

# Evaluación de la salud ambiental del río Ocloro, utilizando una metodología mixta

## Assessment of the Ocloro River's environmental health, using a mixed methodology

María Chaves-Villalobos<sup>1</sup>, Jose Quirós-Vega<sup>2</sup>, Stephanie Cordero-Cordero<sup>3</sup>, Jenny Villalobos-Sequeira<sup>4</sup>, Deivis Anchía-Leitón<sup>5</sup>, Alonso Loría-Barquero<sup>6</sup>, Daniela Luna-Salas<sup>7</sup>, Ana Fung-Méndez<sup>8</sup>, Mónica Paniagua-Pantoja<sup>9</sup>

Fecha de recepción: 21 de septiembre, 2022

Fecha de aprobación: 8 de enero, 2023

Chaves-Villalobos, M; Quirós-Vega, J; Cordero-Cordero, S; Villalobos-Sequeira, J; Anchía-Leitón, D; Loría-Barquero, A; Luna-Salas, D; Fung-Méndez, A; Paniagua-Pantoja, M. Evaluación de la salud ambiental del río ocloro, utilizando una metodología mixta. *Tecnología en Marcha*. Vol. 36, Nº 4. Octubre-Diciembre, 2023. Pág. 148-159.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6392>

1 Universidad Nacional. Costa Rica. Correo electrónico: [maria.chaves.villalobos@una.ac.cr](mailto:maria.chaves.villalobos@una.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0002-5632-4149>

2 Universidad Nacional. Costa Rica. Correo electrónico: [jose.quiros.vega@una.ac.cr](mailto:jose.quiros.vega@una.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0002-2731-2691>

3 Universidad Nacional. Costa Rica. Correo electrónico: [stephanie.cordero.cordero@una.ac.cr](mailto:stephanie.cordero.cordero@una.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0001-6283-8536>

4 Universidad Nacional. Costa Rica. Correo electrónico: [jenny.villalobos.sequeira@una.ac.cr](mailto:jenny.villalobos.sequeira@una.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0003-0186-6140>

5 Universidad Nacional. Costa Rica. Correo electrónico: [deivis.anchia.leiton@una.ac.cr](mailto:deivis.anchia.leiton@una.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0002-3606-6250>

6 Universidad Nacional. Costa Rica. Correo electrónico: [alonso.loria.barquero@est.una.ac.cr](mailto:alonso.loria.barquero@est.una.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0002-4321-8048>

7 Universidad Nacional. Costa Rica. Correo electrónico: [daniela.luna.salas@est.una.ac.cr](mailto:daniela.luna.salas@est.una.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0001-8830-7362>

8 Universidad Nacional. Costa Rica. Correo electrónico: [ana.fung.mendez@est.una.ac.cr](mailto:ana.fung.mendez@est.una.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0001-7025-4020>

9 Universidad Nacional Costa Rica. Correo electrónico: [monica.paniagua.pantoja@est.una.ac.cr](mailto:monica.paniagua.pantoja@est.una.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0001-7633-1824>

## Palabras clave

Contaminación; salud ambiental; metodología POSH; índice holandés; percepción social.

## Resumen

La sostenibilidad de las zonas urbanas hoy en día enfrenta grandes desafíos, debido a los altos niveles de contaminación causados por la densidad poblacional. Por consiguiente, la disponibilidad del recurso hídrico se ve cada vez más comprometido, producto a la inapropiada gestión de residuos sólidos y líquidos, generados por diferentes actividades humanas. El río Ocloro es un claro ejemplo de esta problemática, el deterioro de su salud ambiental es una evidencia de ello. Para conocerla, se utilizó una metodología mixta, el primer método fue la caracterización de la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, posteriormente, la determinación del índice holandés, obteniendo un total de 16 muestras clase 5 “contaminación muy severa” y 4 muestras clase 4 “contaminación severa”, del 2019 al 2021. En la segunda etapa se aplicó una encuesta de percepción entre un sector específico de la población de Barrio Luján, alcanzando información de 80 viviendas, donde 54 personas indicaron haber tenido afectación por la contaminación del río; asimismo, la mayoría calificó el nivel de contaminación en 8, donde 10 era el valor con mayor nivel de contaminación. Finalmente se utilizó el método POSH, el cual permitió identificar algunas de las principales fuentes puntuales de contaminación en las cercanías del río, determinando 27,1 % de contaminación elevada, 22,3 % de contaminación moderada y 50,6 % de contaminación reducida; este último le corresponde a la parte norte de la microcuenca en los barrios de San Pedro, Los Yoses y Francisco Peralta.

## Keywords

Pollution; environmental health; POSH methodology; Dutch index; social perception.

## Abstract

The sustainability of urban areas nowadays faces significant challenges, due to high levels of pollution caused by population density. Therefore, the availability of water resources appears to be becoming increasingly compromised, as a result of inappropriate management of the solid and liquid waste generated by different human activities. The Ocloro River is a clear example of this problem, as evidenced by the deterioration of its environmental health. A mixed methodology was used to know about it, the first method was to characterize water quality using physicochemical and microbiological parameters, later on, the determination of the Dutch index, giving a total of 16 samples of class 5 “extreme contamination” and 4 samples of class 4 “severe contamination”, from 2019 to 2021. In the second stage, a perception survey was conducted among a specific sector of the Barrio Luján population, approaching information from 80 homes, where 54 people indicated that the river pollution had affected them; additionally, the majority rated the level of pollution as 8, where 10 was the value with the highest level of pollution. Finally, the POSH method was used, which allowed the identification of some of the main point sources of pollution near the river, determining 27.1 % of high pollution, 22.3 % of moderate pollution, and 50.6 % of reduced pollution; this last one corresponds to the northern part of the river micro-basin in the communities of San Pedro, Los Yoses, and Francisco Peralta.

## Introducción

El crecimiento urbano y el cambio climático traen nuevos desafíos en la sostenibilidad de comunidades, en especial aquellas que, por su cercanía a ríos urbanos enfrentan diversas afectaciones, producto al incremento de eventos climáticos extremos y del ingreso de residuos sólidos y líquidos que se traducen en contaminación. Lo anterior, tiene como causa la densidad poblacional en las zonas urbanas, aumentando la demanda del recurso hídrico, y a su vez la generación de aguas residuales que en su mayoría no son tratadas adecuadamente, comprometiendo la disponibilidad del recurso hídrico [1].

En Costa Rica, la Política Nacional de Saneamiento de Aguas Residuales, señala que un 84 % de aguas residuales ordinarias y el 54,7 % de aguas residuales industriales, se vierten de manera directa en cuerpos de agua [2]. Aunado a esta problemática, el Ministerio de Salud, señala que, de las 4 000 ton de residuos sólidos generados diariamente en Costa Rica, 1 000 ton no reciben ningún tipo de tratamiento y son depositadas en vertederos a cielo abierto, calles, ríos, lotes baldíos y otros; provocando que parte de estos residuos sólidos, terminen en cuerpos de agua y sean trasladados a otras partes de la cuenca, especialmente en eventos con altos volúmenes de escorrentía [3].

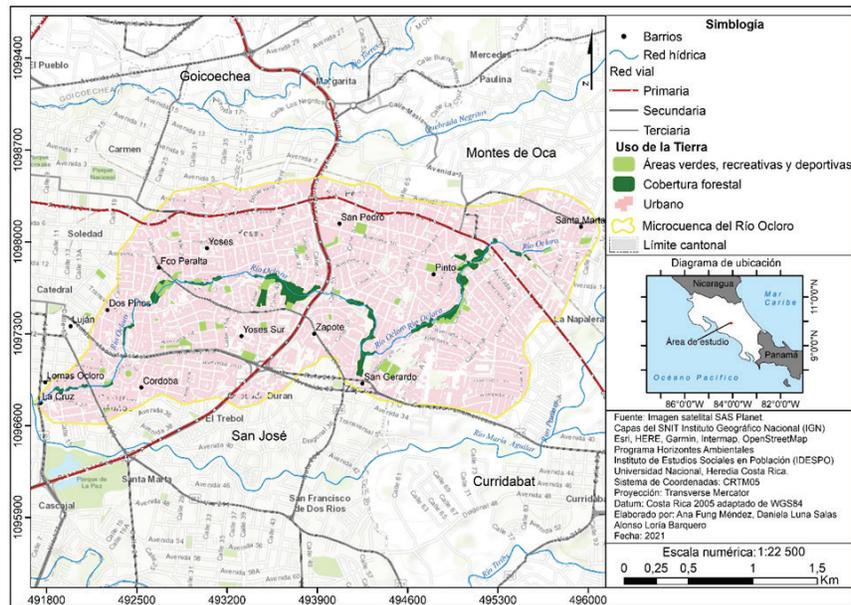
Por lo tanto, los impactos ambientales producto de las actividades antropogénicas derivan consecuencias en toda el área de una cuenca hidrográfica, desde su parte alta los efectos se podrían extender a lo largo de la cuenca como, la muerte de la fauna, pérdida de hábitats, acumulación de residuos sólidos en las partes bajas, degradación de la calidad de agua superficial y otras consecuencias asociadas al mal manejo de los residuos líquidos y sólidos [4].

La evidencia de esta problemática ha sido reflejada en previos estudios en subcuencas y microcuencas de las 34 cuencas hidrográficas localizadas en el territorio nacional [5]. Por esa razón, surge la iniciativa de esta investigación con la finalidad de evaluar la salud ambiental de la microcuenca del río Ocloro, para generar herramientas útiles, que promuevan el aumento en la resiliencia de la comunidad, integrando metodologías cuantitativas y cualitativas; desde las ciencias exactas, las áreas que promueven la comprensión de la historia, la percepción de la población aledaña y las acciones para la recuperación de la microcuenca.

## Materiales y métodos

### Descripción del sitio de estudio

El río Ocloro, nace a una altitud de 1 225 m.s.n.m en el cantón de Curridabat de la provincia de San José, a lo largo de su recorrido fluye por otros cantones del Gran Área Metropolitana (GAM), como Montes de Oca y San José. Es tributario del río María Aguilar, el cual se une con el río Tiribi, río Torres y posteriormente al río Virilla, que vierten en la gran cuenca del río Grande de Tárcoles, desembocando en el Océano Pacífico. La microcuenca del río Ocloro posee una extensión territorial aproximada de 5,79 km<sup>2</sup>, de la cual un 96,03 % es de uso urbano y tan solo un 3,97 % aproximadamente es uso de áreas verdes, recreativas, deportivas y cobertura forestal, tal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Uso de la tierra, microcuenca río Ocloro.

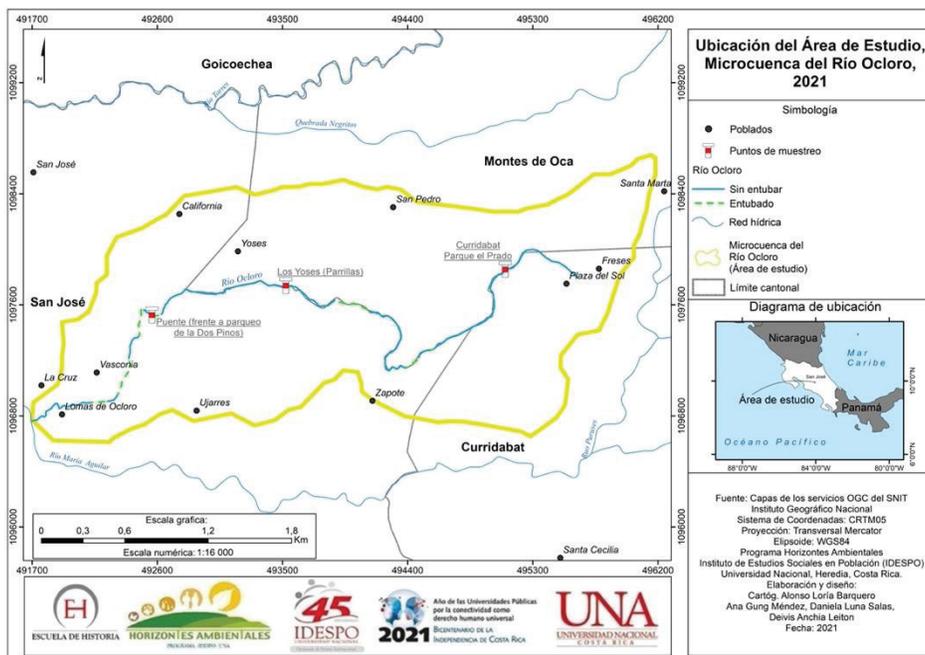
Adicionalmente, este río Ocloro cuenta con una longitud de 5,88 km. Sobre este cauce principal, de acuerdo a [6] desde el año 1989 se han realizado obras de entubamiento, alcanzando una longitud de 1,14 km para el año 2021 (ver figura 1). Lo anterior ha desencadenado inundaciones principalmente en las inmediaciones de Barrio Luján.

### Metodología

El apartado metodológico de este estudio comprende tres etapas para la determinación de la salud ambiental del río Ocloro:

#### *1 Etapa: Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua, determinación del Índice Holandés*

En esta etapa se hizo un reconocimiento inicial de la trayectoria de la microcuenca, para determinar los puntos de muestreo más representativos, en la categorización de la clase de agua. Los muestreos se realizaron durante los años 2019-2021, con la particularidad de que el 2019 por razones presupuestarias sólo se tomó muestra en la parte baja de la microcuenca, mientras que, para el 2020 y el 2021 se pudo realizar un perfil completo de parte alta, media y baja, tres veces al año (estación seca, transición seca-lluviosa y lluviosa). La ubicación de los puntos de muestreo se encuentra en la figura 2.



**Figura 2.** Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo.

La clasificación de la calidad del agua en los puntos de muestreo se obtuvo aplicando el Índice Holandés, descrito en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (Decreto No. 33903-MINAE-S) [7]. En este reglamento se establecen los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para la clasificación de los cuerpos de agua superficiales en 5 categorías distintas, mediante el análisis de componentes principales, lo anterior se muestra en el cuadro 1. Las muestras se recolectaron y trasladaron a 4 °C a un laboratorio de ensayo acreditado bajo la ISO 17025:2017 garantizando la calidad de los resultados obtenidos.

**Cuadro 1.** Cuadro de asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en valores de PSO, DBO y nitrógeno amoniacal.

Clase	Sumatoria de puntos	Código de color	Interpretación de calidad
1	3	Azul	Sin contaminación
2	4 a 6	Verde	Contaminación incipiente
3	7 a 9	Amarillo	Contaminación moderada
4	10 a 12	Anaranjado	Contaminación severa
5	13 a 15	Rojo	Contaminación muy severa

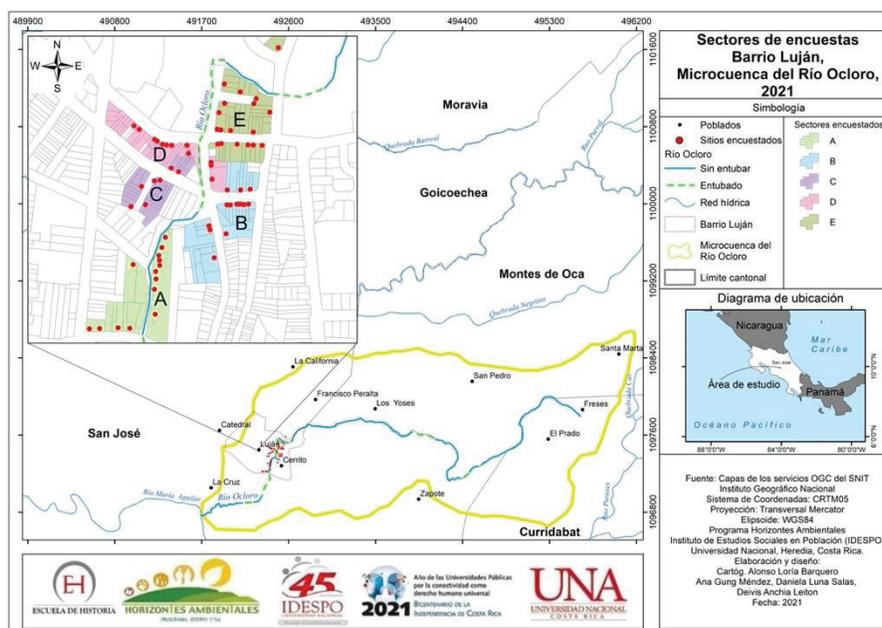
Elaboración propia con información del Decreto No. 33903-MINAE-S

La categoría se logró aplicando la sumatoria de puntos asociados a los valores reportados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l), Porcentaje de Saturación de Oxígeno (%) y Nitrógeno Amoniacal (mg/l).

### II Etapa: Encuesta de percepción

En la segunda etapa se ejecutó una encuesta de percepción, con el objetivo de evaluar la situación actual de la salud ambiental del río Ocloro, según la opinión de la comunidad. Esta encuesta se aplicó en un sector de la población de Barrio Luján los días 13, 14, 20 y 21 de marzo del 2021. Para este se delimitó un radio de 75 metros de distancia a ambos lados del cauce del río Ocloro, considerando que este sector experimenta los impactos causados por las inundaciones.

El área de estudio se estratificó en cinco sectores denominados A, B, C, D y E, contabilizando un total de 200 viviendas, de estas 7 se encontraban desocupadas, 19 rechazaron la encuesta, 9 no se realizaron, por no cumplir criterios establecidos, 2 no lograron completar la información de la encuesta y en 83 viviendas no se logró contactar a ninguna persona informante.



**Figura 3.** Sectores de Barrio Luján donde se aplicó la encuesta.

Finalmente, se logró obtener información de 80 viviendas, entrevistando a una persona informante clave de 18 años y más, residente habitual de la vivienda, con dos años o más de vivir en la comunidad y con conocimiento en los temas a abordar. Por lo tanto, los resultados de la encuesta responden únicamente a la percepción de las personas entrevistadas, por ende, no es posible generalizar los resultados al total de la población de Barrio Luján. La información fue procesada en el programa *SPSS Statistics* y los mapas de los resultados en el programa *ArcGis*.

### III Etapa: Metodología POSH

Esta tercera etapa se realizó con el fin de identificar las fuentes de contaminación puntuales de la microcuenca del río Ocloro. Para lograr el proceso de recopilación, elaboración y manejo de datos se utilizó el método Pollutant Origin Surcharge Hydraulically (POSH por sus siglas en inglés), que posee dos características estimables: el origen del contaminante (Pollutant Origin) y su sobrecarga hidráulica (Surcharge Hydraulically), lo que produce tres niveles cualitativos que generan una carga contaminante al subsuelo: reducido, moderado y elevado [8].

Además, se utilizó información secundaria como archivos Shapefiles del Sistema Nacional de Información Territorial SNIT. De igual manera, se usó como base una imagen satelital de SAS.Planet para realizar la fotointerpretación del uso del suelo, y las capas de Basemap de la aplicación de ArcGIS, en específico OpenStreetMap para la identificación de las fuentes puntuales. referente al método POSH.

Finalmente, para realizar la cartografía de fuentes puntuales, se elaboró un mapa base del uso de suelo (figura 1), seleccionando información sobre las actividades desarrolladas en el área de estudio, asignándoles su correspondiente clasificación de acuerdo a la carga contaminante.

Cabe destacar que, el reconocimiento del uso de la tierra y de las fuentes puntuales, se hizo mediante trabajo de gabinete, debido a la declaratoria de emergencia nacional sanitaria a causa de la pandemia de la COVID-19, lo que impidió validar en trabajo de campo las fuentes puntuales de contaminación detectadas.

## Resultados y discusión

El compendio de resultados obtenidos en los muestreos ocurridos desde el 2019 al 2021 se muestra en el cuadro 2. En el caso de los parámetros fisicoquímicos correspondiente a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Amonio y Porcentaje de Saturación de Oxígeno, se puede observar en el cuadro 2 que son muy variantes entre sí, incluso en los meses correspondientes a las estaciones seca, transición y lluviosa.

Estos valores se utilizaron para calcular el Índice Holandés en los años del proyecto, obteniendo mayoritariamente (16 muestras de 20) clase 5 en los diferentes puntos de muestreo, la cual se asocia con la categoría de calidad “contaminación muy severa” y solo 4 se asocian a la clase 4 que sigue siendo una clase de río de “contaminación severa”.

Tal como muestran estos resultados, el río a pesar de presentar en el último año, una baja en los parámetros fisicoquímicos, sigue obteniendo una categoría que no permite su uso, prácticamente para ningún fin. Los muestreos donde alcanzó la clase 4, se realizaron en los meses de julio 2020, julio y noviembre de 2021. Inicialmente se consideró que la entrada de las lluvias en la transición podría haber causado algún efecto diluyente de los contaminantes, por lo que se procedió a consultar la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), para la estación Zapote (la más cercana al área de la microcuenca del Ocloro), en los meses de interés, obteniendo promedios de precipitación para el mes de abril del 2021 de 0,31 mm, para julio 2021 de 0,31 mm; por último a pesar de ser un mes en el que se tienen lluvias fuertes para noviembre 2021 el promedio estuvo aún más bajo, en 0,2 mm [9].

Como se puede observar, no se encontraron datos concluyentes, que pudieran relacionarse o explicar este fenómeno que ocurre en el mes de julio 2021, con respecto a la baja en los resultados fisicoquímicos. Por su parte, los resultados de coliformes fecales, obtenidos en cada uno de los tres puntos de muestreo en el río Ocloro para el año 2020 reflejan cifras muy altas, tomando como referencia los parámetros biológicos complementarios del Decreto 33903-MINAE-S [7], donde resultados mayores a 5 000 (NMP/100 ml) de coliformes fecales, se clasifican en el nivel mayor de contaminación (clase 5), este dato se comparó con lo descrito por [5] basado en normas internacionales, donde se señala que un río urbano saludable debe contener una concentración de no más de 1 000 (NMP/100 ml) de coliformes fecales. Cifras similares a las mostradas en el cuadro 2, fueron encontrados en estudios realizados en el río Ocloro [5], donde los valores reportados para época seca se encuentran entre  $2,3 \times 10^6$  NMP/100 ml y  $1,6 \times 10^6$  NMP/100 ml de coliformes fecales y para la época lluviosa cerca de 3 000 NMP/100 ml, demostrando una vez más que el río Ocloro tiene un estado de salud en deterioro.

**Cuadro 2.** Cuadro de asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en valores de PSO, DBO y nitrógeno amoniacal.

Fecha	Punto	PARÁMETRO				
		DBO (mg/l)	Amonio ( $\mu\text{g/l}$ )	Porcentaje de saturación (%)	Clase del río	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)
28-mar-19	3	33,6 $\pm$ 3,0	5 433 $\pm$ 634	40,1 $\pm$ 4,0	Clase 5	N/A
16-ago-19	3	31,5 $\pm$ 2,8	6 374 $\pm$ 208	42,0 $\pm$ 4,2	Clase 5	2,3 x 10 <sup>3</sup>
16-ene-20	1	43,3 $\pm$ 5,5	13 822 $\pm$ 442	9,70 $\pm$ 0,97	Clase 5	2,4x10 <sup>3</sup>
	2	153 $\pm$ 20	28 158 $\pm$ 2 137	2,00 $\pm$ 0,20	Clase 5	2,4x10 <sup>3</sup>
	3	33,3 $\pm$ 4,2	12 368 $\pm$ 423	38,2 $\pm$ 3,8	Clase 5	2,4x10 <sup>3</sup>
2-jul-20	1	18,3 $\pm$ 1,6	5 993 $\pm$ 159	77,8 $\pm$ 7,8	Clase 4	2,3x10 <sup>3</sup>
	2	16,3 $\pm$ 1,5	8 551 $\pm$ 174	24,3 $\pm$ 2,4	Clase 5	2,3x10 <sup>3</sup>
	3	14,1 $\pm$ 1,3	7340 $\pm$ 165	81,1 $\pm$ 8,1	Clase 4	2,3x10 <sup>3</sup>
27-nov-20	1	9,7 $\pm$ 1,1	7 764 $\pm$ 146	25,90 $\pm$ 0,26	Clase 5	1,6x10 <sup>3</sup>
	2	13,0 $\pm$ 1,4	8 415 $\pm$ 151	23,10 $\pm$ 0,23	Clase 5	1,6x10 <sup>3</sup>
	3	11,0 $\pm$ 1,2	6 824 $\pm$ 142	39,00 $\pm$ 0,39	Clase 5	1,6x10 <sup>3</sup>
26-abr-21	1	30,8 $\pm$ 2,9	17 438 $\pm$ 302	13,9 $\pm$ 1,4	Clase 5	1600
	2	46,1 $\pm$ 4,2	6 983 $\pm$ 224	11,3 $\pm$ 1,1	Clase 5	920
	3	13,1 $\pm$ 1,4	5 138 $\pm$ 107	35,4 $\pm$ 3,5	Clase 5	1600
14-jul-21	1	19,0 $\pm$ 1,9	6 706 $\pm$ 71	20,8 $\pm$ 2,1	Clase 4	4,5
	2	14,4 $\pm$ 1,5	1 920 $\pm$ 30	37,5 $\pm$ 3,8	Clase 5	7,8
	3	15,5 $\pm$ 1,6	1 224 $\pm$ 27	57,3 $\pm$ 5,7	Clase 5	11
15-nov-21	1	20,9 $\pm$ 2,0	5 090 $\pm$ 110	21,4 $\pm$ 2,1	Clase 5	14
	2	15,5 $\pm$ 1,6	2 722 $\pm$ 51	40,6 $\pm$ 4,1	Clase 5	13
	3	17,5 $\pm$ 1,7	3 007 $\pm$ 54	55,9 $\pm$ 5,6	Clase 4	14

Todos los cuerpos de agua, tienen la capacidad de autodepurarse, es decir, de regenerarse; a pesar de esto, este río al igual que muchos otros, requiere de una intervención inmediata para su mejora; pues el ingreso de contaminación diario, no le permite llegar a los niveles de regeneración necesarios para mejorar su estado de salud. Como esfuerzo inicial, se han puesto en ejecución los compromisos establecidos en la Política Nacional de Saneamiento [2], desarrollando obras de construcción que permiten la conexión de las viviendas y comercios de la GAM a la red de alcantarillado sanitario, incluyendo el área de la microcuenca del Ocloro. Sin embargo, esto resuelve únicamente la problemática de residuos líquidos, pero una gran parte de la contaminación que el río Ocloro presenta, son residuos sólidos.

La solución no puede estar únicamente en manos de instituciones, las personas que residen en el área de la microcuenca, también tienen un grado de responsabilidad importante en el desarrollo de una nueva cultura ambiental.

Por lo antes expuesto, en la encuesta de percepción realizada en la comunidad de Barrio Luján, se consultó sobre diferentes temáticas que permitieron generar una línea base, sobre el nivel de sensibilidad que las personas tienen del estado actual del río. Se obtuvieron 80 cuestionarios aplicados a personas de Barrio Luján, a las que se les consultó si se sentían afectadas por la contaminación del río, donde 54 personas indicaron percibirse afectadas por la contaminación en su mayoría por los olores provenientes del cauce, mientras que las 26 personas restantes indicaron no percibir ninguna afectación, principalmente por la distancia que hay entre sus residencias y el río. Asimismo, 54 personas describieron la situación actual del río con la palabra “contaminado” y 19 personas utilizaron la palabra “oloroso”.

Sobre esta última palabra se les preguntó a todas las personas entrevistadas, si percibían un olor proveniente del río Ocloro, a lo que 53 personas indican percibirlo y lo describen como olor a “Cloaca” principalmente (23 personas) seguido de “un olor desagradable” (17 personas). Además, identifican que la intensidad del olor aumenta durante el transcurso de la mañana. Las personas entrevistadas identifican como principales responsables de esta contaminación a “las personas” con 46 menciones, como segundo responsable “los vecinos” con 36 menciones y por último “la Municipalidad de San José” con 34 menciones.

Respecto al grado de responsabilidad que tienen las personas que viven en Barrio Luján, se determinó que 47 personas no se consideran responsables de la situación actual del río, mientras que 31 personas sí se consideran responsables del estado actual del río. Como se observa, la mayoría de personas no sienten grado de responsabilidad en el estado del río, a pesar de que el 100 % de la población realiza actividades antrópicas que contribuyen directamente en la generación de residuos sólidos y líquidos. A pesar de que los resultados fisicoquímicos y microbiológicos clasifican al río en un estado de contaminación muy severa, 32 personas perciben una mejora en la situación del río en el periodo 2019-2020, sin embargo, los pobladores de Barrio Luján clasificaron según su percepción el nivel de contaminación (0 lo menos y 10 lo más contaminado), con un promedio de 8, teniendo un valor general altamente contaminado.

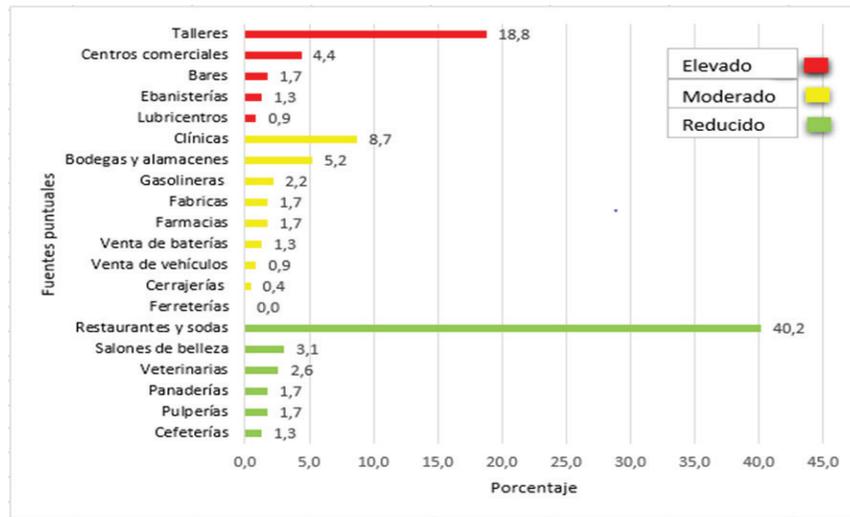
La comunidad de Barrio Luján cuenta con 23 registros de inundaciones desde 1967 hasta el 2020 [10]. Razón por la cual, se les consultó a las personas entrevistadas sobre ciertas situaciones experimentadas, posterior a un evento de inundación, donde 43 personas indicaron que ellas o algún familiar estuvieron en contacto con el agua desbordada del río, de las cuales 11 personas manifestaron haberse enfermado debido al contacto con el agua del río, reportando principalmente gripe, hongos, alergias, fiebre y problemas respiratorios.

Como se demuestra en las respuestas obtenidas por la población entrevistada, la salud humana se encuentra comprometida de igual manera, que la salud ambiental del río, pues es poco probable que, en un ambiente enfermo, se encuentren personas saludables.

Por su parte, dentro de los resultados obtenidos con el método POSH, se identificaron fuentes puntuales de vulnerabilidad moderada y elevada, a lo largo y ancho de la microcuenca (ver figura 4).

Se identificaron veinte fuentes puntuales, de las cuales el 27,1 % es de contaminación elevada, el 22,3 % es de contaminación moderada y el 50,6 % es de contaminación reducida.

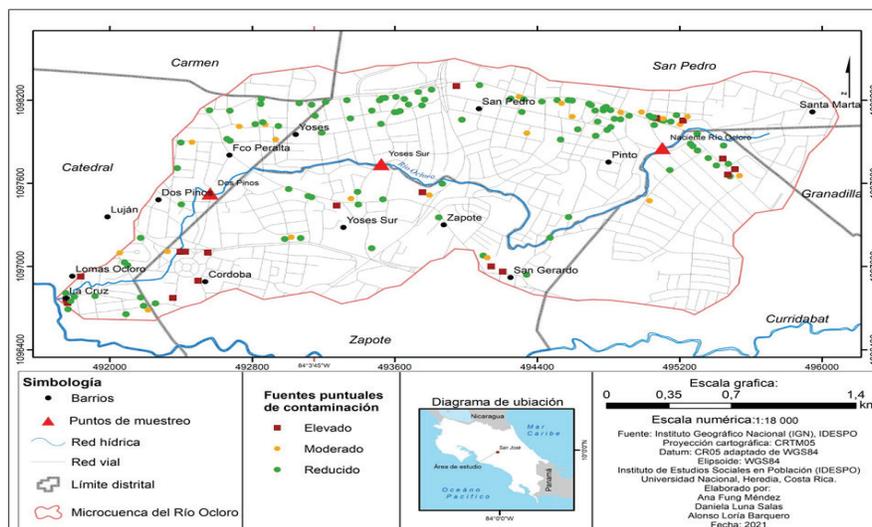
La figura 4, categoriza tres niveles de contaminación: elevado se encuentran las industrias tipo 3 (talleres mecánicos, centros comerciales, bares, ebanisterías y lubricentros); moderada las industrias tipo 2 (clínicas, bodegas y almacenes, gasolineras, fábricas, farmacias, venta de baterías y vehículos, cerrajerías y ferreterías), por último, reducido las industrias de tipo 1 (restaurantes, sodas, salones de belleza, veterinarias, panaderías, pulperías y cafeterías).



**Figura 4.** Cantidad de fuentes puntuales en porcentaje, microcuenca río Ocloro. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Las actividades socioeconómicas como talleres mecánicos, gasolineras, entre otras, frecuentemente generan fuentes de contaminación por la disposición de productos químicos y otros insumos utilizados por tipo de actividad. Asimismo, en algunos casos se utilizan hidrocarburos, los cuales, debido su baja solubilidad y alta densidad, podrían lixiviar hacia el agua subterránea, persistiendo por décadas o siglos.

En la figura 5 se muestra la distribución espacial y ubicación de las diferentes fuentes puntuales de contaminación, concentradas principalmente en la zona norte de la microcuenca en los barrios de San Pedro, los Yoses y Francisco Peralta. En su gran mayoría son de vulnerabilidad reducida.



**Figura 5.** Clasificación de Contaminación Según Método POSH, microcuenca río Ocloro.

El método POSH considera, además, las fuentes lineales de contaminación, definidas como la accesibilidad de cualquier estructura física de comunicación sea carretera, ferrocarril, tendido eléctrico y conducción hidráulica, que se vincula a la presencia de nuevos asentamientos

humanos, generando impactos directos a la contaminación del río Ocloro. Sin embargo, en esta oportunidad, debido a los efectos que provocó la pandemia de la COVID-19, el levantamiento en campo de estas fuentes no fue posible.

## Conclusiones y/o recomendaciones

Los resultados fisicoquímicos y microbiológicos, clasifican al río para el período 2019-2021 mayoritariamente (16 muestras de 20) en clase 5 “contaminación muy severa”, mientras que la clase 4 “contaminación severa” se obtuvo en las 4 muestras restantes, concluyendo un deterioro importante en el estado de salud ambiental del río Ocloro.

La variación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos, obtenidos en el año 2021, no tienen relación con los parámetros metrológicos de lluvia, por lo que se descarta que la reducción de contaminación se deba a un efecto de dilución.

De las 80 personas entrevistadas, la mayoría (54 personas) indican percibirse afectadas por la contaminación en su mayoría por los olores provenientes del cauce. Al consultarles sobre el olor, las personas lo describen como olor a “Cloaca” principalmente (23 personas) seguido de “un olor desagradable” (17 personas), calificando en promedio el nivel de contaminación en 8, evidenciando la afectación en el deterioro en el estado de salud ambiental del río Ocloro.

Del total de personas entrevistadas, 47 personas indicaron no ser responsables de la situación actual del río, mientras que 31 personas sí se consideran responsables del estado actual del río, esta información es clave para la búsqueda de soluciones, pues se demuestra, que el primer paso es la sensibilización de la población que vive cerca de la microcuenca.

De las 43 personas que indican tener contacto con el agua del río Ocloro en momentos de inundación, 11 personas indicaron tener problemas respiratorios y daños en la piel posterior a este contacto.

La metodología POSH por su parte, logró identificar y analizar veinte fuentes puntuales, de las cuales el 27,1 % es de contaminación elevada, el 22,3 % es de contaminación moderada y el 50,6 % es de contaminación reducida, manteniendo un alto porcentaje en el caso de contaminación elevada, referente a talleres mecánicos, centros comerciales, bares, ebanisterías y lubricentros, actividades muy frecuentes en zonas urbanas.

Como recomendación es importante realizar estudios de la calidad del agua acarreada por las inundaciones, de manera que las personas puedan tener conocimiento de las condiciones especiales en caso de exposición o contacto con estas aguas contaminadas en viviendas, con el objetivo de tomar los cuidados necesarios y disminuir los riesgos en la salud de la población afectada.

## Referencias

- [1] M. B. De Macedo, M. N. Gomes Júnior, T. R. Pereira de Oliveira, M. H. Giacomoni, M. Imani, K. Zhang, C. A. Ferreira do Lago y E. M. Mendiondo, «Low Impact Development practices in the context of United Nations Sustainable Development Goals: A new concept, lessons learned and challenges» *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, nº <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1886889>, 2021.
- [2] Ministerio de energía y Ambiente, Ministerio de Salud, Instituto costarricense de acueductos y alcantarillados, «Política Nacional de Saneamiento en Aguas Residuales 2016-2045» 2016. [En línea]. Available: <https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Politica%20Nacional%20de%20Saneamiento%20en%20Aguas%20Residuales%20marzo%202017.pdf>. [Último acceso: 10 11 2021].
- [3] Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado, «Ríos Limpios: Estrategia Nacional para La Recuperación de Cuencas Urbanas 2020-2030» 2020. [En línea]. Available: <http://www.da.go.cr/estrategia-rios-limpios/>. [Último acceso: 04 10 2021].

- [4] A. L. Hernández Campos y M. L. Ulate González, «Determinación del impacto en la calidad del agua en la parte alta de la microcuenca del río Porrosatí, por vertido de aguas residuales, para la realización de planes y acciones de manejo de recursos hídricos» (Tesis licenciatura, Universidad Nacional), Heredia, 2016.
- [5] Ministerio de Ambiente y Energía, Fondo Mundial del Ambiente y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, «Diagnóstico Multidimensional: Análisis del Estado de Situación del Corredor Biológico Interurbano María Aguilar» 2019. [En línea]. Available: <https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/library/diagnostico-multidimensional-del-corredor-biologico-interurbano-.html>. [Último acceso: 09 10 2021].
- [6] S. Guevara-Viquez, « Informe Inundaciones en Barrio Luján,» (Informe de tesis doctoral Universidad Paris Este), Paris, 2019.
- [7] Ministerio de Energía y Ambiente, «Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales» (Decreto No 33903-MINAE-S), San José, 2007.
- [8] S. Foster, R. Hirata, D. Gomes, M. D'Elia y M. Paris , Julio 2003. [En línea]. Available: <https://documents1.worldbank.org/curated/es/229001468205159997/pdf/25071PUB01Spanish10BOX0334116B01PUBLIC1.pdf>. [Último acceso: 03 01 2021].
- [9] Instituto Meteorológico Nacional , «Base de datos estación de Zapote» (Consulta institucional), San José, 2021.
- [10] Desinventar, «Base de datos Costa Rica» 2020. [En línea]. Available: <https://db.desinventar.org/DesInventar/results.jsp>. [Último acceso: 09 09 2021].
- [11] S. Foster, R. Hirata, D. Gomes, M. D'Elia y M. Paris, «Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.» Julio 2002. [En línea]. [Último acceso: 01 03 2021].