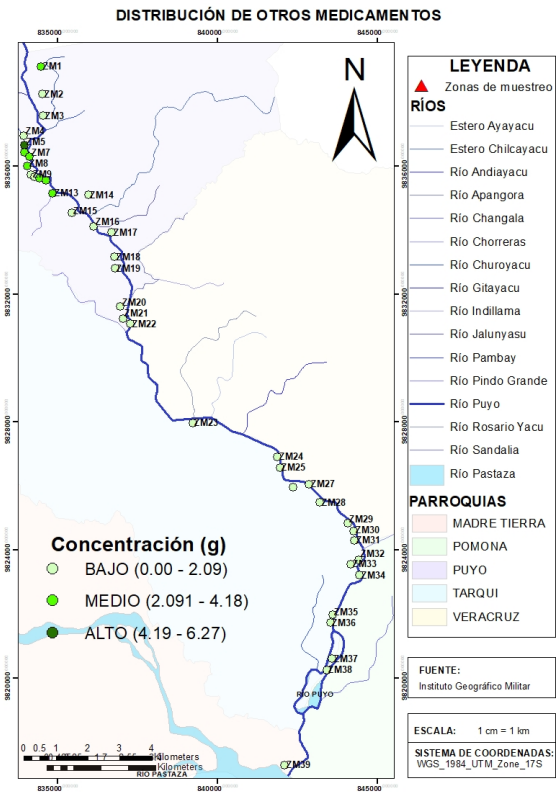


Figura 10 | Distribución del consumo de medicamentos categorizados como "otros medicamentos" por zonas.

En la **(Figura 10)**, se identificó el consumo zonal de los medicamentos categorizados como otros medicamentos, siendo la zona de muestreo (ZM5) tienen un alto consumo que va desde los 4 g hasta los 6 g, las zonas (ZM1, ZM6, ZM7, ZM8, ZM11, ZM12, ZM13) las de consumo moderado que va desde 2 g hasta los 4 g, siendo las zonas de muestreo (ZM2, ZM3, ZM4, ZM9, ZM10, ZM14, ZM15, ZM16, ZM17, ZM18, ZM19, ZM20, ZM21, ZM22, ZM23, ZM24, ZM25, ZM26, ZM27, ZM28, ZM29, ZM30, ZM31, ZM32, ZM33, ZM34, ZM35, ZM36, ZM37, ZM38, ZM39) las de menor consumo pero siendo el mayor número de zonas muestreadas, con un consumo que va desde los 0 g hasta los 2 g.

3.4. Identificación de los usos de la cuenca hídrica

La cuenca del río Puyo es uno de los recursos hídricos más antiguos que los residentes han aprovechado para el abastecimiento de sus necesidades y el desarrollo de la ciudad. Con el avance del sector urbano e industrial en la ciudad, dicha cuenca se ha visto fuertemente afectada con el pasar de los años. Identificamos las actividades que desarrollan los residentes para poder determinar las afectaciones que tiene descargar estos medicamentos farmacéuticos. La primera actividad identificada fue la de recreación, con el desarrollo turístico de la provincia fue indispensable el desarrollo turístico para que las personas y turista pueda disfrutar de un balneario natural.

Como segundo punto tenemos la actividad de uso doméstico, siendo los barrios y comunidades que se han asentado en tierras cercanas al río, las que hacen provecho de esta cuenca para el uso de higiene y alimentación como es en el caso de las comunidades de Cotococha e Indichuris, que actualmente se ven afectadas por enfermedades gastrointestinales y no solo por la descarga de medicamentos farmacéuticos aguas arriba, sino por descargas de sustancias ajenas al recurso hídrico por parte de actividades agropecuarias que se han implementado con el pasar de los años. Esto nos lleva el tercer punto, la actividad agropecuaria que se ha desarrollado en los últimos años para poder cubrir la demanda de productos que necesita la gente como, por ejemplo, la producción bovina, la producción de lácteos, y otros.

Y como última actividad identificada fue la de piscícola, una actividad habitual que en la antigüedad se practicaba para el sustento de los hogares y cubrir las necesidades alimenticias de las comunidades cercanas a la cuenca. En la actualidad se ha dejado de practicarla ya que las especies comestibles han dejado de reproducirse por el cambio de las condiciones acuáticas y las pocas especies encontradas en la actualidad conllevan un consumo perjudicial para la salud por problemas gastrointestinales debido a las concentraciones de varios elementos presentes en el agua.

3.5. Discusión

El presente estudio dividió en varias zonas de muestreo los asentamientos urbanos de la cuenca media-baja del río Puyo e identificó las cantidades consumidas de fármacos en cada una de ellas, categorizando los fármacos que según el autor (Cartagena 2011) se dividen en analgésicos, antibióticos y antihipertensivos, como también, de establecer el consumo zonal como muestra la Figura 5. En este contexto, el desarrollo urbano y demográfico conlleva a que la transmisión y contagio de enfermedades aumente, por ende, la comercialización y consumo de fármacos para inhibir estas enfermedades generan descargas de forma constante en bajas concentraciones según investigaciones del autor (Rivera Jaimes 2018). Las descargas directas de aguas residuales pueden tener bajas concentraciones de estos fármacos, afectando a los sectores de: Pambay, Obrero, Amazonas, 12 de Mayo y Mariscal.

Según (Cartagena 2011), describe que los subproductos xenobióticos eliminados por excretas y orinas son muy difíciles de identificar analíticamente, pero la distribución de la mayoría de fármacos por ser ácidos y de bases débiles dependen del pH del medio y la constante de acidez (Ka), haciendo que la bilis de algunos peces sean un indicador para el análisis y bio-magnificación de los fármacos en el ecosistema agua, sin embargo, se podría verificar y tener una tipificación más precisa de las concentraciones de fármacos con la identificación del consumo, la resiliencia y asimilación de la biota acuática en las zonas de interés.

Los tratamientos que se les da a las descargas de aguas residuales domésticas en la provincia de Pastaza carecen de procesos y tecnologías para la remoción de fármacos. Un ejemplo es el tributario Citayacu, uno de los más contaminados en la ciudad de Puyo que según los autores (R. Abril Saltos, L. Rodríguez Badillo, y otros, Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo 2017) recibe descargas residuales directas de la zona urbana sobrepasando los límites permisibles establecidos por la legislación ecuatoriana de coliformes fecales. Según (Rodríguez Pérez 2013) la exposición de estos microorganismos a largos periodos de tiempo junto a fármacos y sus bajas concentraciones en el agua pueden desarrollan resistencia

microbiana, por lo tanto, las posibilidades de inhibir enfermedades como: infecciones urinarias, entéricas y neumonía mediante un tratamiento convencional sean ineficaces, aumentando la dosis y tipos de tratamiento, resultando en un bucle de contaminación.

Según, (García-Gómez, Gortáres-Moroyoqui y Drogui 2011), expresan que los contaminantes emergentes tienen varios efectos en la salud humana y el medio ambiente. En el río Puyo estas afectaciones se evidencian en los asentamientos más antiguos, donde las actividades diarias se han limitado al no hacer provecho de la cuenca, teniendo que buscar otros recursos para suplir ciertas necesidades, como el caso del uso turístico o recreacional de esta cuenca. Dichas actividades se han limitado a la observación de estos recursos ya que al tener contacto primario o ingesta de algún producto se desarrollan enfermedades gastrointestinales o cutáneas. Por ello, se ha promovido a nivel mundial la investigación y estudios de esta contaminación silenciosa, además de evolucionar y mejorar los tratamientos aplicados a la eliminación de estos contaminantes para mejorar la calidad ambiental.

4. Conclusiones

La identificación de los medicamentos consumidos se lo realizó en base a categorías usadas en investigaciones previas, de las cuales, se pudu obtener que la categoría más consumida y que afecta fuertemente a la biota acuática es la categoría de analgésico con un consumo general de 460,9 gramos que representa el 81.2% de los medicamentos consumidos. La categoría de antibiótico tiene un consumo de 66,5 gramos que representa el 11.7%. La categoría de antihipertensivos genera un consumo de 1 gramos que representa el 0.2%. Y la categoría de otros medicamentos se determinó un consumo de 39,1 gramos que representa el 6.9%.

De las 39 zonas de muestreo identificadas, 14 zonas superan los 15 gramos totales consumidos, siendo la zona de muestreo #16 la de mínimo consumo con 15.24 gramos y la zona de muestreo #1 la de mayor consumo 61.84 gramos. Deduciendo que estas catorce zonas tienen una alta creciente demográfico y que su desarrollo seguirá en aumento, por lo cual, las cantidades consumidas seguirán aumentando con el transcurso de los años.

Las actividades agrícolas, de turismo y piscícola que se desarrollan en la cuenca del río Puyo afectan directamente por las concentraciones de estos fármacos en las descargas que se realizan cuenca media, siendo los analgésicos los más preocupantes por su alto consumo y sus efectos de resistencia en patógenos bacterianos (Tejada Tovar, Quiñones-Bolaños y Peña 2014). Además de que el consumo de antibióticos y antihipertensivos también pueden afectar a la población acumulándose en el cuerpo humano y medioambiente generando problemas como disruptores endocrinos y problemas hormonales si no son eliminados eficazmente (Gil , y otros 2012).

Contribuciones de los autores **Marco Vinicio Montoya Narváez:** Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Jennifer Arleth Cando Duche:

Rubén Darío Ledesma Acosta:

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada.[0.5em]

Conflicto de intereses Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

Abril Saltos, Ricardo Vinicio , Leo Maximiliano Rodríguez Badillo, Darwin Javier Sucoshañay Villalba, y Erika Mariela Bucaram Visuma. «Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo.» *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 2017.

Abril Saltos, Ricardo Vinicio, Leo Maximiliano Rodríguez Badillo, Darwin Javier Sucoshañay Villalba, y Erika Mariela Bucaram Visuma. «Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo.» *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* 38, n° 2 (2017): 59-72.

Abril Saltos, Ricardo Vinicio, Leo Maximiliano Rodríguez Badillo, y Darwin Javier Villalba Sucoshañay. «Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo.» *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*, 2017: 7-9.

Cartagena, Claudio Jiménez. «SciELO.» *SciELO.* 12 de Diciembre de 2011. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-44492011000200016&script=sci_arttext (último acceso: 23 de Febrero de 2024).

Cho, Meehwa, y Joaquín Sabaté Bel. «Los planos catastrales como instrumento de dominio. Reconstrucción del primer plano catastral de Busan (Corea del Sur) levantado durante el periodo de ocupación japonesa 1910-1918.» *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales* 27, n° 1 (2023): 203-233.

Feria Avila, Hernán , Magarita Matilla González, y Silverio Mantecón Licea. «La Entrevista y la Encuesta: ¿Métodos o Técnicas de Indagación Empírica?» *Didáctica Y Educación ISSN 2224-2643* 11, n° 3 (2020): 62-79.

García-Gómez, C., P. Gortáres-Moroyoqui, y P. Drogui. «Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción.» *QuímicaViva* 10, n° 2 (Agosto 2011): 96-105.

Gil , Miriam Janet , Adriana María Soto , Jorge Iván Usma, y Omar Darío Gutiérrez. «SciELO.» *SciELO.* 21 de Noviembre de 2012. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552012000200005&script=sci_arttext (último acceso: 25 de Febrero de 2024).

Gilbert A. Churchill, Jr. *Investigación de mercados, 4a. edición.* México: Ediciones Paraninfo, 2003.

Hernández Sampieri, Roberto, y Christian Paulina Mendoza Torres. *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* México : McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2018.

Mateu, Enric , y Jordi Casal. «Tipos de Muestreo.» *Revista de epidemiología y medicina preventiva* 1 (2003): 3-7.

Miriam Janet Gil, Adriana María Soto, Jorge Iván Usma y Omar Darío Gutiérrez. «Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos.» *Scielo*, 2012: 2-3.

Orte , Paco . «esPublico Gestiona.» *esPublico Gestiona.* 10 de Mayo de 2023. https://espublicogestiona.com/visualizacion-de-datos-parte-iii-uso-del-color/ (último acceso: 23 de Enero de 2024).

Pachés Giner, Maria. «Contaminantes emergentes.» *Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, 2022: 2-5.

Pauta, Guillermina , y otros. «Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador.» *Maskana* 10, n° 2 (2019): 76 - 88.

Peña Sánchez, Edith Yesenia . «Del principio descriptivo-comparativo a la investigación biocultural en antropología física.» *Estudios De Antropología*

Biológica 13, n° 1 (2010): 61.

Rivera Jaimes, Mica José Abraham. «Repositorio Institucional de Acceso Abierto (RIAA).» *Repositorio Institucional de Acceso Abierto (RIAA).* Junio de 2018. http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/430/RIJAMB06T.pdf?sequence=1&isAllowed=y(Ãžltimoacceso:24deFebrerode2024).

Rodríguez Pérez, Rita Lisseth. «Archivo Digital UPM.» *Archivo Digital UPM.* 6 de Febrero de 2013. https://oa.upm.es/14416/ (último acceso: 27 de Febrero de 2024).

Sánchez Ramírez, Javier Eduardo. «Contaminantes emergentes en nuestros ecosistemas acuáticos: enemigos invisibles.» *Revista Ingeniería y Región*, 2018: 1- 4.

Sucasaire Pilco, Jorge. *Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra de investigación.* Lima: Jorge Sucasaire Pilco, 2022.

Sucoshañay Villalva, Darwin Javier, José Evelio, Rivero García, Alberto Gutiérrez Hernández, Rubén Ledesma Acosta, Érika Vanesa Kuásquer, y Gustavo Elías Martínez Venezuela. «Aplicación del ICA sp para la evaluación de la calidad de las aguas fluviales de la cuena del río Puyo, Amazonía Ecuatorinana.» *Universidad Estatal Amazónica*, 2015: 6.

System, Architecture Geographic Information. *ArcGis Resources.* 2022. https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000013000000.htm(Ãžltimoacceso:26deDiciembrede2023).

Tejada Tovar, Candelaria , Edgar Quiñones-Bolaños, y Margaret Peña. «Contaminantes Emergentes en Aguas: Metabolitos de Fármacos. Una Revisión.» *Revista Facultad de Ciencias Básicas* 10, n° 1 (2014): 80.

Yaset Martínez Valdés, Víctor Michel Villalejo García. «La Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos: Una Necesidad de Estos Tiempos.» *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 2018: 5-6.