



Estudio de la calidad del agua para el caño Aguas Prietas a nivel del casco urbano - rural en el municipio de Ciénaga de Oro, Córdoba, Colombia

Quality water study for the Aguas Prietas stream in rural - urban level in Cienaga de Oro, Cordoba, Colombia

Paula Andrea Castaño Ávila

Ingeniera sanitaria y ambiental

Universidad Pontificia Bolivariana

paulacastanoa10@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7646-503X>

Colombia

María Isabel Brito Alemán

Ingeniera sanitaria y ambiental

Universidad Pontificia Bolivariana

marisa_brial@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8177-7860>

Colombia

Resumen

Los caños resultan ser importantes por los bienes y servicios ambientales que prestan a las poblaciones y ecosistemas aledaños. Además, su ciclo hidrológico desempeña un papel imprescindible en la regulación hídrica de la cuenca hidrográfica que los abastece, desarrollando funciones como las de mitigación de impactos y logrando proveer de hábitats a plantas y animales. Realizar un estudio del agua del caño Aguas Prietas resulta interesante, debido a todos los parámetros físicos y químicos que se ponen a prueba para generar resultados en cuanto a la calidad del recurso hídrico estudiado. El propósito de este trabajo fue evaluar a través de parámetros fisicoquímicos la calidad del agua, así mismo considerar el riesgo hidrológico, teniendo en cuenta las características de ocurrencia natural y las posibles afectaciones por su interrelación con el medio natural y la sociedad.

Palabras clave: Gestión; recursos; demanda; ecosistema; parámetros.

Abstract

The pipes are important because of their supply of goods and the provision of environmental services to neighboring populations and ecosystems. In addition, its hydrological cycle plays an essential role in the water regulation of the river basin that supplies them, developing functions such as impact mitigation and providing habitats for plants and animals. Carrying out a study of the water from the Aguas Prietas stream is interesting, due to all the physical and chemical parameters that are tested to generate results in terms of the quality of the water resource studied. The purpose of this work was to evaluate through physical-chemical parameters the quality of the water, as well as to consider the hydrological risk, taking into account the characteristics of natural occurrence and the possible effects due to its interrelationship with the natural environment and society.






Keywords: Management; resources; demand; ecosystem; parameters

Introducción

En los últimos años, la humanidad se ha vuelto consciente de la necesidad absoluta de preservar los recursos hídricos evitando la contaminación de los mismos, sin embargo, resulta utópico alcanzar un uso racional de estos recursos naturales que, si bien, son en parte renovables, se corre el peligro de que el incremento de su uso y la contaminación superen la capacidad auto regeneradora de los mismos (Rodríguez y Espinoza, 2002; Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-UNESCO, 2019; Banco Mundial, 2014). El caño Aguas Prietas atraviesa el casco urbano del municipio de Ciénaga de Oro (Departamento de Córdoba, Colombia) de sur a norte, hace parte de la red fluvial que alimenta al complejo lagunar del bajo Sinú. Es importante también por la oferta de bienes y servicios que ofrece a las poblaciones y ecosistemas aledaños. Su ciclo hidrológico desempeña un papel imprescindible en la regulación hídrica de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga Grande de Loricá, desarrollando funciones como las de mitigación de impactos por inundaciones, absorción de contaminantes, retención de sedimentos, recarga de acuíferos y proveyendo hábitats para animales y plantas, incluyendo un número representativo de especies amenazadas y en vías de extinción (Auditores, consultores y expertos independientes-AUDICON, 2007).

La problemática del caño Aguas Prietas en el casco urbano del municipio de Ciénaga de Oro radica en el vertimiento de aguas servidas y residuos sólidos, sin omitir que también su área ribereña se encuentra invadida por construcciones comerciales y residenciales, además de que ha sido afectado por intervenciones antrópicas (obras civiles tipo canales) que han afectado a su dinámica fluvial (Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y el San Jorge-CVS, 2007). Adicionalmente, es común la carencia de conciencia sobre su importancia y, en consecuencia, el posible grado de contaminación por altos niveles de eutrofización. Hacer una evaluación ambiental en términos de calidad se encuentra entonces en el soporte para la planificación, el desarrollo y el uso eficaz y razonado de todos los recursos naturales que rodean al



hombre como principal componente dentro de una comunidad que hace parte del conglomerado general. El propósito de este trabajo fue evaluar a través de parámetros físicoquímicos la calidad del agua, considerando el riesgo hidrológico, partiendo de las características de ocurrencia natural y las afectaciones por la relación directa entre naturaleza y sociedad.

Metodología

El caño Aguas Prietas tiene su origen en la zona suroriental de la cuenca del río Sinú, en el corregimiento el Cerrito, municipio Montería; sigue una dirección noreste bordeando al municipio de San Carlos hasta llegar al área de influencia de la zona oriental, recogiendo las excedencias de agua de los cauces menores formados por las montañas orientales; cambia de dirección a norte serpenteando la zona oriental y nororiental de la cuenca y, en su recorrido, bordea las poblaciones de Ciénaga de Oro, Punta Yanez, Corozalito, Arache y Chimá (**figura 1**). A partir de esta población, el caño Aguas Prietas cambia de dirección a noroeste, adentrándose a la zona norte de la cuenca donde el relieve se caracteriza por depresiones y acumulación de agua (CVS, 2007). En su recorrido atraviesa muchos cuerpos de agua y cambia de dirección oeste recogiendo el intrincado circuito de canales formados en la región más alta de la parte norte de la cuenca, bordea la población de San Sebastián hasta desembocar en el río Sinú cerca de la zona urbana del municipio de Lorica.




Figura 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: Google Earth

El Caño Agua Prietas presenta flujo bidireccional próximo a la zona urbana del municipio de Lorica según la época del año y la operación de Urrá. El tramo en estudio forma parte del área urbana y rural del municipio de Ciénaga de Oro, fue escogido por las condiciones de contaminación que se presentan debido a la falta de cultura ciudadana y sensibilización por parte de la comunidad, así mismo este tramo es parte fundamental del paisaje del municipio.

Para determinar los condicionamientos del problema fue necesario recurrir a la normatividad existente, contar con la opinión de la comunidad que cotidianamente tiene vivencias de los caños, entender cuál es la función del caño al ser rehabilitado y la interacción con los recursos naturales en cuanto a la manera que pueden modificar los estados del hidrosistema. En general, es una actividad de recopilación de información.

De acuerdo con el recorrido realizado a lo largo de este cuerpo de agua y a sus características hidráulicas e hidrológicas, el tramo en estudio puede discriminarse en tres microzonas: a) barrio 13 de mayo (El Chorizo), b) mercado público del municipio Ciénaga de Oro y c) lagunas de oxidación en la vereda Las Palmas.



Los cuerpos hídricos se ven afectados en su gran mayoría por la agricultura, ganadería e industrias, la consecuencia de esto es por el uso de diferentes sustancias a través del esparcimiento de aguas residuales o por el arrastre de sedimentos producto de los agroquímicos en los terrenos tratados con los mismos; todo esto ocasiona pérdida en la calidad del agua induciendo diferentes efectos negativos como: Alteración de los ecosistemas acuáticos, incremento de costos del tratamiento del agua para su uso, riesgos para la salud y destrucción de zonas paisajísticas (Enshassi, Kochendoerfer y Rizq, 2014; Arocena, 2016; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2019).

El área de estudio está conformada por las viviendas aledañas al caño Aguas Prietas, contempladas en el tramo que se encuentra en la parte urbana y rural del municipio, el cual hace parte del microsistema del bajo Sinú, para un total de 6.3 km de área total (**figura 2**). El análisis se hizo dividiendo el área de estudio en tres tramos:

T1: 641 Hogares (Barrio 13 de mayo)

T2:152 Hogares (Zona alrededor del mercado público)

T3:167 Hogares (Vereda Las Palmas)

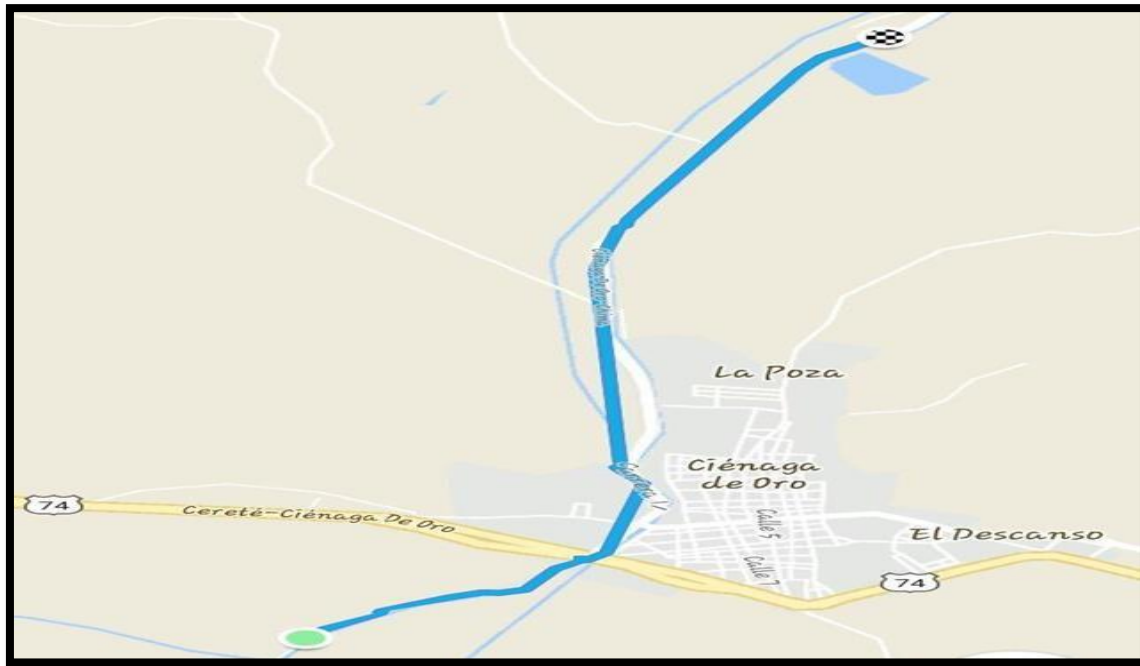


Figura 2. Distancia total del área de estudio. Fuente: Google Earth

Las aguas contaminadas influyen en cada una de las propiedades físicas y químicas, por esta razón se hace necesario implementar análisis para verificar las condiciones del agua, por lo tanto, para el tramo en estudio se decidió tomar muestras de agua en condiciones diferentes, es decir, en época de estiaje y épocas de lluvias, para efectuar comparaciones que nos permitan generar conclusiones que conlleven a lineamientos para establecer el riesgo ambiental. La procedencia, tratamiento y destino final del agua determinan la selección de parámetros a controlar, la elección depende en primer lugar de la normatividad vigente, la información existente, los criterios de tiempo, localización y su importancia como estándar de calidad (Valdes, Samboni y Carvajal, 2011; Buccheri y Comellas, 2015). No es necesario tomar una serie de parámetros, ya que se pueden considerar entre dos y n parámetros y así disminuir costos (Buccheri y Comellas, 2015). La selección se realizó mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual, por criterio propio, se escogen los diferentes parámetros estudiados por facilidad de acceso y no por un criterio estadístico. Esta conveniencia es una gran facilidad operativa y significa bajos costos de muestreo. Para este estudio se determinaron los siguientes parámetros:

- pH
- Oxígeno disuelto
- Nitrito
- DBO
- DQO

El análisis de estos parámetros físicos y químicos se debe realizar a todo tipo de aguas, independientemente de su origen, los principales son: sólidos, temperatura, color, olor, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), carbono orgánico total, aceites y grasas, fenoles, pH, alcalinidad, conductividad, dureza, detergentes, entre otros (Jiménez y Barba, 2000). Por lo general, dependiendo el estudio, se escogen qué parámetros deberían ser los analizados, debido a que muchos de estos generan mayores costos de estudios, sin embargo, para la investigación se tomaron los indicados según lo registrado en la resolución 631 de 2015, la cual establece los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

El laboratorio encargado de la realización de los estudios fue Nalco de Colombia Ltda, perteneciente a la empresa Cerro Matoso S.A. Los puntos de muestreo están localizados 500 m antes (Barrio 13 de mayo) y 500 m después del tramo en estudio (Vereda Las Palmas). Las muestras en época de sequía fueron tomadas el 25 de abril de 2017 y las muestras en época de lluvia el 10 de Julio de 2017. A continuación, se presentan las coordenadas de los puntos de muestreo (**figura 3** y **figura 4**).

- ✓ Punto de muestreo 1 (antes del tramo en estudio): 8°51'58.4" N – 75°38'08.0"
- ✓ Punto de muestreo 2 (después del tramo en estudio): 8°54'48.1" N – 75°37'04.3W

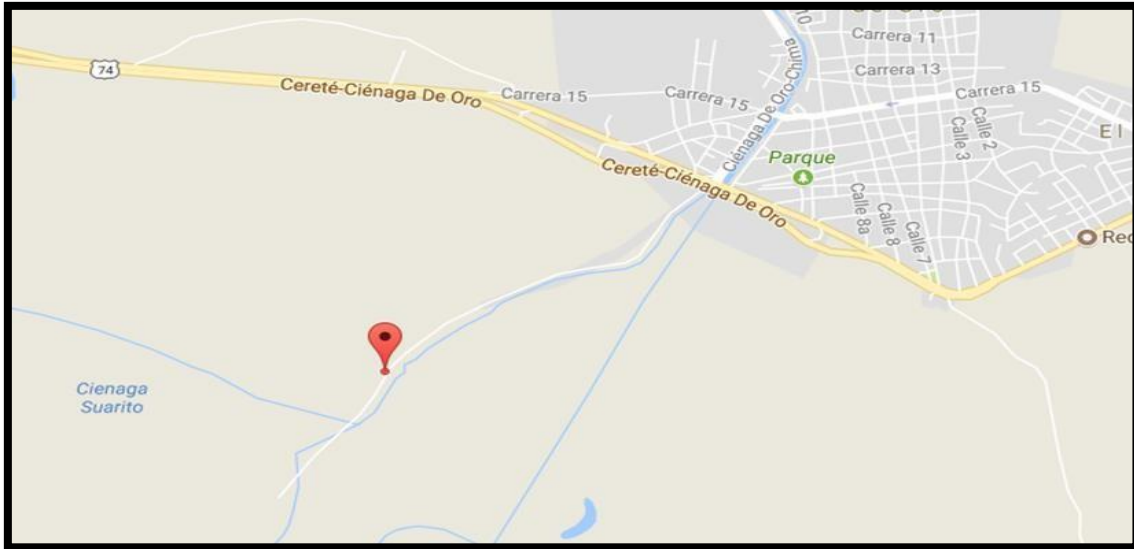



Figura 3. Punto de muestreo 1. Fuente: Google Earth



Figura 4. Punto de muestreo 2. Fuente: Google Earth

De acuerdo con el diagnóstico presentado se evidencia que los principales problemas relacionados con calidad de agua son por falta de cultura ciudadana y la poca gestión por parte de las autoridades competentes. La crisis de la disminución de la calidad del agua se hace notoria cada día; en visitas de campo se aprecia el deterioro que sobre la corriente causan los vertimientos generados por los asentamientos humanos, los



resultados arrojados a través de las encuestas evidencian un incremento alto de factores de deterioro ambiental en el tramo de estudio.

Partiendo del enfoque social y cultural de la población se encontró que el 41% de los habitantes realiza sus necesidades fisiológicas en pozos sépticos, sin embargo, a través de observación experimental se comprobó el mal estado de este tipo de tratamiento, ya que utilizan una tubería reforzada que conectan los pozos sépticos con el caño, generando así una forma inadecuada de vertimientos compuestos por fuertes olores fétidos y un color impropio del caño Aguas Prietas.

Así mismo, el porcentaje restante atribuido a un 34% que realiza sus necesidades a campo abierto, un 15% en letrinas y, por último, un 10% en el caño, siguen siendo prácticas inadecuadas; igualmente, la población le atribuye este tipo de problemáticas a la falta de gestión, dado que son zonas que se encuentran en estrato socioeconómico 1 y no cuentan con recursos necesarios para realizar el tipo de tratamiento adecuado.

Adicionalmente, no se le han ofrecido nunca capacitaciones en buenas prácticas sanitarias y ambientales. Luego de obtener los resultados de los parámetros fisicoquímicos se procedió a realizar un estudio estadístico, dado que el análisis fue aplicado para ver si existe o no una diferencia significativa en los resultados, estudiando las diferentes épocas y las diferentes muestras.

Para el análisis estadístico, se utilizaron los programas Statgraphics Centurión y Microsoft Office Excel, puesto que estas son unas excelentes herramientas con amplias capacidades gráficas. El análisis de los datos de esta investigación es de tipo relacional, donde se compararon variables de tipo numérico, que cumplen con la normalidad o se asemejan a una distribución normal. Se buscó comparar las medidas de los parámetros de dos muestras de agua, antes y después tomadas en puntos diferentes del lecho del caño. La intención de este análisis fue medir si existe diferencia estadísticamente significativa entre las medidas tomadas en los diferentes puntos del caño. Estas muestras fueron tomadas en épocas de estiaje y de lluvias.

Se buscó evaluar la existencia de desigualdades significativas de las variables fisicoquímicas, que se presentan en el tramo de estudio situado desde el barrio 13 de mayo hasta la vereda las Palmas, se ejecutaron varias pruebas estadísticas y gráficas para el parangón de las muestras. Se fue analizado por diferencia en las muestras y diferencia en las épocas estudiadas. Para todos los análisis estadísticos, el criterio de significancia se establece a $p < 0.05$.

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados con sus respectivos análisis. Las medidas de los diferentes parámetros se registran en la **tabla 1**, **tabla 2** y **tabla 3**, donde podemos ver que existe poca o casi ninguna variación entre las muestras al momento de medir dichos parámetros.

Muestra E1 – L1: Muestras tomadas antes del tramo en estudio

Muestra E2 – L2: Muestras tomadas después del tramo

Tabla 1.

Evaluación de parámetros en diferentes épocas

Parámetros	Época de Estiaje		Época de Lluvias	
	Muestra E1	Muestra E2	Muestra L1	Muestra L2
pH	6.96	6.98	6.74	6.76
Oxígeno disuelto	7.8	7.9	4.4	4.46
Nitritos	0.025	0.026	0.027	0.028
DBO	39	40	121	120
DQO	91	92	333	332

Fuente: elaboración propia

Tabla 2.*Evaluación de parámetros en época de estiaje*

Época de Estiaje					
Parámetros					
	pH	Oxígeno disuelto	Nitritos	DBO	DQO
Muestra E1	6.96	7.8	0.025	39	91
Muestra E2	6.98	7.9	0.026	40	92
Promedios	6.97	7.85	0.0255	39.5	91.5
Diferencias	0.02	0.1	0.001	1	1

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.*Evaluación de parámetros en época de lluvias*

Época de Lluvias					
Parámetros					
	pH	Oxígeno disuelto	Nitritos	DBO	DQO
Muestra L1	6.74	4.4	0.027	121	333
Muestra L2	6.76	4.46	0.028	120	332
Promedios	6.75	4.43	0.0275	120.5	332.5
Diferencias	0.02	0.06	0.001	-1	-1

Fuente: elaboración propia

La diferencia del parámetro pH de la muestra de agua tomada en la época de estiaje es 0.02, es decir, una diferencia mínima. Lo mismo ocurre con el resto de los parámetros, tanto en época de estiaje como de lluvia, sin embargo, podemos observar que el parámetro que más presenta variación es el oxígeno disuelto con una diferencia de 0.06 (**figura 5**).

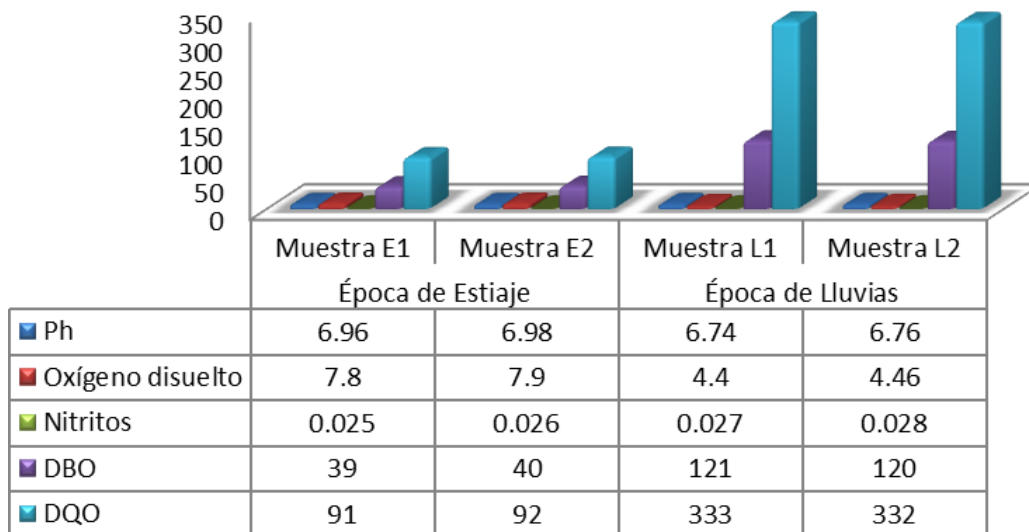


Figura 5. Medida de los parámetros en las diferentes épocas. Fuente: elaboración propia

Aplicaremos la prueba t de student con el fin de realizar el test de comparación de medias, obteniéndose los resultados de la siguiente tabla. Con la prueba t se buscó probar la hipótesis de que las medias de las muestras E1 y E2 y las muestras L1 y L2 eran diferentes (**tabla 4**).

Tabla 4.

Diferencia de medias

Diferencia de medias para las muestras en las diferentes épocas				
	Época de estiaje		Época de lluvias	
	Muestras E1 y E2		Muestras L1 y L2	
Prueba	Estadístico	Valor-P	Estadístico	Valor-P
t de student	-0.01763	0.986365	0.004237	0.996723

Fuente: elaboración propia

No obstante, como los valores-p de las distribuciones son mayores que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, entonces, no existe evidencia estadística de rechazar la idea de que las medias de las muestras sean similares con una confianza del 95%, lo que indica

que existe una equivalencia estadísticamente significativa entre cada par de muestras analizadas (**figura 6**).

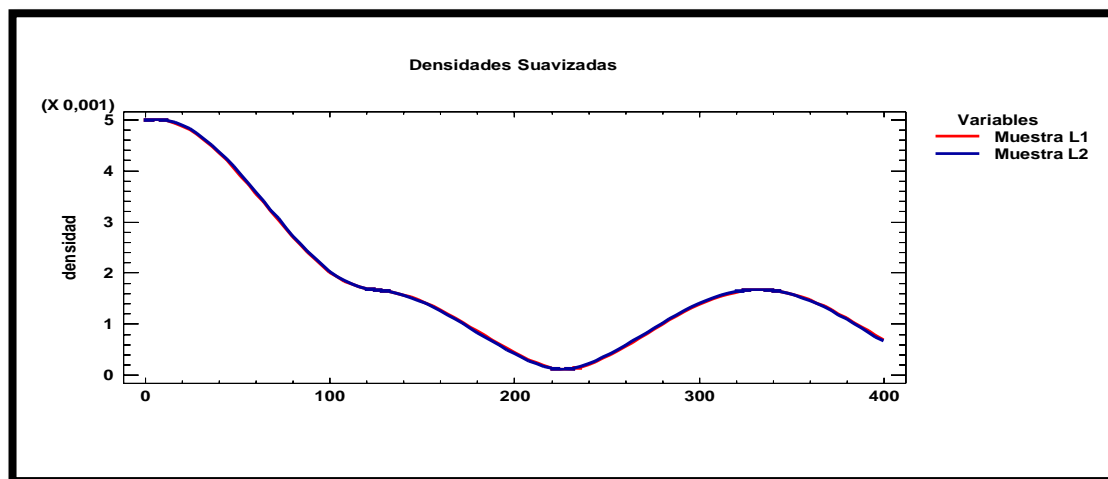


Figura 6. Densidades. Fuente: elaboración propia

Analíticamente, no existen diferencias entre las muestras estudiadas, pero, de forma gráfica, se observan pequeñas variaciones entre las muestras, lo cual también se notó en las tablas anteriores. Se observa también que las muestras de agua de la época de estiaje presentan una mayor diferencia en sus parámetros que las de la época de lluvias. La gráfica de densidades suavizadas ilustra, de manera precisa, este hecho. A continuación, se presenta el análisis estadístico para verificar las diferencias entre épocas (**tabla 5**).

Tabla 5.

Diferencia promedio de los parámetros de época de estiaje y época de lluvias

Parámetros	Estiaje	lluvias	Diferencia promedio
pH	6.97	6.75	0.22
Oxígeno disuelto	7.85	4.43	3.42
Nitritos	0.0255	0.0275	-0.002
DBO	39.5	120.5	-81
DQO	91.5	332.5	-241

Fuente: elaboración propia

Comparación de Dos Muestras - lluvias y estiaje

Muestra 1: lluvias

Muestra 2: estiaje

Muestra 1: 5 valores en el rango de 0.0275 a 332.5

Muestra 2: 5 valores en el rango de 0.0255 a 91.5

Este procedimiento se diseñó para comparar dos muestras de datos. Calculando diferentes estadísticas y gráficas para cada una de las muestras y ejecutando distintas pruebas para establecer si hay diferencias estadísticamente características entre las dos muestras (**tabla 6**).

Tabla 6.

Resumen estadístico

	Lluvias	Estiaje
Recuento	5	5
Promedio	92.8415	29.1691
Desviación estándar	143.217	38.0412
Coefficiente de variación	154.259%	130.416%
Mínimo	0.0275	0.0255
Máximo	332.5	91.5
Rango	332.473	91.4745
Sesgo estandarizado	1.50947	1.36725
Curtosis estandarizada	1.08122	0.782927

Fuente: elaboración propia

Los valores estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican variaciones específicas de la normalidad, lo que tendería a anular las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos resultados de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

Comparación de medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de lluvias: 92.8415 +/- 177.827
[-84.9859; 270.669]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de estiaje: 29.1691 +/- 47.2345
[-18.0654; 76.4036]

Intervalos de confianza del 95.0% para la diferencia de medias, suponiendo varianzas iguales: 63.6724 +/- 152.818 [-89.1453; 216.49]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media 1 = media 2

Hipótesis Alt.: media 1 \neq media 2

Suponiendo varianzas iguales: $t = 0.960812$ valor-P = 0.364783

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$

Estos resultados asumen que las varianzas de las dos muestras son iguales. En este caso la suposición es cuestionable puesto que los resultados de la prueba-F para comparar las desviaciones estándar sugieren que pueden existir diferencias significativas entre ellas (**tabla 7**).

Tabla 7.

Comparación de desviaciones estándar

	lluvias	Estiaje
Desviación estándar	143,217	38,0412
Varianza	20511,0	1447,13
Gl	4	4

Fuente: elaboración propia

Razón de Varianzas = 14.1736

Intervalos de confianza del 95.0%

Desviación Estándar de lluvias: [85.8058; 411.541]

Desviación Estándar de estiaje: [22.7917; 109.313]

Razones de Varianzas: [1.47572; 136.13]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 14.1736 valor-P = 0.0249151

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$

En este caso, la prueba se ha construido para establecer si el cociente de las desviaciones estándar es igual a 1.0 versus la hipótesis alternativa de que el cociente no es igual a 1.0. Puesto que el valor-P calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico DN estimado = 0,4

Estadístico K-S bilateral para muestras grandes = 0,632456

Valor P aproximado = 0,818621

Esta opción ejecuta una prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar las distribuciones de las dos muestras. Esta prueba se realizó calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de las dos muestras. En este caso, la distancia máxima es 0.4. De particular interés es el valor-P aproximado para la prueba. Debido a que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones con un 95.0% (**figura 7** y **figura 8**).

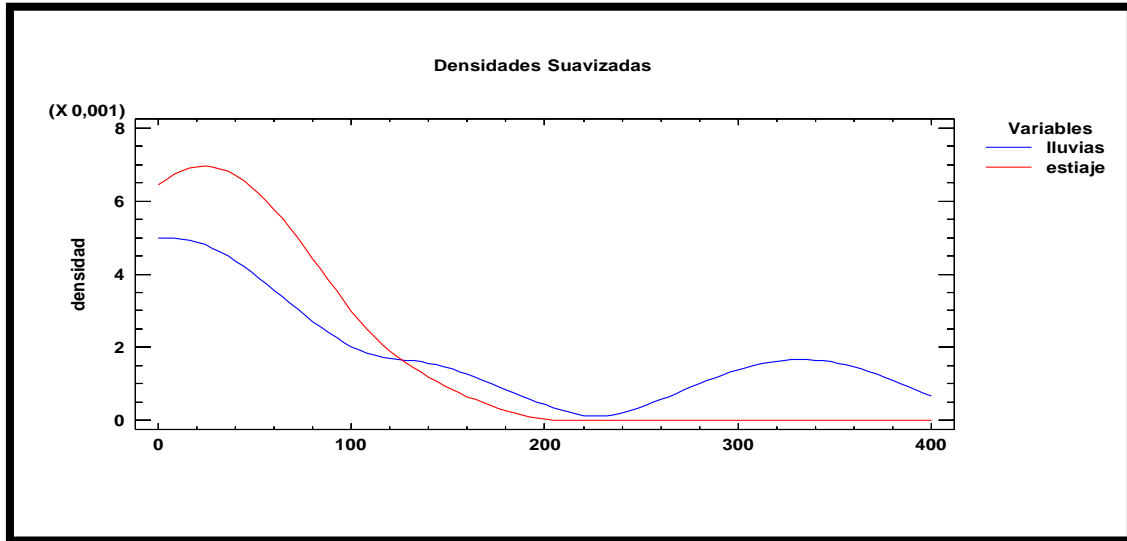


Figura 7. Densidad suavizada. Fuente: elaboración propia

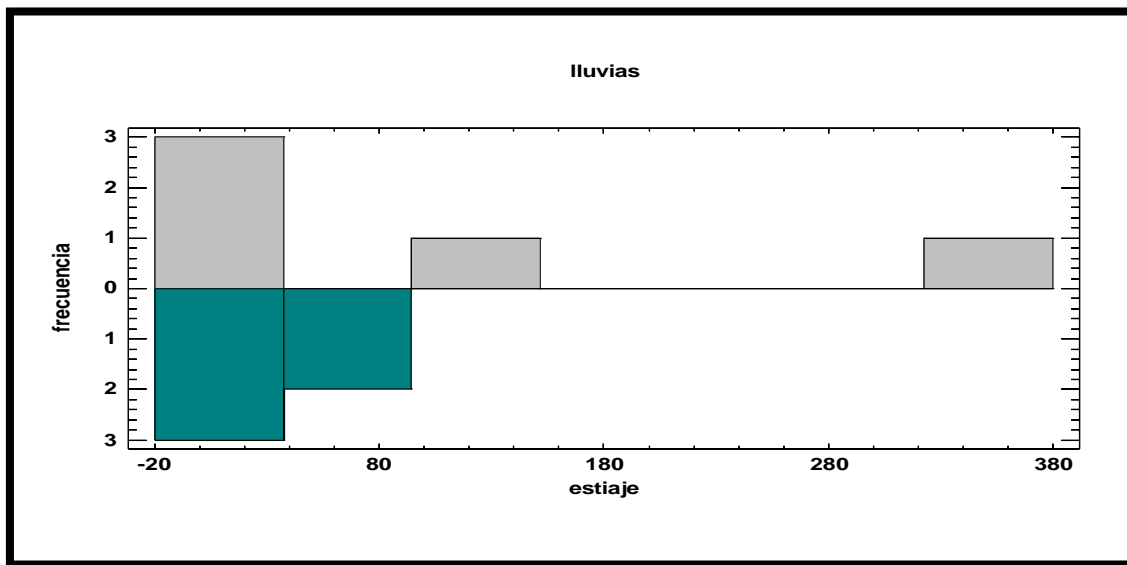



Figura 8. Densidades suavizadas lluvias. Fuente: elaboración propia

La diferencia entre épocas es notoria, gráficamente las muestras presentan una diferencia lo suficientemente grande para generar posibles causas de la variación de cada parámetro. En época de lluvia existen la mayor variabilidad, razón por la cual se procedió a realizar un estudio más detallado, estudiando cada parámetro individualmente y las posibles causas de algunas variaciones presentadas, generando así conclusiones basadas en diferentes puntos de vistas analíticos.



Se considera que, al momento de realizar el muestreo en estiaje, el caudal de agua no evidenció toda la carga contaminante producto de las aguas de la laguna de oxidación y de los productos contaminantes que se vierten en el barrio 13 de Mayo y el Mercado público, todos estos contaminantes posiblemente quedan como materia orgánica fecal sedimentada mucho antes del punto donde se tomaron las respectivas muestras, debido a que no se evidencia un arrastre significativo, el cual se comprueba por la poca capacidad de amortiguamiento del caño en el tramo de estudio, el estancamiento de residuos sólidos en las orillas del caño y alta presencia de maleza acuática, lo que origina que los sólidos se sedimenten.

Lo contrario ocurre en época de lluvias, donde se encontraron valores de 121 y 120 mg/L de DBO, observando un caudal lo suficientemente fuerte para el arrastre de todas las cargas contaminantes, incluso hasta el arrastre de lodos. Se pudo evidenciar el arrastre de residuos sólidos alrededor de todo el caño, fuertes olores fétidos y un color mucho más oscuro en comparación con el que se observó en época de estiaje, significando esto valores altos de DBO y una alta carga contaminante en este tipo de aguas.

Se hace necesario saber cuánta materia orgánica biodegradable está presente en este tramo en estudio, por lo que se obtuvo información acerca de la biodegradabilidad de los compuestos orgánicos. Una aproximación cuantitativa de la biodegradabilidad está dada por la relación de la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno (Hernández, 1992). Así se tiene que:

$$0.2 < (DQO/DBO5) < 0.4 \text{ es biodegradable}$$

Es preciso mencionar que la biodegradabilidad no es una propiedad intrínseca de las aguas residuales, sino que depende en gran medida de la población microbiológica a la que ellas se enfrenten, ya que esta población microbiológica es la que realizan la tarea degradadora en el correspondiente análisis de DBO (Muñoz *et al.*, 2012). Partiendo de los valores arrojados en el estudio para este parámetro, fue necesario realizar una relación DBO/DQO, para así determinar el porcentaje de DBO que pertenece a la DQO (**tabla 8**).

Tabla 8.

Relación DBO/DQO

Parámetro	DBO	DQO	DBO/DQO
E. Estiaje (antes)	39	91	0.42857143
E. Lluvias (antes)	121	333	0.36336336
E. Estiaje (después)	40	92	0.43478261
E. Lluvias (después)	120	332	0.36144578

Fuente: elaboración propia


La relación DBO/DQO para las condiciones de estiaje (antes) y época de lluvia (después) es muy alta, lo que demuestra que puede haber algún factor que esté incrementando la carga orgánica en el sistema, el cual no pudo ser identificado por medio de la caracterización ni a través de las encuestas realizadas o las respectivas visitas al sector aledaño al caño, sospechando de esta forma los aportes de otras sustancias no biodegradables que están afectando la fuente natural.

Conclusiones

- La microcuenca del caño Aguas Prietas presenta una problemática sobre todo en su eje correspondiente a la ciudad de Montería y esto conlleva a una disminución de la calidad ambiental de los ecosistemas y de las poblaciones vecinas.

- Las poblaciones localizadas en el área perimetral del caño son poblaciones vulnerables debido a sus bajos ingresos económicos, condiciones sanitarias ineficientes, bajo nivel de escolaridad y poca gestión por parte de las autoridades competentes.

- El caño Aguas Prietas no presenta niveles altos de contaminación con respecto a la calidad del recurso hídrico, sin embargo, según los criterios establecidos mediante la investigación realizada en campo y las respectivas encuestas, el caño presenta problemas con su calidad física en cada uno de los tramos analizados, ya que se pudo evidenciar el deterioro de la corriente por parte de aportes de residuos sólidos y aguas residuales, teniendo en cuenta que, en la parte urbana el caño, este presenta acumulación de sedimentos que impiden el flujo normal del agua con una velocidad necesaria para el



arrastre de materia orgánica, siendo esta la principal causa del porqué en el sitio de muestreo el agua no llega con niveles altos de contaminación.

- A través del trabajo realizado en campo se pudo evidenciar el estado de cada uno de los tres tramos estudiados, concluyendo así que el tramo 1, que corresponde al barrio 13 de mayo o comúnmente llamado “El Chorizo”, es quien genera mayor incidencia de contaminación sobre el caño Aguas Prietas, en el casco urbano rural del municipio de Ciénaga de Oro. Lo anterior se debe a que este tramo no cuenta con los servicios básicos de saneamiento, generando así falta de cultura ciudadana por parte de los habitantes de este sector, debido a que no cuentan con capacitaciones en prácticas sanitarias y medioambientales, lo cual es preocupante debido a que el estado en que se encuentra este sector se relaciona con falta de higiene y salud pública.


- Algunos parámetros fisicoquímicos se vieron alterados posiblemente por cambios de temperatura o por procesos naturales de sedimentación, debido a que por lo general las corrientes, al llegar a cuerpos de aguas lénticos como lo son las ciénagas, lagunas o esteros, reducen considerablemente la velocidad de flujo y los sedimentos que van transportados en suspensión se van decantando, formando acumulaciones que obstruyen el paso libre del agua y, por ende, una alteración de la calidad real del agua.


- Es evidente el riesgo ambiental presente en el caño Aguas Prietas relacionado con factores naturales (épocas fuertes de sequías y de inundaciones) y factores antrópicos (residuos sólidos en el caño, residuos líquidos domésticos, agroindustria y detergentes), que constituyen primordialmente una amenaza para la salud humana y para los ecosistemas debido a la presencia de sustancias tóxicas, inflamables e, incluso, cancerígenas.

Literatura citada

Arocena, R. (2016). Principios y métodos de limnología. Montevideo. *DIRAC*, (2), 4-6.

Audidores, consultores y expertos independientes-AUDICON. (2007). Rehabilitación hidráulica de los caños Bugre y Aguas Prietas. Primer informe, Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge-CVS. Montería.

- 
- Buccheri, M. y Comellas E. (2015). *Indicadores para el monitoreo y evaluación hacia la Gestión Integral de Recursos Hídrico*. Instituto Nacional del Agua. Recuperado de: <https://estrucplan.com.ar/indicadores-para-el-monitoreo-y-evaluacion-hacia-la-girh/>
- Banco Mundial. (2014). *Gestión de los recursos hídricos: Resultados del sector*. Banco Mundial: BIRF AIF. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/15/water-resources-management-results-profile>
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge-CVS. (2007). *Rehabilitación de los caños Bugre y Aguas Prietas*. Montería.
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B. y Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 29 (3), 1-18. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732014000300002
- Hernández, A. (1992). *Depuración de Aguas Residuales, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, Madrid, España: rev. i aug
- Jiménez, A. y Barba, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, 2 (23), 12-19. Recuperado de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Muñoz, H., Suárez, J., Vera, A., Orozco, S., Battle, J., Ortiz, A. y Mendiola, J. (2012). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28 (1), 27-38. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n1/v28n1a3.pdf>



Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-UNESCO. (2019). *No dejar a nadie atrás*. Recuperado de: <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

Resolución 631, 2015. Diario Oficial No. 49.486 de 18 de abril de 2015. Recuperado de: <http://www.emserchia.gov.co/PDF/Resolucion631.pdf>

Rodríguez, M. y Espinoza, G. (2002). *Gestión Ambiental en América Latina y el Caribe*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado de: [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019857/Gestionambiental en A.L.yelC/GestionAmb.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019857/Gestionambiental%20en%20A.L.yelC/GestionAmb.pdf)

Valdes-Basto, J., Samboni-Ruiz, N. y Carvajal-Escobar, Y. (2011). Desarrollo de un Indicador de la Calidad del Agua usando Estadística Aplicada, Caso de Estudio: Subcuenca Zanjón Oscuro. *Revista Tecno Lógicas*, (26), 1-10. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/n26/n26a10.pdf>