

---

## **Estudio de evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales en San Isidro de Heredia**

---



---

### **Segundo Informe de contratación N°. 2019CD-000032-0016800001**

Servicios de Ingeniería: Estudio de Calidad de agua (macroinvertebrados)

#### **Solicitado por:**

Municipalidad de San Isidro Heredia

#### **Elaborado por**

Biólogo Pablo Morales Jiménez. CBCR 1333

Bióloga Susana Gutierrez Acuña, CBCR 2083

**Octubre 2019**

## Contenido

Introducción .....	3
Objetivo General .....	3
Objetivo Específicos .....	3
Metodología .....	4
Descripción de los sitios de muestreo.....	6
Resultados .....	10
Macroinvertebrados.....	10
Parámetros Físicoquímicos .....	10
Discusión .....	11
Conclusiones y recomendaciones .....	12
Bibliografía .....	14
Anexo 1.....	15
Resultados del muestreo de macroinvertebrados acuáticos.....	15
Anexo 2.....	17
.....	18
Anexo 3.....	19

## **Introducción**

La Municipalidad de San Isidro se encuentra dentro de la Sentencia de la Sala Constitucional N° 05894 del 27 de abril del año 2007, conocida como Voto Garabito, en la cual se requiere: "de inmediato adoptar las acciones necesarias para eliminar de manera integral los focos de contaminación que existen a lo largo de la cuenca del río Grande de Tárcoles y se tomen medidas para iniciar el proceso de reparación del daño ambiental ocasionado en esa cuenca, en la medida en que ello fuere posible, para lo cual deberán realizar la coordinación que el caso amerite tendiente a solucionar integralmente el problema objeto de este amparo y que ha originado su estimatoria."

Desde el 2014 se ha mantenido la representación en la Comisión de Gestión Integral de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles conformada en cumplimiento con el Decreto N°38071- MINAE y su reglamento, dentro de la subcomisión de Heredia.

Con este antecedente, la Municipalidad de San Isidro mantiene en los últimos años un monitoreo de las condiciones de calidad de agua de los principales cuerpos receptores de aguas residuales y escorrentía del cantón, para lo cual han implementado el monitoreo biológico y físico químico de acuerdo con lo establecido en el Reglamento para la Evaluación y clasificación de la Calidad de Cuerpos de agua superficiales N°33903-MINAE-S.

Los cuerpos de agua seleccionados para el presente muestreo son los ríos Para, Tranqueras y Tibás, en donde los tres coinciden en que presentan condiciones de aumento de densidad de desarrollo urbano en su área de influencia conforme se desciende en altitud, mientras que en los puntos mas altos, en general, se tiene un uso de suelo con mayor cobertura expuesta.

Para la contratación 2019CD-000032-0016800001, se plantea de acuerdo con el cartel del concurso, dos muestreos en los mismos sitios, en donde se cubra tanto la época seca como la época lluviosa, de manera que para este informe se presenta los resultados del periodo de mayor cantidad de lluvia esperado.

## **Objetivo General**

Contar con los servicios de ingeniería que permitan generar la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales de dos afluentes de San Isidro de Heredia.

## **Objetivo Específicos**

- Realizar la muestra de dos cuerpos de agua superficial del cantón de San Isidro de Heredia, en la parte alta, media y baja.
- Aplicar la metodología de análisis y aplicación de parámetros físicos y químicos contenidos en el Reglamento para la Evaluación y clasificación de la Calidad de Cuerpos de agua superficiales N°33903-MINAE-S.
- Aplicar el monitoreo biológico conforme al Reglamento para la Evaluación y clasificación de la Calidad de Cuerpos de agua superficiales N°33903-MINAE-S.

## Metodología

El día 27 de setiembre de 2019 se realizaron los muestreos en las 7 estaciones (ver figura de ubicación) seleccionadas por parte de la Municipalidad, en tres cuerpos de agua pertenecientes al cantón de San Isidro de Heredia, distribuidos de la siguiente manera:

**Cuadro 1.** Nombre y ubicación de los puntos de muestreo.

Identificación del punto	Cuerpo de agua	Ubicación	X	Y
406-01-2019	Río Tibás	Distritos, San José y San Isidro. Parte alta del cuerpo de agua.	493555,043	1108981,58
406-03-2019	Río Tibás	Distritos, San José y San Isidro. Parte baja del cuerpo de agua.	494953,037	1106368,62
406-09-2019	Río Tranqueras	Distritos, San José y Concepción. Parte media del cuerpo de agua.	496036,463	1107992,119
406-10-2019	Río Tranqueras	Distritos, San José y Concepción. Parte baja del cuerpo de agua.	495458,196	1106337,004
406-11-2019	Río Paracito	Distrito San José. Parte alta del cuerpo de agua.	497287,425	1110209,118
406-12-2019	Río Paracito	Distrito San José. Parte media del cuerpo de agua.	497246,151	1108726,386
406-13-2019	Río Paracito	Distrito San José. Parte baja del cuerpo de agua.	497311,907	1107327,717

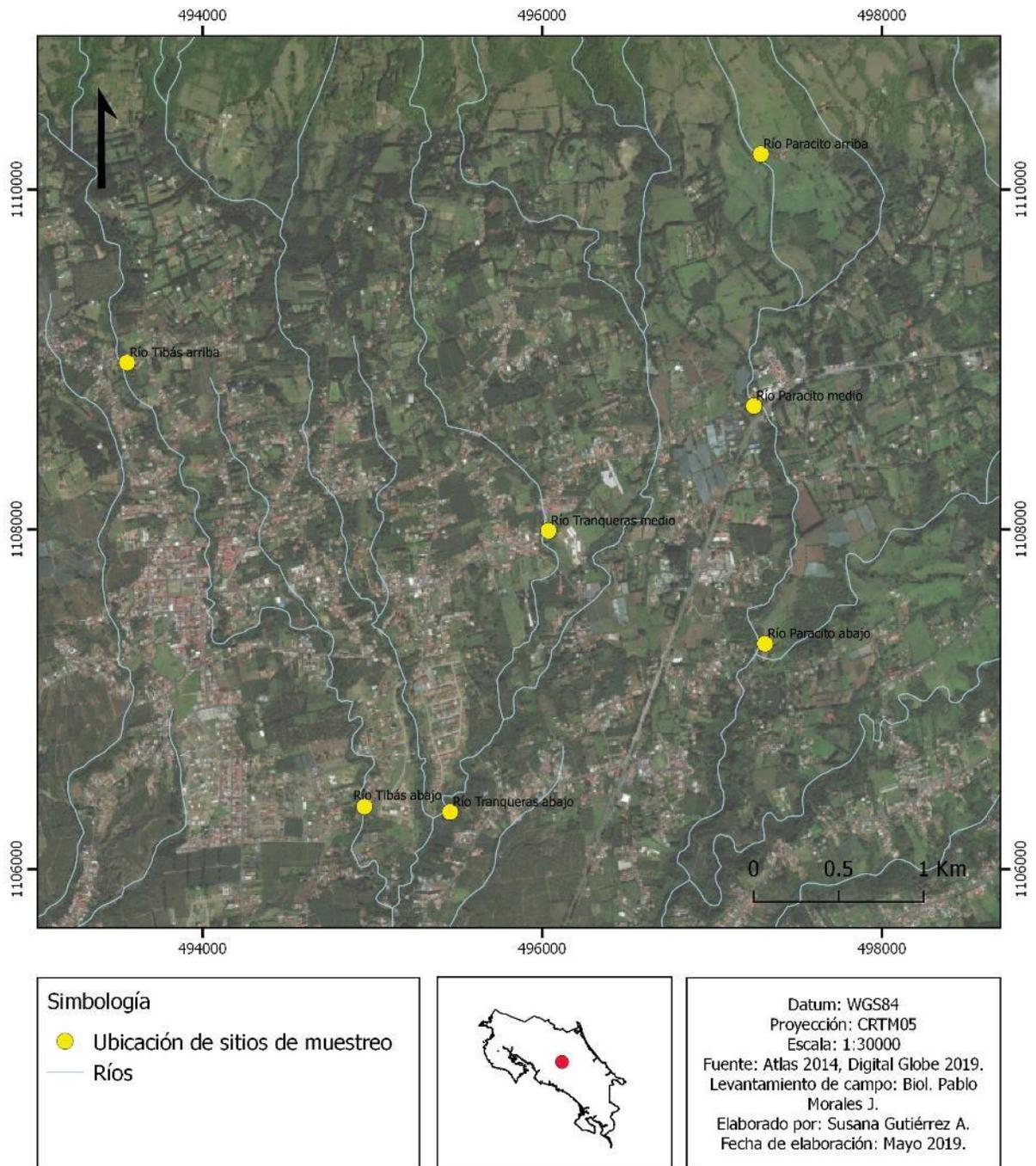
Fuente: Municipalidad de San Isidro de Heredia, 2019.

### Macroinvertebrados acuáticos:

Los muestreos de macrobentos, se realizaron siguiendo la metodología del Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, según decreto N° 33903-MINAE-S. El muestreo se llevó a cabo mediante recolecta directa en el campo, con la ayuda de una red de mano con malla de 500  $\mu\text{m}$ . y apertura de 25 cm, bandejas y pinzas entomológicas, removiendo los organismos encontrados del sustrato.

Se abarcó los hábitats identificados en el río, que en este caso se componen de pozas, piedras pequeñas con corriente y vegetación de orilla. Los individuos recolectados fueron preservados en el campo en alcohol al 70% para su posterior conteo e identificación en el laboratorio mediante las claves taxonómicas respectivas. Con el resultado del muestreo se aplicó también el Índice BMWP-CR<sup>1</sup> para calidad del agua.

<sup>1</sup> Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica, es un índice basado en el BMWP de Hellawell (1978) de origen Británico que se basa en el principio de que diferentes invertebrados acuáticos tienen distintos niveles de tolerancia a la contaminación



**Figura de ubicación de los sitios de muestreo**

### Parámetros fisicoquímicos:

Se tomaron muestras en el sitio para los 7 puntos por parte del Laboratorio Lambda, a las muestras se les realizaron los ensayos solicitados utilizando el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater cuyas metodologías han sido aceptadas en el país, según decreto No. 25018-MEIC, publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 59 del 25 de marzo de 1996.

Una vez obtenidos los resultados se aplicó el Sistema Holandés de Clasificación para la Calidad del Agua, el cual se encuentra como referencia en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, según decreto N° 33903-MINAE-S. El Índice se basa en la obtención de un puntaje de acuerdo con tres indicadores analizados: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), el oxígeno disuelto (OD) y el nitrógeno amoniacal (N-NH4 +). El OD es un indicador de calidad medido en el campo y con este indicador se puede calcular el porcentaje de saturación de oxígeno (PSO), indicador necesario para la clasificación de la calidad del agua. (MINAE, 2007).

### **Descripción de los sitios de muestreo.**

A continuación, se presenta una descripción de las condiciones de los sitios de muestreo para el momento de las colectas con el fin de caracterizar cada punto de acuerdo con los escenarios encontrados.

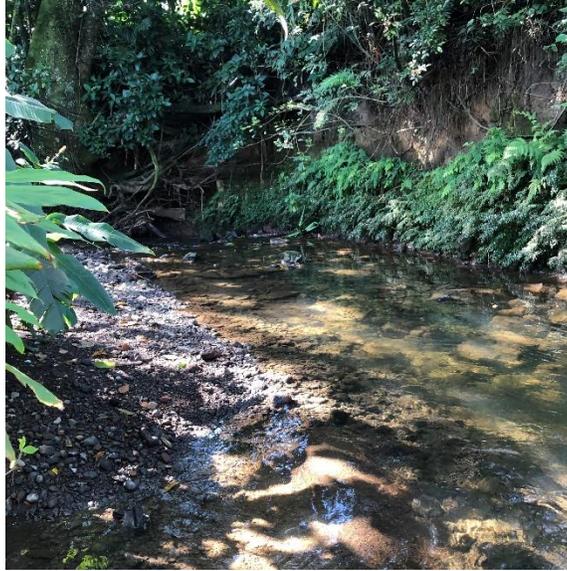
**Paracito arriba:** aun cuando las condiciones de lluvia eran constantes para la fecha del muestreo, este sitio se mantiene sin agua que escurra de manera natural. Este punto se localiza en dentro de una zona dedicada a la producción de leche, de manera que el uso de suelo en el lugar es de potreros y algunos árboles dispersos a orillas del cauce natural.



**Vista del cauce en el sitio Paracito arriba**

**Río Paracito medio:** el punto de muestreo se ubica cerca de un puente para vehículos, se observa una cobertura vegetal alterada con dominancia de pastos y arbustos. El cauce tiene un ancho de 2,5 metros aproximadamente, para el momento del muestreo se observa un caudal bajo con profundidades promedio de 50- 20 cm. El agua no presenta coloración, se observa clara, sin olores ni hay evidencia de residuos ordinarios.

Se tienen ambientes de pozas, piedras medianas con corriente y piedras pequeñas con corriente, en este sitio se registraron peces, en donde se pudieron colectar dos especies, *Priapichthys annectens* y *Rhamdia laticauda*.



**Sitio río Paracito medio**

**Río Paracito abajo:** El tramo de colecta se ubica en una zona que colinda con potreros. El cauce presenta un ancho de 8-9 metros y una profundidad de entre 10 a 60 cm. En el sitio se pudieron distinguir ambientes de rocas pequeñas, pozas, rocas grandes y hojarasca. El agua se observa clara, sin olores, no hay rastros de basura, se observan peces.



**Río Paracito abajo**

**Río Tranqueras medio:** este sitio se ubica en una zona urbana, con presencia de casas que colindan con el río. El sitio presenta agua clara, con una velocidad de corriente constante, hábitats de piedras con corriente, pozas y vegetación. El ancho del cauce es de aproximadamente 2 metros con profundidades de desde 10 a 40 - 50 cm, no hay malos olores, el agua clara.



**Sitio Tranqueras medio**

**Río Tranqueras abajo:** Se presenta una coloración grisácea en el agua, hay presencia de diferentes microhábitats como piedras medianas con corriente, pozas y piedras pequeñas con corriente. El cauce tiene un ancho aproximado de 4 – 5 metros y el día de muestreo se registraron profundidades de entre 10 a 50 cm.



**Río Tranqueras abajo**

**Río Tibás arriba.** El punto se ubica en la colindancia con el cantón de San Rafael de Heredia, con un uso de suelo urbano rural, se puede observar una cobertura importante de vegetación a orillas del sitio de colecta de muestras. Este río presenta un caudal importante, con piedras grandes, medianas y pequeñas, zonas de pozas y zonas de corriente, se tiene un ancho del cauce con agua de aproximadamente 8-10 metros.



**Río Tibás arriba**

**Río Tibás abajo.** Se observa agua con muy poca turbidez, se logra observar peces en las pozas del lugar, se identifican Olominas de la especie *Priapichthys annectens*.

El sitio tiene un cauce de aproximadamente 5 metros de ancho, con profundidades de entre 1 metros y 10 cm, se muestrea en hábitats de piedras con corriente, pozas, vegetación de orilla. Este punto se localiza dentro de zona urbana y se registra una cobertura de árboles dispersos y vegetación de pastos a orillas del cuerpo de agua.



**Río Tibás abajo**

## Resultados

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a seis de los siete puntos seleccionados para la consultoría, esto debido a que el sitio Paracito Arriba no presentaba agua para el momento de la visita. Al parecer esta quebrada está seca durante todo el año ya que durante la época seca y época lluviosa no se logró observar agua escurriendo en el canal.

## Macroinvertebrados

Los resultados obtenidos muestran una abundancia total de 661 individuos distribuidos en 34 taxas. La abundancia mayor por taxa se da en el Orden Ephemeroptera (297 individuos) y la familia más representativa es Leptohyphidae con 199 individuos colectados. Estos resultados se muestran Anexo 1.

De acuerdo con los resultados de los muestreos de macroinvertebrados se aplicó el índice BMWP-CR, el cual arrojó los siguientes resultados para cada punto. (Ver cuadro 2)

**Cuadro 2. Resultados del índice BMWP-CR<sup>2</sup> para los sitios muestreados.**

Sitio	Puntaje	Interpretación
Paracito medio	91	Calidad regular, contaminación moderada
Paracito abajo	51	Calidad mala, contaminadas
Tranqueras medio	74	Calidad regular, contaminación moderada
Tranqueras abajo	45	Calidad mala, contaminadas
Tibás arriba	101	Calidad buena, no contaminadas
Tibás abajo	48	Calidad mala, contaminadas

Fuente: Elaboración propia 2019

## Parámetros Físicoquímicos

En el anexo 2 se detallan los resultados originales emitidos por el Laboratorio Gaia, y con los cuales se asignaron los puntajes. Para la aplicación del Índice Holandés se toma como referencia el puntaje basado en el cuadro 3 que se presenta a continuación.

**Cuadro 3. Asignación de puntaje para PSO, DBO5 y del N-NH4 +, según el sistema de clasificación holandés.**

Puntos	PSO %	DBO, mg/L	NNH+4,mg/L
1	91 - 100	< = 3	< 0.50
2	71 – 90 111 - 120	3.1 – 6.0	0.5 - 1

<sup>2</sup> Calidad de agua según sumatoria obtenida en el índice BMWP'CR de acuerdo con el reglamento N°33903 MINAE-S

Nivel de Calidad	Valor de BMWP'CR	Color Representativo
Aguas de calidad Excelente	Mas de 120	Azul
Aguas de calidad buena, no contaminadas	101 – 120	Azul
Aguas de calidad regular, contaminación moderada	61 – 100	Verde
Aguas de calidad mala, contaminadas	36 – 60	Amarillo
Aguas de calidad mala, muy contaminadas	16 – 35	Naranja
Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	Menor a 16	Rojo

3	51 – 70 121 - 130	6.1 – 9.0	1.1 – 2.0
4	31 - 50	9.1 - 15	2.1 - 5
5	< = 30 y > 130	> 15	> 5.0

Fuente: Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, según decreto N° 33903-MINAE-S

#### Cuadro 4. Resultados del Índice Holandés para los sitios muestreados.

Sitio	Puntaje	Interpretación
Paracito medio	6	Contaminación incipiente
Paracito abajo	8	Contaminación moderada
Tranqueras medio	8	Contaminación moderada
Tranqueras bajo	8	Contaminación moderada
Tibás arriba	7	Contaminación moderada
Tibás abajo	9	Contaminación moderada

Fuente: Elaboración propia, 2019

Es importante tomar en consideración que para la presente contratación se tomaron muestras para la determinación de coliformes fecales, los cuales no son tomados en cuenta para el cálculo del índice holandés, pero sus resultados se muestran en el anexo 2.

#### Discusión

Para la fecha de ejecución de los muestreos se observaron condiciones en general propias de la época lluviosa, de manera que los cuerpos de agua tenían un volumen de agua mayor que los muestreos realizados en la época seca. Lo anterior hace que se presenten algunas variaciones en los sitios a nivel general:

- No se observaron tramos de los ríos con aguas estancadas, como si se registraron en el primer muestreo.
- Se notó una mayor disponibilidad de hábitat en cada sitio de muestreo en referencia a los posibles lugares en donde se pueden desarrollar los macroinvertebrados acuáticos.
- No se observó mayor acumulación de residuos ordinarios.
- Los sitios no presentaron malos olores, a diferencia del primer muestreo que en algunos puntos se tuvo esta característica.

Los resultados del índice BMWP indican que las condiciones de todos los puntos mejoraron en comparación con los resultados de la época seca (ver cuadro 5), lo cual viene a corroborar que en las condiciones de la época lluviosa pueden estar mejorando los hábitats de las especies, así mismo, el mayor caudal puede generar a nivel general mejores niveles de oxígeno disuelto en el agua lo cual favorece al establecimiento de mayor cantidad de especies, por último, también el mayor caudal en los cuerpos de agua genera una mayor dilución de los posibles agentes contaminantes que puedan estar llegando a los ríos y/o quebradas.

Para esta ocasión se registraron individuos que probablemente sean poco tolerantes a la contaminación, como *Atopsyche sp* (Hydrobiosidae, Trichoptera) y *Lepidostoma sp* (Lepidostomatidae, Trichoptera).

**Cuadro 5. Resultados del índice BMWP-CR en época seca y época lluviosa**

Sitio	Puntaje época lluviosa	Interpretación	Puntaje época seca	Interpretación
Paracito medio	91	Calidad regular, contaminación moderada	17	Calidad mala, muy contaminadas
Paracito abajo	51	Calidad mala, contaminadas	47	Calidad mala, contaminadas
Tranqueras medio	74	Calidad regular, contaminación moderada	54	Calidad mala, contaminadas
Tranqueras abajo	45	Calidad mala, contaminadas	26	Calidad mala, muy contaminadas
Tibás arriba	101	Calidad buena, no contaminadas	39	Calidad mala, contaminadas
Tibás abajo	48	Calidad mala, contaminadas	47	Calidad mala, contaminadas

Fuente: Biol. Pablo Morales J. 2019.

Para los resultados del índice holandés, en términos generales coinciden con la valoración biológica en el sentido de que los valores mas bajos del índice se dan en los mismos sitios en donde el BMWP obtuvo el mayor puntaje.

Los parámetros utilizados para el cálculo del índice holandés reflejaron que las condiciones de oxígeno disuelto son similares en todos los puntos, a excepción del Tibás abajo, mientras que los valores de nitrógeno amoniacal no sobrepasaron los 0,5 mg/L.

**Cuadro 6. Resultados del índice holandés en época seca y época lluviosa**

Sitio	Puntaje época lluviosa	Interpretación	Puntaje época seca	Interpretación
Paracito medio	6	Contaminación incipiente	8	Contaminación moderada
Paracito abajo	8	Contaminación moderada	7	Contaminación moderada
Tranqueras medio	8	Contaminación moderada	7	Contaminación moderada
Tranqueras bajo	8	Contaminación moderada	7	Contaminación moderada
Tibás arriba	6	Contaminación incipiente	6	Contaminación incipiente
Tibás abajo	9	Contaminación moderada	9	Contaminación moderada

### Conclusiones y recomendaciones

- Los sitios ubicados en los puntos mas bajos (Tranqueras abajo y Tibás abajo presentaron las valoraciones mas bajas tanto en el análisis fisicoquímico como en el biológico, lo cual posiblemente se deba a que en estos sectores los cuerpos de agua han recogido agentes contaminantes y además el uso de suelo en las partes bajas es más denso y con construcciones cerca o dentro de las zonas de protección de los ríos.

- La presencia de ictiofauna en la mayoría de los sitios se puede tomar como un buen indicador de que se mantiene condiciones de hábitat viables para la vida acuática, aun cuando las especies registradas pueden ser catalogadas como comunes.
- Se debe implementar un plan de revegetación en los puntos de la parte baja de la cuenca, con el fin de mejorar las condiciones del ecosistema acuático y minimizar los posibles impactos por erosión o sedimentación hacia el cuerpo de agua.
- Incorporar a los parámetros de medición las características del cauce al momento del muestreo y sus condiciones generales como ancho, profundidad, velocidad de la corriente y una estimación del caudal, esto para poder realizar una mejor comparación en los diferentes momentos en que se lleve a cabo el trabajo de campo.
- Fiscalizar los comercios y casas que limitan con los cuerpos de agua para evitar las descargas de contaminantes orgánicos a cuerpos de agua.
- Se recomienda eliminar el sitio Paracito arriba para futuros muestreos debido a que no se registró agua en el cauce en la época seca ni en la lluviosa.
- Mediante la educación ambiental, reforzar la estrategia de concientización en los vecinos del lugar sobre la gestión de los residuos ordinarios.
- Mantener el programa de monitoreo de los cuerpos de agua de la localidad, con el fin de montar estrategias de actuación sobre los sitios en donde se obtenga resultados preocupantes y reforzar la conservación en los sectores en donde actualmente se cuenta con una buena calidad del recurso hídrico.
- Los próximos monitoreos deben realizarse bajo la misma metodología, en los mismos sitios y preferiblemente en las mismas fechas, esto con el fin de que las comparaciones que se puedan dar sean lo más apegadas a la certeza de los datos.
- Promover las estrategias de conservación mediante alianzas con instituciones públicas o centros educativos para fomentar la investigación de los ecosistemas acuáticos e involucrar a la comunidad en el proceso.

## Bibliografía

- Bussing, William. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. 2002. Editorial Universidad de Costa Rica 2da Edición. San José, Costa Rica.
- Calvo, G; Mora, J. 2012. Análisis de la calidad de varios cuerpos de agua superficiales en el GAM y la Península de Osa utilizando el Índice Holandés. *Tecnología en Marcha*, Volumen 25, N° 5. Costa Rica
- Camargo, J.A. Fluoride toxicity to aquatic organisms: a review. *Chemosphere* 50: 251–264, 2003
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological methodology*. Harper and Row, Nueva York. 654 p.
- Lampert, W. & U. Sommer. 1997. *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. Oxford Univ. Press, Nueva York. 382 p.
- Lorenz, C.M., G.M. Van Dijk, A.G.M. Van Hattum & W.P. Cofino. 1997. Concepts in river ecology: implications for indicator development. *Regl. Rivers: Res. Mgmt.*, 13: 501-516.
- Puntoriero, M.L.; Fernández Cirelli, A.; Volpedo, A. Fluoruro y Arsénico en cuerpos de agua superficiales del Sudoeste Bonaerense.
- Pringle, C.M., M.C. Freeman & B.J. Freeman. 2000. Regional effects of hydrologic alterations on riverine macrobiota in the New World: tropical-temperate comparisons. *BioScience*, 50: 807-823.
- Roldán, G. 1992. *Fundamentos de limnología neotropical*. Ed. Univ. de Antioquía, Medellín, Colombia. 529 p.
- Springer, M. 2006. Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop*, 54: 273-286.
- Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cumming, J.R. Sedell & C.E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137.
- Ward JV. 1997. An expansive perspective of riverine landscapes: pattern and process across scales. *River Ecosyst.*, 6: 52-60.
- Ward JV, Stanford JA. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *J. North Am. Benthological Soc.*, 8: 2-8.

**Anexo 1.**

## Resultados del muestreo de macroinvertebrados acuáticos

Orden / Grupo	Familia	Género	Paracito medio	Paracito abajo	Tranqueras medio	Tranqueras abajo	Río Tibas arriba	Río Tibas abajo	BMWP'CR	
Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	1	4	4		2	5	5	
		Camelobaetidius		2	1	10	6	4		
		Moribaetis					23			
		Gen indet	1							
	Leptohyphidae	Leptohyphes			3	1			1	5
		Tricorythodes	28	4	50	17	12	83		
Leptophlebiidae	Farrodes	4	3	1		15	12	8		
Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema	1	1	12	3		2	5	
		Smicridea	4	1	10	4		3		
	Helicopsychidae	Helicopsyche	2					1	5	
	Hydrobiosidae	Atopsyche	2				1		9	
	Calamoceratidae	Phylloicus	1				1		8	
	Lepidostomatidae	Lepidostoma					1		9	
	Polycentropodidae	Polycentropus					3		6	
Diptera	Chironomidae	Gen indet	5	1	34	14	2	5	2	
	Simuliidae	Simulium	3	10	13	3	5		4	
	Psychodidae	Maruina		1	4		6	4	3	
	Tipulidae	Molophilus			1				4	
Odonata	Libellulidae	Gen indet	11	1	2	1	20		6	
	Calopterygidae	Hetaerina	10	5	5	3	4	3	4	
	Coenagrionidae	Argia	6		6	10		12	4	
Coleoptera	Elmidae	Gen indet			3				5	
	Dytiscidae	Gen indet					1		4	

	Ptilodactylidae	Anchytarsus	2						7
Lepidoptera	Crambidae	Gen indet		1					5
Hemiptera	Belostomatidae	Belostoma	7			1	1		4
	Naucoridae	Ambrysus					1		4
	Notonectidae	Gen indet					1		4
Gastropoda	Physidae	Gen indet	7	1		8		4	3
Acari	Hidracarina	Gen indet	1		1				4
Turbellaria	Planariidae	Dugesia	3		1		4		5
Amphipoda	Hyaellidae	Gen indet			1		1		7
Annelida	Hirundinea	Gen indet	2		2	33	3	4	3
	Oligochaeta	Gen indet		1			1	5	1
<b>Abundancia total</b>			<b>101</b>	<b>39</b>	<b>152</b>	<b>107</b>	<b>114</b>	<b>148</b>	
<b>Total de taxas</b>			<b>20</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	
<a href="#">Valor Indice BMWP'CR por sitio</a>			<b>91</b>	<b>51</b>	<b>74</b>	<b>45</b>	<b>101</b>	<b>48</b>	

**Anexo 2**

Registro fotográfico de peces observados



**Barbudo colectado en el sitio Paracito medio**



**Olominas en el sitio Paracito abajo**

### **Anexo 3**

Resultados de análisis fisicoquímicos elaborados por Laboratorio Gaia

## RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Informe # RAR 190927-6

Fecha del informe: 18 de octubre de 2019.

### Datos del ente generador

Razón Social: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Nombre: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Actividad: Monitoreo de calidad del agua.  
 Localización: San Isidro, San Isidro, Heredia.

### Datos del muestreo

Fecha: 27 de septiembre del 2019.  
 Lugar de muestreo: Agua recolectada del río Tibás arriba.  
 Identificación de la sustancia muestreada: MAR 190927-6. Agua superficial.  
 Tipo de muestreo: Simple\*.  
 Encargado: Laboratorio Gaia (Técnico: Juan Carlos Álvarez Carvajal).  
 Condiciones ambientales: Despejado.  
 Situación especial: Gran cantidad de lluvia del día anterior.  
 Hora: 9:40

**Tabla 1. Resultados**

Parámetro	Valor <sup>1</sup>	Método de análisis
Potencial de hidrógeno*, pH	7,5 ± 0,1	4500 -H <sup>+</sup> B
Sólidos suspendidos totales*, mg/L	6,2 ± 0,1	2540 D
Sólidos sedimentables*, mL/(L·h)	Menor a 0,1	2540 F
Aceites y grasas, mg/L	Menor a 2	5520 B
Demanda química de oxígeno*, DQO, mg/L	13 ± 1	5220 D
Demanda bioquímica de oxígeno*, DBO <sub>5,20</sub> , mg/L	6,2 ± 0,2	5210 B
Sustancias activas al azul de metileno*, SAAM, mg/L	0,25 ± 0,02	5540 C
Temperatura*, °C	21 ± 2	2550 B
Amonio*, mg/L	Menor a 0,02	4500-NH <sub>3</sub> F
Turbiedad*, UNT	0,65 ± 0,05	2130 B
Oxígeno disuelto, mg/L	4,2 ± 0,1	4500-O G
Color barrido espectral, % Pureza	Menor a 10	2120 D
Sólidos disueltos, mg/L	20 ± 1	2540 C
Cloruros, mg/L	0,0058 ± 0,0002	4500 Cl- B
Nitratos, mg/L	2,7 ± 0,1	4500 NO <sub>3</sub> C
Sulfatos, mg/L	Menor a 2	4500 SO <sub>4</sub>
Fluoruros <sup>2</sup> , mg/L	Menor a 0,10	4500 F

*Informe # RAR 190927-6*

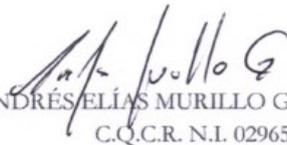
Referencias: Métodos de análisis: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 23ND edition 2017. Muestreo: LAQA-Pc-16 Procedimiento de muestreo de aguas, agua residual y otros. Incertidumbre: LAQA-Pc-08 Procedimiento de cálculo de incertidumbre. Límites máximos: Decreto N°33601-MINAE-S Reglamento de Vertido y Reúso de Agua Residual.

Notas: Análisis realizados por Laboratorio Gaia en sus instalaciones. Permiso de funcionamiento del Ministerio de Salud: 0092-2019, vigencia 08/02/2019 - 08/02/2024. Análisis de potencial de hidrógeno y temperatura realizados en el lugar de muestreo.

Fecha de ejecución de análisis: Inicio: 27/09/2019 Final: 17/10/2019

**\*Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr).** <sup>1</sup> Léase Valor  $\pm$  incertidumbre (Calculada con un factor de cobertura  $K=2$ , para un 95 por ciento de confianza). <sup>2</sup> Análisis realizados por el laboratorio Aqylasa bajo el informe 15102019.

El informe de resultados de ensayo no es válido sin la firma y sello del regente químico. Se prohíbe la reproducción parcial o total del informe.

  
ANDRÉS ELÍAS MURILLO GONZÁLEZ  
C.Q.C.R. N.I. 02965



-- Última Línea --

## RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Informe # RAR 190927-5

Fecha del informe: 18 de octubre de 2019.

### Datos del ente generador

Razón Social: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Nombre: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Actividad: Monitoreo de calidad del agua.  
 Localización: San Isidro, San Isidro, Heredia.

### Datos del muestreo

Fecha: 27 de septiembre del 2019.  
 Lugar de muestreo: Agua recolectada del río Tibás abajo.  
 Identificación de la sustancia muestreada: MAR 190927-5. Agua superficial.  
 Tipo de muestreo: Simple\*.  
 Encargado: Laboratorio Gaia (Técnico: Juan Carlos Álvarez Carvajal).  
 Condiciones ambientales: Despejado.  
 Situación especial: Gran cantidad de lluvia del día anterior.  
 Hora: 9:25

**Tabla 1. Resultados**

Parámetro	Valor <sup>1</sup>	Método de análisis
Potencial de hidrógeno*, pH	7,6 ± 0,1	4500 -H <sup>+</sup> B
Sólidos suspendidos totales*, mg/L	8,7 ± 0,1	2540 D
Sólidos sedimentables*, mL/(L·h)	Menor a 0,1	2540 F
Aceites y grasas, mg/L	Menor a 2	5520 B
Demanda química de oxígeno*, DQO, mg/L	23 ± 1	5220 D
Demanda bioquímica de oxígeno*, DBO <sub>5,20</sub> , mg/L	11,5 ± 0,4	5210 B
Sustancias activas al azul de metileno*, SAAM, mg/L	0,49 ± 0,03	5540 C
Temperatura*, °C	21 ± 2	2550 B
Amonio*, mg/L	Menor a 0,02	4500-NH <sub>3</sub> F
Turbiedad*, UNT	2,70 ± 0,05	2130 B
Oxígeno disuelto, mg/L	2,8 ± 0,1	4500-O G
Color barrido espectral, % Pureza	Menor a 10	2120 D
Sólidos disueltos, mg/L	120 ± 3	2540 C
Cloruros, mg/L	0,0098 ± 0,0005	4500 Cl- B
Nitratos, mg/L	5,8 ± 0,9	4500 NO <sub>3</sub> C
Sulfatos, mg/L	Menor a 2	4500 SO <sub>4</sub>
Fluoruros <sup>2</sup> , mg/L	Menor a 0,10	4500 F

*Informe # RAR 190927-5*

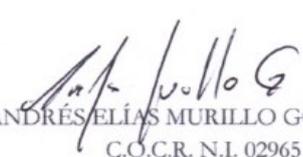
Referencias: Métodos de análisis: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 23ND edition 2017. Muestreo: LAQA-Pc-16 Procedimiento de muestreo de aguas, agua residual y otros. Incertidumbre: LAQA-Pc-08 Procedimiento de cálculo de incertidumbre. Límites máximos: Decreto N°33601-MINAE-S Reglamento de Vertido y Reúso de Agua Residual.

Notas: Análisis realizados por Laboratorio Gaia en sus instalaciones. Permiso de funcionamiento del Ministerio de Salud: 0092-2019, vigencia 08/02/2019 - 08/02/2024. Análisis de potencial de hidrógeno y temperatura realizados en el lugar de muestreo.

Fecha de ejecución de análisis: Inicio: 27/09/2019 Final: 17/10/2019

**\*Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr).** <sup>1</sup> Léase Valor  $\pm$  incertidumbre (Calculada con un factor de cobertura  $K=2$ , para un 95 por ciento de confianza). <sup>2</sup> Análisis realizados por el laboratorio Aqylasa bajo el informe 15102019.

El informe de resultados de ensayo no es válido sin la firma y sello del regente químico. Se prohíbe la reproducción parcial o total del informe.

  
ANDRÉS ELÍAS MURILLO GONZÁLEZ  
C.Q.C.R. N.I. 02965



– Última Línea –

## RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Informe # RAR 190927-4

Fecha del informe: 18 de octubre de 2019.

### Datos del ente generador

Razón Social: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Nombre: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Actividad: Monitoreo de calidad del agua.  
 Localización: San Isidro, San Isidro, Heredia.

### Datos del muestreo

Fecha: 27 de septiembre del 2019.  
 Lugar de muestreo: Agua recolectada del río Tranqueras abajo.  
 Identificación de la sustancia muestreada: MAR 190927-4. Agua superficial.  
 Tipo de muestreo: Simple\*.  
 Encargado: Laboratorio Gaia (Técnico: Juan Carlos Álvarez Carvajal).  
 Condiciones ambientales: Despejado.  
 Situación especial: Gran cantidad de lluvia del día anterior.  
 Hora: 9:10

**Tabla 1. Resultados**

Parámetro	Valor <sup>1</sup>	Método de análisis
Potencial de hidrógeno*, pH	7,5 ± 0,1	4500 -H <sup>+</sup> B
Sólidos suspendidos totales*, mg/L	8,9 ± 0,1	2540 D
Sólidos sedimentables*, mL/(L·h)	Menor a 0,1	2540 F
Aceites y grasas, mg/L	Menor a 2	5520 B
Demanda química de oxígeno*, DQO, mg/L	17 ± 1	5220 D
Demanda bioquímica de oxígeno*, DBO <sub>5,20</sub> , mg/L	9,8 ± 0,4	5210 B
Sustancias activas al azul de metileno*, SAAM, mg/L	0,98 ± 0,03	5540 C
Temperatura*, °C	20 ± 2	2550 B
Amonio*, mg/L	0,14 ± 0,02	4500-NH <sub>3</sub> F
Turbiedad*, UNT	1,80 ± 0,05	2130 B
Oxígeno disuelto, mg/L	5,2 ± 0,1	4500-O G
Color barrido espectral, % Pureza	Menor a 10	2120 D
Sólidos disueltos, mg/L	66 ± 2	2540 C
Cloruros, mg/L	0,0150 ± 0,0003	4500 Cl- B
Nitratos, mg/L	8,1 ± 0,8	4500 NO <sub>3</sub> C
Sulfatos, mg/L	Menor a 2	4500 SO <sub>4</sub>
Fluoruros <sup>2</sup> , mg/L	Menor a 0,10	4500 F

*Informe # RAR 190927-4*

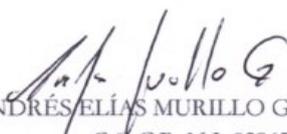
Referencias: Métodos de análisis: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 23ND edition 2017. Muestreo: LAQA-Pc-16 Procedimiento de muestreo de aguas, agua residual y otros. Incertidumbre: LAQA-Pc-08 Procedimiento de cálculo de incertidumbre. Límites máximos: Decreto N°33601-MINAE-S Reglamento de Vertido y Reúso de Agua Residual.

Notas: Análisis realizados por Laboratorio Gaia en sus instalaciones. Permiso de funcionamiento del Ministerio de Salud: 0092-2019, vigencia 08/02/2019 - 08/02/2024. Análisis de potencial de hidrógeno y temperatura realizados en el lugar de muestreo.

Fecha de ejecución de análisis: Inicio: 27/09/2019 Final: 17/10/2019

**\*Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr).** <sup>1</sup> Léase Valor  $\pm$  incertidumbre (Calculada con un factor de cobertura K=2, para un 95 por ciento de confianza). <sup>2</sup> Análisis realizados por el laboratorio Aqylasa bajo el informe 15102019.

El informe de resultados de ensayo no es válido sin la firma y sello del regente químico. Se prohíbe la reproducción parcial o total del informe.

  
ANDRÉS ELÍAS MURILLO GONZÁLEZ  
C.Q.C.R. N.I. 02965



COLEGIO DE QUÍMICOS DE COSTA RICA  
Químico Industrial  
Andrés Murillo González  
N.I. 2965

-- Última Línea --

## RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Informe # RAR 190927-3

Fecha del informe: 18 de octubre de 2019.

### Datos del ente generador

Razón Social: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Nombre: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Actividad: Monitoreo de calidad del agua.  
 Localización: San Isidro, San Isidro, Heredia.

### Datos del muestreo

Fecha: 27 de septiembre del 2019.  
 Lugar de muestreo: Agua recolectada del río Tranqueras medio.  
 Identificación de la sustancia muestreada: MAR 190927-3. Agua superficial.  
 Tipo de muestreo: Simple\*.  
 Encargado: Laboratorio Gaia (Técnico: Juan Carlos Álvarez Carvajal).  
 Condiciones ambientales: Despejado.  
 Situación especial: Gran cantidad de lluvia del día anterior.  
 Hora: 8:45

**Tabla 1. Resultados**

Parámetro	Valor <sup>1</sup>	Método de análisis
Potencial de hidrógeno*, pH	7,7 ± 0,1	4500 -H <sup>+</sup> B
Sólidos suspendidos totales*, mg/L	8,8 ± 0,3	2540 D
Sólidos sedimentables*, mL/(L·h)	Menor a 0,1	2540 F
Aceites y grasas, mg/L	Menor a 2	5520 B
Demanda química de oxígeno*, DQO, mg/L	22 ± 1	5220 D
Demanda bioquímica de oxígeno*, DBO <sub>5,20</sub> , mg/L	10,7 ± 0,4	5210 B
Sustancias activas al azul de metileno*, SAAM, mg/L	1,30 ± 0,09	5540 C
Temperatura*, °C	21 ± 2	2550 B
Amonio*, mg/L	0,33 ± 0,02	4500-NH <sub>3</sub> F
Turbiedad*, UNT	1,30 ± 0,05	2130 B
Oxígeno disuelto, mg/L	5,1 ± 0,1	4500-O G
Color barrido espectral, % Pureza	Menor a 10	2120 D
Sólidos disueltos, mg/L	220 ± 5	2540 C
Cloruros, mg/L	0,0150 ± 0,0003	4500 Cl- B
Nitratos, mg/L	5,6 ± 0,9	4500 NO <sub>3</sub> C
Sulfatos, mg/L	Menor a 2	4500 SO <sub>4</sub>
Fluoruros <sup>2</sup> , mg/L	Menor a 0,10	4500 F

*Informe # RAR 190927-3*

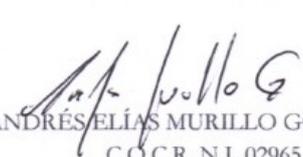
Referencias: Métodos de análisis: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 23ND edition 2017. Muestreo: LAQA-Pc-16 Procedimiento de muestreo de aguas, agua residual y otros. Incertidumbre: LAQA-Pc-08 Procedimiento de cálculo de incertidumbre. Límites máximos: Decreto N°33601-MINAE-S Reglamento de Vertido y Reúso de Agua Residual.

Notas: Análisis realizados por Laboratorio Gaia en sus instalaciones. Permiso de funcionamiento del Ministerio de Salud: 0092-2019, vigencia 08/02/2019 - 08/02/2024. Análisis de potencial de hidrógeno y temperatura realizados en el lugar de muestreo.

Fecha de ejecución de análisis: Inicio: 27/09/2019 Final: 17/10/2019

**\*Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr).** <sup>1</sup> Léase Valor  $\pm$  incertidumbre (Calculada con un factor de cobertura  $K=2$ , para un 95 por ciento de confianza). <sup>2</sup> Análisis realizados por el laboratorio Aqylasa bajo el informe 15102019.

El informe de resultados de ensayo no es válido sin la firma y sello del regente químico. Se prohíbe la reproducción parcial o total del informe.

  
ANDRÉS ELÍAS MURILLO GONZÁLEZ  
C.Q.C.R. N.I. 02965



— Última Línea —

## RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Informe # RAR 190927-2

Fecha del informe: 18 de octubre de 2019.

### Datos del ente generador

Razón Social: Municipalidad de San Isidro de Heredia.

Nombre: Municipalidad de San Isidro de Heredia.

Actividad: Monitoreo de calidad del agua.

Localización: San Isidro, San Isidro, Heredia.

### Datos del muestreo

Fecha: 27 de septiembre del 2019.

Lugar de muestreo: Agua recolectada del río Parasito medio.

Identificación de la sustancia muestreada: MAR 190927-2. Agua superficial.

Tipo de muestreo: Simple\*.

Encargado: Laboratorio Gaia (Técnico: Juan Carlos Álvarez Carvajal).

Condiciones ambientales: Despejado.

Situación especial: Gran cantidad de lluvia del día anterior.

Hora: 8:30

**Tabla 1. Resultados**

Parámetro	Valor <sup>1</sup>	Método de análisis
Potencial de hidrógeno*, pH	7,7 ± 0,1	4500 -H <sup>+</sup> B
Sólidos suspendidos totales*, mg/L	6,2 ± 0,1	2540 D
Sólidos sedimentables*, mL/(L·h)	Menor a 0,01	2540 F
Aceites y grasas, mg/L	Menor a 2	5520 B
Demanda química de oxígeno*, DQO, mg/L	23 ± 1	5220 D
Demanda bioquímica de oxígeno*, DBO <sub>5,20</sub> , mg/L	11,9 ± 0,4	5210 B
Sustancias activas al azul de metileno*, SAAM, mg/L	0,96 ± 0,06	5540 C
Temperatura*, °C	20 ± 2	2550 B
Amonio*, mg/L	Menor a 0,02	4500-NH <sub>3</sub> F
Turbiedad*, UNT	1,30 ± 0,05	2130 B
Oxígeno disuelto, mg/L	4,2 ± 0,1	4500-O G
Color barrido espectral, % Pureza	Menor a 10	2120 D
Sólidos disueltos, mg/L	48 ± 1	2540 C
Cloruros, mg/L	0,0058 ± 0,0002	4500 Cl- B
Nitratos, mg/L	4,0 ± 0,9	4500 NO <sub>3</sub> C
Sulfatos, mg/L	Menor a 2	4500 SO <sub>4</sub>
Fluoruros <sup>2</sup> , mg/L	Menor a 0,10	4500 F

*Informe # RAR 190927-2*

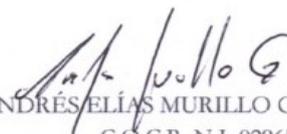
Referencias: Métodos de análisis: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 23ND edition 2017. Muestreo: LAQA-Pc-16 Procedimiento de muestreo de aguas, agua residual y otros. Incertidumbre: LAQA-Pc-08 Procedimiento de cálculo de incertidumbre. Límites máximos: Decreto N°33601-MINAE-S Reglamento de Vertido y Reúso de Agua Residual.

Notas: Análisis realizados por Laboratorio Gaia en sus instalaciones. Permiso de funcionamiento del Ministerio de Salud: 0092-2019, vigencia 08/02/2019 - 08/02/2024. Análisis de potencial de hidrógeno y temperatura realizados en el lugar de muestreo.

Fecha de ejecución de análisis: Inicio: 27/09/2019 Final: 17/10/2019

**\*Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr).** <sup>1</sup> Léase Valor  $\pm$  incertidumbre (Calculada con un factor de cobertura  $K=2$ , para un 95 por ciento de confianza). <sup>2</sup> Análisis realizados por el laboratorio Aqylasa bajo el informe 15102019.

El informe de resultados de ensayo no es válido sin la firma y sello del regente químico. Se prohíbe la reproducción parcial o total del informe.

  
ANDRÉS ELÍAS MURILLO GONZÁLEZ  
C.Q.C.R. N.I. 02965



– Última Línea –

## RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Informe # RAR 190927-1

Fecha del informe: 18 de octubre de 2019.

### Datos del ente generador

Razón Social: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Nombre: Municipalidad de San Isidro de Heredia.  
 Actividad: Monitoreo de calidad del agua.  
 Localización: San Isidro, San Isidro, Heredia.

### Datos del muestreo

Fecha: 27 de septiembre del 2019.  
 Lugar de muestreo: Agua recolectada del río Paraso abajo.  
 Identificación de la sustancia muestreada: MAR 190927-1. Agua superficial.  
 Tipo de muestreo: Simple\*.  
 Encargado: Laboratorio Gaia (Técnico: Juan Carlos Álvarez Carvajal).  
 Condiciones ambientales: Despejado.  
 Situación especial: Gran cantidad de lluvia del día anterior.  
 Hora: 7:40

**Tabla 1. Resultados**

Parámetro	Valor <sup>1</sup>	Método de análisis
Potencial de hidrógeno*, pH	7,8 ± 0,1	4500 -H <sup>+</sup> B
Sólidos suspendidos totales*, mg/L	6,4 ± 0,1	2540 D
Sólidos sedimentables*, mL/(L·h)	Menor a 0,1	2540 F
Aceites y grasas, mg/L	Menor a 2	5520 B
Demanda química de oxígeno*, DQO, mg/L	18 ± 1	5220 D
Demanda bioquímica de oxígeno*, DBO <sub>5,20</sub> , mg/L	8,5 ± 0,3	5210 B
Sustancias activas al azul de metileno*, SAAM, mg/L	Menor a 0,2	5540 C
Temperatura*, °C	18 ± 2	2550 B
Amonio*, mg/L	Menor a 0,02	4500-NH <sub>3</sub> F
Turbiedad*, UNT	2,20 ± 0,05	2130 B
Oxígeno disuelto, mg/L	5,9 ± 0,1	4500-O G
Color barrido espectral, % Pureza	Menor a 10	2120 D
Sólidos disueltos, mg/L	60 ± 1	2540 C
Cloruros, mg/L	0,0040 ± 0,0002	4500 Cl- B
Nitratos, mg/L	1,3 ± 0,9	4500 NO <sub>3</sub> C
Sulfatos, mg/L	Menor a 2	4500 SO <sub>4</sub>
Fluoruros <sup>2</sup> , mg/L	Menor a 0,10	4500 F

*Informe # RAR 190927-1*

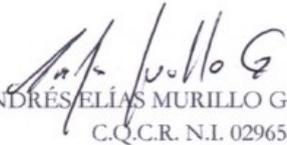
Referencias: Métodos de análisis: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 23ND edition 2017. Muestreo: LAQA-Pc-16 Procedimiento de muestreo de aguas, agua residual y otros. Incertidumbre: LAQA-Pc-08 Procedimiento de cálculo de incertidumbre. Límites máximos: Decreto N°33601-MINAE-S Reglamento de Vertido y Reúso de Agua Residual.

Notas: Análisis realizados por Laboratorio Gaia en sus instalaciones. Permiso de funcionamiento del Ministerio de Salud: 0092-2019, vigencia 08/02/2019 - 08/02/2024. Análisis de potencial de hidrógeno y temperatura realizados en el lugar de muestreo.

Fecha de ejecución de análisis: Inicio: 27/09/2019 Final: 17/10/2019

**\*Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr).** <sup>1</sup> Léase Valor  $\pm$  incertidumbre (Calculada con un factor de cobertura  $K=2$ , para un 95 por ciento de confianza). <sup>2</sup> Análisis realizados por el laboratorio Aqylasa bajo el informe 15102019.

El informe de resultados de ensayo no es válido sin la firma y sello del regente químico. Se prohíbe la reproducción parcial o total del informe.

  
ANDRÉS ELÍAS MURILLO GONZÁLEZ  
C.Q.C.R. N.I. 02965



-- Última Línea --