



# Informe Final de Monitoreo

---

**“Monitoreo de la calidad fisicoquímica de las aguas de río  
y la calidad del aire para el cantón de Belén”**

**Dirección de Área de Aguas  
Dirección de Área de Aire**

**Laboratorio de Análisis Ambiental  
Universidad Nacional**

**Noviembre, 2018**

## Índice de contenido

1. Resumen .....	1
2. Introducción.....	1
3. Marco teórico.....	3
3.1. Calidad de las aguas superficiales .....	3
3.1.1. Fuentes de contaminación de las aguas superficiales .....	3
3.1.2. Parámetros fisicoquímicos para la evaluación de la calidad de las aguas superficiales .....	3
3.2. Calidad del Aire.....	5
3.2.1. Fuentes contaminantes del aire.....	5
4. Metodología.....	10
4.1. Procedimiento de muestreo .....	10
4.1.1. Muestreo de aguas .....	10
4.1.2. Sitios de muestreo en ríos.....	10
4.1.3. Muestreo de aire .....	12
4.1.4. Sitios de muestreo de aire.....	13
4.2. Procedimientos de análisis.....	15
5. Resultados y discusión.....	18
5.1. Calidad de las Aguas Superficiales .....	18
5.1.1. Río Bermúdez.....	19
5.1.2. Río Segundo .....	21
5.1.3. Quebrada Seca .....	24
5.2. Calidad del Aire.....	27
5.3. Conclusiones.....	34
6. Bibliografía.....	35
7. Anexos.....	36

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Velocidades y tiempos de sedimentación de las partículas de acuerdo con su tamaño aerodinámico y tipo de material (Wark, 2010).....	9
Cuadro 2 Sitios de muestreo y codificación de los puntos de muestreo.....	11
Cuadro 3 Programación de muestreos 2011-2018.....	11
Cuadro 4. Límites de detección y cuantificación de los procedimientos de análisis fisicoquímicos de aguas y contaminantes en aire ambiente.....	15
Cuadro 5. Estadísticos descriptivos para la concentración de dióxido de nitrógeno en el cantón de Belén (2012 - 2018).....	30
Cuadro 6. Estadísticos descriptivos para la concentración de partículas menores o iguales a 10 µm en el cantón de Belén (2012 - 2018).....	33

## Índice de Gráficos

Gráfico 1. Resultados promedio para los ríos del cantón de Belén para el periodo 2014-2016.....	18
Gráfico 2. Interpretación de la calidad de las aguas superficiales del Río Bermúdez.....	19
Gráfico 3 Comportamiento de la DBO y DQO en Río Bermúdez para el periodo de monitoreo.....	20
Gráfico 4 Comportamiento del oxígeno disuelto en Río Bermúdez para el periodo de monitoreo.....	20
Gráfico 5 Comportamiento de SST y turbiedad en Río Bermúdez durante el periodo de monitoreo.....	20
Gráfico 6 Comportamiento de los SSed en Río Bermúdez durante el periodo de monitoreo.....	20
Gráfico 7 Comportamiento del amonio en Río Bermúdez para el periodo de monitoreo.....	21
Gráfico 8 Comportamiento de fósforo total y nitrógeno total en Río Bermúdez durante el periodo de monitoreo.....	21
Gráfico 9 Comportamiento de los iones cloruro, sulfato y nitrato en Río Bermúdez para el periodo de monitoreo.....	21
Gráfico 10 Interpretación de la calidad de las aguas superficiales de Río Segundo.....	21
Gráfico 11 Comportamiento de la DBO y DQO en Río Segundo para el periodo de monitoreo.....	23
Gráfico 12 Comportamiento del oxígeno disuelto en Río Segundo durante el periodo de monitoreo.....	23
Gráfico 13 Comportamiento de SST y turbiedad en Río Segundo durante el periodo de monitoreo.....	23
Gráfico 14 Comportamiento de los SSed en Río Segundo durante el periodo de monitoreo.....	23
Gráfico 15 Comportamiento del amonio en Río Segundo durante el periodo de monitoreo.....	23
Gráfico 16 Comportamiento del fósforo total y nitrógeno total en Río Segundo durante el periodo de monitoreo.....	23

Gráfico 17 Comportamiento de los iones cloruro, sulfato y nitrato en Río Segundo durante el periodo de monitoreo .....	24
Gráfico 18 Interpretación de la calidad de las aguas superficiales de Quebrada Seca .....	24
Gráfico 19 Comportamiento de la DBO y DQO en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo .....	25
Gráfico 20 Comportamiento del oxígeno disuelto en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo.....	25
Gráfico 21 Comportamiento de SST y turbiedad en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo .....	26
Gráfico 22 Comportamiento de los SSed en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo .....	26
Gráfico 23 Comportamiento del amonio en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo .....	26
Gráfico 24 Comportamiento del fósforo total y nitrógeno total en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo .....	26
Gráfico 25 Comportamiento de los iones cloruro, sulfato y nitrato en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo.....	26
Gráfico 26. Perfiles de concentración de dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) obtenidas desde enero de 2012 y hasta junio de 2018 en cada uno de los 11 sitios de muestreo que conforman la red de monitoreo de calidad del aire en el cantón de Belén (exceptuando el año 2017).....	27
Gráfico 27. Perfiles de concentración mensual de dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) obtenidas desde enero de 2012 y hasta junio de 2018 para el cantón de Belén (exceptuando el año 2017).....	28
Gráfico 28. Perfil de la concentración anual de dióxido de nitrógeno para el cantón de Belén (exceptuando el año 2017).....	29
Gráfico 29. Perfiles de concentración mensual de partículas menores o iguales a 10 µm (PM-10) obtenidas desde enero de 2012 y hasta junio de 2018 para el cantón de Belén. ....	31
Gráfico 30. Perfil de la concentración anual de partículas menores o iguales a 10 µm (PM-10) para el cantón de Belén.....	32
Gráfico 31. Concentraciones promedio anual de dióxido de nitrógeno y partículas menores o iguales a 10 µm obtenidas para el cantón de Belén entre 2012 y 2018 .....	33

## Índice de Anexos

Anexo 1 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en febrero 2011.....	37
Anexo 2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en abril 2011 .....	38
Anexo 3 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en junio 2011 .....	39
Anexo 4 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en septiembre 2011.....	40
Anexo 5 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2011 .....	41

Anexo 6 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en febrero 2012.....	42
Anexo 7 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en abril 2012.....	43
Anexo 8 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en junio 2012.....	44
Anexo 9 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en agosto 2012.....	45
Anexo 10 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2012.....	46
Anexo 11 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en noviembre 2012...	47
Anexo 12 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en febrero 2013.....	48
Anexo 13 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en abril 2013.....	49
Anexo 14 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en junio 2013.....	50
Anexo 15 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2013.....	51
Anexo 16 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en enero 2014.....	52
Anexo 17 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en febrero 2014.....	53
Anexo 18 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en abril 2014.....	54
Anexo 19 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en agosto 2014.....	55
Anexo 20 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2014.....	56
Anexo 21 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en noviembre 2014...	57
Anexo 22 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en diciembre 2014....	58
Anexo 23 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en junio 2015.....	59
Anexo 24 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en agosto 2015.....	60
Anexo 25 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2015.....	61
Anexo 26 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en agosto 2016.....	62
Anexo 27 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2016.....	63
Anexo 28 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en diciembre 2016....	64
Anexo 29 Resultados de los parámetros fisicoquímicos para los desfogues de Belén para el 2015.....	65
Anexo 30 Resultados de análisis fisicoquímicos de los desfogues de Belén para el 2016 (1).....	67
Anexo 31 Resultados fisicoquímicos de los desfogues de Belén para el 2016 (2).....	68

## **1. Resumen**

Se realizó un monitoreo sobre la calidad del agua superficial de los ríos del cantón de Belén desde el año 2011 hasta el 2016. Se evaluaron 11 puntos de muestreo, ubicados en distintos puntos de las cuencas del Río Bermúdez, Río Segundo y Quebrada Seca. Se encontró que existe una tendencia hacia la disminución de la contaminación de los ríos evaluados en parámetros de DBO y DQO, no obstante, su clasificación según el índice holandés continúa siendo mayoritariamente severa y moderada, manteniendo la contaminación muy severa en rangos cercanos al 10 % durante el 2014, 2015 y 2016. Adicionalmente, se realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de plaguicidas en los puntos de desfuegos de aguas residuales durante el 2015 y 2016, se encontraron incumplimientos en los parámetros de DBO, DQO, SST y SSed y grasas y aceites. Por otra parte, los estudios de calidad del aire contemplan un análisis de los últimos cinco años de monitoreo, durante los cuales se han efectuado muestreos continuos permitiendo determinar la concentración de dióxido de nitrógeno en 11 sitios estratégicos del cantón, incluyendo también un monitoreo continuo orientado a la determinación de la concentración de partículas presentes en el aire ambiente ubicando en el Centro Comercial La Ribera, hacia la parte oeste del cantón.

## **2. Introducción**

Las amenazas sobre recurso hídrico han aumentado considerablemente en los últimos años, tanto a nivel nacional como internacional. La planificación territorial inadecuada y el cambio climático son dos de los principales factores que han influenciado la cantidad y calidad del agua, reduciendo las áreas de recarga acuífera, aumentando los caudales de escorrentía y la descarga de aguas residuales sin tratamiento hacia los cuerpos de agua superficiales, entre muchos otros (Olguín, Gonzalez, Sánchez, Zamora, & Owen, 2010).

De acuerdo con el Decreto 33903: Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficial, las aguas superficiales son aquellas que corresponden manantiales, ríos, quebradas, lagos, lagunas, pantanos y otros cuerpos de agua dulce. La calidad de estas aguas es el resultado de un conjunto de factores, físicos, químicos y biológicos; ya que tanto la morfología de la cuenca hidrográfica como las características hidráulicas del sistema influyen en su composición y comportamiento.

Existen diversas metodologías para evaluar la calidad de las aguas superficiales (Torres, Hernán, & Patiño, 2009). Costa Rica se rige bajo el decreto 33903, antes mencionado, el cual establece los criterios para determinar la calidad de un cuerpo de agua, según los parámetros mencionados y otros. Dentro de los parámetros definidos se encuentran la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos en el agua, las sustancias activas al azul de metileno (SAAM), iones, amonio, oxígeno disuelto (OD), turbiedad, temperatura, pH, y otros.

La descarga de las aguas residuales hacia los cuerpos de agua superficial es la principal fuente de contaminación de estas. En Costa Rica, un 22 % de la población se encuentra conectada a la red de alcantarillado y únicamente un 14 % de las aguas residuales se trata por medio de plantas de tratamiento aproximadamente. No obstante, un 75 % de las viviendas cuentan con un tanque séptico, sin embargo, el uso de esta última metodología puede presentar problemáticas debido a las altas tasas de infiltración que pueden ocasionar contaminación de las aguas subterráneas (Herrera, 2017).

Ante lo anterior, ciertas iniciativas buscan reducir los índices de contaminación de las aguas superficiales. El monitoreo de la calidad de las aguas superficiales es vital importancia para verificar la eficiencia del saneamiento y el estado en el que se encuentren las aguas. Así mismo, es necesario conocer el comportamiento de las aguas a través de la cuenca con el fin de identificar zonas problemáticas y proponer soluciones que mejoren los índices de calidad (Herrera, 2017). De acuerdo con la legislación, las aguas pueden ser clasificadas en cinco clases de acuerdo a los cálculos del Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físico-Química del Agua para cuerpos receptores. Adicionalmente se puede realizar el Índice biológico BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party).

Asimismo, las políticas ambientales y los crecientes compromisos que ha adquirido el país a nivel nacional e internacional, está promoviendo el desarrollo de políticas públicas en pro del ambiente, ya no solo en función de los recursos hídricos, sino también en temas relacionados con la calidad del aire, para lo cual se han realizado importantes esfuerzos, promoviendo la carbono neutralidad, revisando y actualizando diferentes normativas ambientales en procura de alcanzar una reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos, así como intensificar, ampliar y modernizar la red nacional de monitoreo de calidad del aire. Todo esto ha servido de plataforma para que tanto el sector público como privado, unan esfuerzos en busca de un mismo propósito, mejorar la calidad de vida de las personas mediante el mejoramiento de la salud ambiental en general.

En el presente informe se dan a conocer los resultados obtenidos para el monitoreo de los ríos del cantón de Belén (2011 – 2016), así como el comportamiento de los dos contaminantes atmosféricos evaluados a lo largo de los tres distritos que conforman el cantón (2012 – 2018).

### **3. Marco teórico**

#### **3.1. Calidad de las aguas superficiales**

##### **3.1.1. Fuentes de contaminación de las aguas superficiales**

Un curso se considera contaminado cuando la composición o estado de sus aguas ha sido directa o indirectamente modificado por un factor externo, en medida tal que disminuyen las posibilidades de uso para los fines a los que se destine el cuerpo de agua (Stachetti & Moreira, 2007). Dicha contaminación puede provenir de causas naturales asociadas a la geología, microbiología, flora y fauna, condiciones climáticas y otros; no obstante la contaminación antropológica suele ser el principal causante de las modificaciones a la composición de las aguas (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2007).

La descarga de aguas residuales sin tratamiento o bajo tratamiento inadecuado en los cuerpos de agua superficiales es una de las principales fuentes de contaminación. Esta contaminación proviene tanto de aguas residuales ordinarias como especiales, correspondientes a industrias y comercios. La introducción de estas aguas a los cuerpos superficiales genera una cadena de reacciones fisicoquímicas que afectan la calidad de las aguas, la cual debe ser evaluada y monitoreada de forma que se puedan tomar decisiones para el saneamiento de las mismas.

##### **3.1.2. Parámetros fisicoquímicos para la evaluación de la calidad de las aguas superficiales**

La calidad de los cuerpos de agua puede ser evaluada a partir de parámetros físicos, químicos y biológicos. Las variables biológicas suelen indicar a manera general la calidad de las aguas debido a la presencia o ausencia de organismos, no obstante, no se especifican los factores que ocasionan esta situación. Los parámetros más comunes utilizados para la evaluación de la calidad de las aguas superficiales son la DBO, DQO, OD, nitrógeno, nitratos, amonio, fosforo, pH, temperatura, sólidos totales y turbiedad. Al realizar análisis fisicoquímicos de las aguas se recolecta información más amplia y exacta sobre el estado de las aguas, a partir de la cual se facilita el análisis y la toma de decisiones (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2007).

La temperatura es un factor de importancia ya que tiene la capacidad de influenciar el comportamiento de otros parámetros. Estudios realizados en Argentina, mostraron por ejemplo, correlaciones positivas entre la temperatura, la turbiedad y la presencia de zooplancton y fitoplancton. Como regla general, la temperatura es inversamente proporcional a la altitud, por lo que al aumentar la altura, disminuye la temperatura del agua. Este factor influencia la solubilidad de ciertos compuestos químicos, de modo que conforme aumenta la temperatura, aumenta la solubilidad de algunos sólidos y disminuye la solubilidad de los gases como el oxígeno. Adicionalmente, aumentos en la temperatura afectan negativamente los procesos biológicos de ciertas especies acuáticas debido a las presiones sobre el ecosistema y la disminución del OD; así como propiciar el crecimiento de organismos microbiológicos que afectan la potabilidad de las aguas (Alvarez, Rubiños, Ayala, & Acosta, 2008).

La presencia de organismos microbiológicos patógenos en el agua, como coliformes totales o fecales, se puede asociar a procesos naturales ya que proviene de las excretas de distintas especies animales. No obstante una alta concentración de estas puede indicar la contaminación de los cuerpos de agua superficial con aguas residuales sin tratamiento o bien de tratamiento inadecuado, provenientes de tanques sépticos o descargas directas de las aguas residuales al río (Alvarez, Rubiños, Ayala, & Acosta, 2008).

La descarga de aguas residuales también influencia ampliamente las concentraciones de fosforo, fosfatos, sulfatos, nitrito, nitrato y otros compuestos. El nitrógeno en las aguas naturales es necesario para los procesos biológicos de muchas especies, no obstante en altas niveles puede llegar a causar la eutrofización de las aguas. Lo anterior puede generaría un crecimiento de algas y plancton, que llegarían a consumir el oxígeno disuelto en el agua y aumentar la cantidad de materia orgánica en el cuerpo, desestabilizando el ecosistema (Solis, Villalba, Nubes, Del Castillo, & Meraz, 2011).

De manera similar, el fosforo en el agua estimula el crecimiento de algas y plantas acuáticas. No obstante la relación entre el crecimiento de organismos se encuentra principalmente asociada a la presencia de nitrógeno en altas concentraciones. Estos compuestos pueden ser encontrados en el agua en bajas concentraciones naturalmente, no obstante, la influencia de actividades de agricultura y ganadería y la descarga de aguas residuales aportan en gran medida a un aumento en las cantidades de fósforo y nitrógeno en el agua (Solis, Villalba, Nubes, Del Castillo, & Meraz, 2011). Así mismo, la descarga de agentes tensoactivos provenientes de aguas jabonosas

Los compuestos mencionados anteriormente suelen encontrarse adheridos a los distintos sólidos presentes en el agua. Algunos de estos sedimentos son inorgánicos, provenientes de la erosión del suelo, y otros son de tipo orgánico como restos de plantas, algas, zooplancton, ácidos flúvicos y húmicos y otros. En adición a las fuentes naturales, las actividades antropogénicas generan una alta carga de sólidos y contaminantes químicos que promueven la turbidez del agua, incluyendo sustancias peligrosas como metales pesados, organoclorados y otros. La turbidez tiene una gran importancia sanitaria, ya que refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, por lo que puede ser indicio de contaminación. Esta se genera cuando partículas y sólidos tienen un que les permite permanecer en suspensión, mientras que aquellas cuyo tamaño es mayor a 1  $\mu\text{m}$  sedimentan inmediatamente (Marcó, Azario, Metzler, C, & García, 2004). Por lo anterior, la turbiedad se encuentra altamente relacionada a los sólidos suspendidos (SST) y a la concentración de sólidos sedimentables.

Las cantidades de sólidos en el agua varían según varios las condiciones climáticas y la morfología de los cuerpos de agua. Los cambios en la carga orgánica, nutrientes y temperaturas conllevan de la misma forma a un cambio en la DBO, bajo una correlación positiva entre estos. Este último parámetro depende de la cantidad de materia orgánica en las aguas y por tanto los organismos requieren consumir una mayor cantidad de oxígeno para degradar la carga que se encuentre en el agua. La DBO por lo tanto, es un indicador directo de la carga orgánica que se

presenta en las aguas, la cual incluye sólidos, excretas, lípidos, agentes tensoactivos, hidrocarburos y otros compuestos similares (Alvarez, Rubiños, Ayala, & Acosta, 2008).

Similarmente, la DQO, señala la cantidad de oxígeno necesaria para degradar tanto la materia orgánica como inorgánica, por lo que existe una amplia relación entre la DBO y la DQO. El valor de la DQO siempre será superior a la DBO ya que muchas sustancias no pueden ser degradadas por procesos biológicos pero sí por medios químicos naturales. Ambas variables se relacionan con las cantidades de oxígeno disuelto en el agua. Considerando que estas variables representan la cantidad de oxidación de ciertos compuestos en el agua la DBO es un indicador claro de la contaminación por materia orgánica, y la DQO de la materia inorgánica (Rivera, Encina, F, Muñoz, & Mejías, 2004).

A partir de los anterior, se observa que el oxígeno disuelto es un parámetro de gran influencia para el monitoreo y control de las contaminantes que afecten el balance de oxígeno en el sistema. Este parámetro se relaciona con los procesos de aireación y respiración; depende de la turbulencia, la temperatura, presión, salinidad y composición del agua. Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto son el principal factor que limita la capacidad de purificación de las aguas naturales (Alvarez, y otros, 2006).

Finalmente, el pH del agua al igual que la temperatura cuenta con la capacidad de influenciar una alta cantidad de parámetros. Este depende el equilibrio carbónico entre la solubilización del dióxido de carbono y su transformación en carbonatos y bicarbonatos que alteran la alcalinidad del agua (Alvarez, y otros, 2006). Esta característica tiende a influenciar la capacidad de la biomasa en el agua de adsorber metales (bisorción), al afectar la disponibilidad de iones metálicos en el sistema (Navarro, Ramos, Campos, & Maldodano, 2006).

Adicionalmente a los parámetros mencionados anteriormente se pueden medir otros factores según la metodología utilizada o el conocimiento adquirido para una cuenca. Estos otros factores pueden ser los metales, color, conductividad, alcalinidad, carbono orgánico total, dureza, trihalometanos y otros. En cualquier tipo de monitoreo y evaluación de la calidad de las aguas, se debe realizar tomando en cuenta los usos del agua y los objetivos por los cuales se desea analizar su calidad. Es necesario tomar un enfoque integral que garantice la identificación de las relaciones entre los factores y facilite la toma de decisiones a partir de la evidencia recolectada.

## **3.2. Calidad del Aire**

### **3.2.1. Fuentes contaminantes del aire**

Los contaminantes atmosféricos provienen de una gran variedad de fuentes, estas pueden ser de origen natural, biogénicas (bosques, animales, lagos, volcanes, etc.), o productos de las actividades humanas, antropogénicas. Asimismo, las fuentes de contaminación pueden clasificarse de acuerdo con su naturaleza como fuentes de área,

fuentes móviles o fuentes fijas. Es ampliamente conocido que el mayor aporte de contaminantes deriva del desarrollo industrial desenfrenado y muchas veces desmedido, por ejemplo se estima que más del 90% de los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) emitidos a la atmósfera provienen directamente del uso de combustibles fósiles, donde cerca de un 40% está relacionado con el sector transporte y alrededor de un 55% se asocia al consumo de combustibles en fuentes estacionarias (Wark, 2010).

Además de los óxidos de nitrógeno y muchos otros contaminantes, las partículas conforman una parte importante de ese coctel de contaminación producido por el ser humano. Si bien es cierto las partículas tan sólo representan alrededor del 10% de los contaminantes presentes en el aire, sus efectos representan un alto riesgo para la salud ambiental en general, personas, animales, plantas y estructuras. Por ejemplo, las partículas repercuten directamente en las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera, reducen la visibilidad, ocasionan un aumento en la posibilidad de precipitaciones, generación de niebla y formación de nubes, reduce la radiación solar incidiendo en la temperatura ambiental y en las tasas biológicas de crecimiento de las plantas, sin obviar el impacto ocasionado al entorno social producto de las enfermedades posiblemente ocasionadas o impulsadas por dichas partículas, como el aumento de visitas a centros de salud por dolencias de índole respiratoria y cardíaca principalmente, así como la contaminación visual y el deterioro de las estructuras. Además, se ha confirmado que la exposición a partículas en combinación con otros contaminantes como el  $\text{SO}_2$  produce un mayor deterioro a la salud que la exposición separada de cada contaminante. (Wark, 2010)

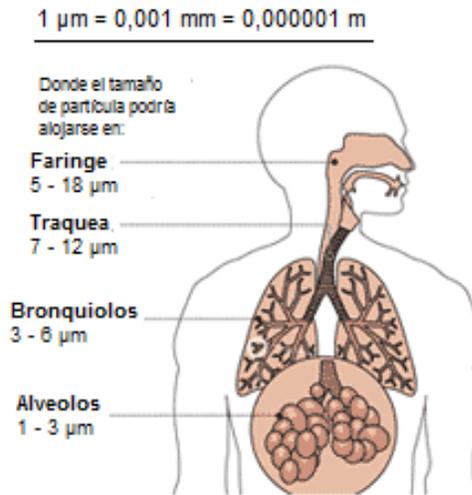
Un efecto importante sobre los recursos naturales que se genera debido a estos contaminantes es la lluvia ácida, la cual se da por la interacción química entre el  $\text{SO}_2$  y el  $\text{NO}_2$  con gotas de lluvia y el agua contenida en las nubes, formando aerosoles ácidos y depositándose así en la superficie del suelo y masas de agua. Este fenómeno ha ido en aumento desde el año 1940 debido al creciente consumo de combustibles fósiles de los países industrializados y entre sus efectos destacan la acidificación de fuentes naturales de agua, lo que genera pérdida de vida acuática y riqueza del ecosistema, así como la lixiviación de los nutrientes del suelo, ocasionando pérdida de productividad en cosechas y bosques cambiando la vegetación natural de un medio. (Wark, 2010)

La magnitud del problema en cada una de las áreas anteriores está en función del rango del tamaño de las partículas presentes en el aire, así como de la concentración y la composición química y física de las mismas. Las partículas arrastradas por el aire pueden ser químicamente inertes o químicamente activas, incluso aquellas que son químicamente inertes por sí solas, podrían sufrir alteraciones físicas y/o químicas en la atmósfera que las transforman en material químicamente activo, ocasionando daños sobre superficies pintadas, ropa y superficies estructurales, produciendo deterioros químicos directos ya sea por la corrosividad intrínseca, asociada a la naturaleza de las mismas, o bien, por la acción de sustancias químicas corrosivas adsorbidas o absorbidas en éstas. (Wark, 2010)

El conocimiento del efecto de las partículas sobre la vegetación es limitado, sin embargo, *“se ha observado que partículas que contienen fluoruro en su composición tienen la capacidad de causar daños en las plantas, algo similar ocurre con partículas que contienen óxido de magnesio, las cuales inhiben parcialmente el crecimiento de algunos cultivos agrícolas. Por otra parte, se ha evidenciado que los animales pueden sufrir consecuencias al ingerir plantas cubiertas por material particulado (Wark, 2010), el cual actúa como vehículo para el transporte de compuestos tóxicos que una vez dentro del organismo del animal puede ser absorbido ocasionando padecimientos crónicos o agudos dependiendo de las concentraciones a las que fueron expuestos”*.

El tamaño de la partícula es una de las principales propiedades físicas a tomar en cuenta para entender su comportamiento en la atmósfera y sus posibles impactos a la salud ambiental. Entre más pequeñas sea la partícula, mayor es el riesgo de que sobrepase las barreras naturales de protección. Para poner esto en contexto, considérese que el grosor de un cabello humano es de aproximadamente 75  $\mu\text{m}$ , una partícula con este tamaño se categoriza como una partícula relativamente grande, la cual se clasifica incluso dentro de los que se conoce como partículas suspendidas totales (PST) las cuales poseen un diámetro aerodinámico menor o igual a 100  $\mu\text{m}$ . Existe otra clasificación que es la de las partículas con diámetros aerodinámicos menores o iguales 10  $\mu\text{m}$ , también conocidas como PM-10, en incluso la clasificación va mucho más allá dentro de las que se incluyen las PM-2.5, las PM-1 y así sucesivamente en función de su diámetro aerodinámico el cual está definido como el tamaño que posee una partícula con una densidad de 1  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Así, se puede entender que una partícula del tipo PM-10 o PM-2.5 posee un tamaño entre 7,5 y 30 veces menor al de un cabello humano promedio, en consecuencia, dicha partícula va a

ser mucho más ligera y va a tener la capacidad de recorrer mayores distancias y sobrepasar las barreras naturales de las fosas nasales pudiendo llegar en el peor de los casos hasta los alveolos pulmonares o incluso hasta el torrente sanguíneo, tal y como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1. Distribución del tamaño de partícula al entrar al sistema respiratorio humano. (Latinoamericana, 2018)**

También es importante contextualizar el tipo de partícula en función de la actividad que les da origen, así como en términos de su velocidad de sedimentación, ya que esta última característica influye directamente en su tiempo de residencia en la atmósfera, así como en su capacidad de transportarse. En general se conoce que las partículas arrastradas por el aire varían su tamaño desde 0,001  $\mu\text{m}$  hasta 500  $\mu\text{m}$  aproximadamente, siendo la fracción entre 0,1  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$  la de mayor masa en la atmósfera (Wark, 2010). Las partículas mayores a 1  $\mu\text{m}$ , pero menores a 20  $\mu\text{m}$  tienden a ser fácilmente arrastradas por la corriente de los vientos, mientras que las partículas mayores a 20  $\mu\text{m}$  por lo general poseen significativas velocidades de sedimentación, siendo arrastradas por períodos relativamente cortos, tal y como se observa en el .

Cuadro 1.

**Cuadro 1. Velocidades y tiempos de sedimentación de las partículas de acuerdo con su tamaño aerodinámico y tipo de material (Wark, 2010)**

<b>Tamaño de partícula (µm)</b>	<b>Velocidad de sedimentación (cm·s-1)</b>	<b>Tiempo de sedimentación para una altura de 100 m</b>	<b>Tipo de material particulado</b>
<b>0,1</b>	4 x 10-5	7 – 8 años	Polvo atmosférico Polvos y vapores metalúrgicos Humo de cigarro Negro de humo Combustión
<b>1</b>	4 x 10-3	28 – 30 días	Polvo atmosférico Polvos y vapores metalúrgicos Polvo de cemento
<b>10</b>	0,3	9 – 10 h	Polvo atmosférico Polvos y vapores metalúrgicos Polvo de cemento
<b>100</b>	30	5 – 6 min	Polvos y vapores metalúrgicos Polvo de cemento Polvo de graba

Los contaminantes en la atmósfera sufren una serie de alteraciones químicas y físicas al entrar en contacto con otras sustancias, o por el simple hecho de ser afectada por los procesos fotoquímicos y atmosféricos que tienen lugar en nuestro planeta. Así, los contaminantes no solo sufren transformaciones, sino que muchas veces son removidos por procesos naturales, tales como la deposición seca y la deposición húmeda. Estos fenómenos son los últimos caminos por los cuales los gases traza y las partículas son removidos o eliminados de la atmósfera.

Para la eliminación de alguna especie en particular hay algunos factores influyentes como lo son: si la sustancia está presente de forma gaseosa o particulada, la solubilidad en agua, el promedio de precipitación en la región, el tipo de terreno y de cobertura del suelo. En definición, la deposición seca es el transporte de partículas y gases desde la atmósfera hasta la superficie de la tierra en ausencia de precipitación; en este proceso predomina el nivel

de turbulencia atmosférica presente ya que define el rango con el cual las partículas descenderán al suelo especialmente en las capas más cercanas al suelo, así como también influyen las propiedades químicas de cada especie química y la naturaleza de la superficie terrestre en sí. El desempeño de captura del contaminante al suelo dependerá del estado de la materia en que se encuentre; por ejemplo, para los gases la solubilidad y la reactividad química mientras que para las partículas influirá el tamaño, densidad y forma. (Seinfeld, 2006)

Por otra parte, la deposición húmeda se refiere al proceso natural por el cual los hidrometeoros atmosféricos como las nubes, gotas de lluvia y neblina llevan a cabo la captura y el barrido del material para después brindarlo a la superficie de la tierra. El proceso puede suceder de diferentes formas dependiendo del hidrometeoro pero en cada caso suceden tres pasos, primero las especies deberán ser traídas en presencia de un condensado de agua, después ser lavadas por el agente hidrometeoro y por último ser entregado a la superficie terrestre. (Seinfeld, 2006)

## **4. Metodología**

### **4.1. Procedimiento de muestreo**

#### **4.1.1. Muestreo de aguas**

El muestreo de aguas se realizó de acuerdo con el procedimiento PRT-012 Muestreo de aguas, modificado por el laboratorio, basado en lo establecido para la recolección de muestras en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. En cada uno de los sitios de muestreo, se tomaron muestras simples, a 15 cm de profundidad con respecto a la superficie, sumergiendo en envase sellado y abriéndolo por debajo del agua. La información correspondiente a la muestra se anotó en el plan de muestreo PRT-012 R-01

Las botellas utilizadas en la toma de muestras fueron de polietileno de alta densidad. En el caso de las muestras para análisis de metales el envase fue previamente tratado con ácido nítrico al 10 %. Así mismo, las muestras de grasas y aceites se recolectaron en frascos de vidrio, y las muestras microbiológicas se tomaron en contenedores esterilizados. La información correspondiente a los análisis se anotó en cada uno de los registros correspondientes al método de ensayo ejecutado.

#### **4.1.2. Sitios de muestreo en ríos**

**La toma de muestras se realizó en los 11 sitios mostrados a continuación en el**

Cuadro 2, con excepción de las primeras dos campañas del 2011 donde se recolectaron 10 muestras, excluyendo la muestra en el Puente Los Golfistas en la primera campaña, y el Puente Ojo de Agua en la segunda campaña del 2011.

A partir del 2013 se sustituyó el punto de muestreo en el Puente La Amistad por el Puente Tribu en Quebrada Seca. De la misma forma en el 2016 se sustituyó la muestra del Puente Ojo de Agua por el Puente Casona del pollo en Río Segundo.

Las campañas de muestreo para cada año se realizaron de acuerdo con la programación mostrada en el Cuadro 3.

**Cuadro 2 Sitios de muestreo y codificación de los puntos de muestreo**

<b>Sitio de muestreo</b>	<b>Código</b>
<b>Quebrada Seca Puente HP</b>	R-01
<b>Río Segundo Puente Cervecería</b>	R-02
<b>Quebrada Seca Puente Unilever</b>	R-03
<b>Quebrada Seca Helados Sorbetera</b>	R-04
<b>Río Segundo Puente Ojo de Agua</b>	R-05
<b>Quebrada Seca Puente La Amistad</b>	R-06
<b>Río Bermúdez Puente Radial</b>	R-07
<b>Río Bermúdez Puente Pekiss</b>	R-08
<b>Río Bermúdez Kimberly Clark</b>	R-09
<b>Río Bermúdez Calle Tilianos</b>	R-10
<b>Río Bermúdez Puente los Golfistas</b>	R-11
<b>Río Segundo Casona del Pollo (2016 en adelante)</b>	R-12
<b>Quebrada Seca Puente Tribu (2013 en adelante)</b>	R-13
<b>Quebrada Seca Belén Centro</b>	R-14

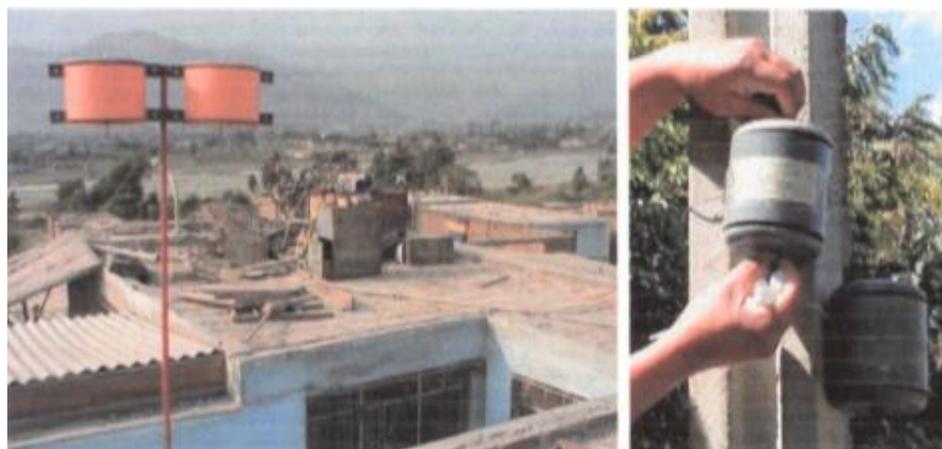
**Cuadro 3 Programación de muestreos 2011-2018**

<b>Año</b>	<b>I Campaña</b>	<b>II Campaña</b>	<b>III Campaña</b>	<b>IV Campaña</b>	<b>V Campaña</b>	<b>VI Campaña</b>
<b>2011</b>	Febrero	Abril	Junio	Septiembre	Octubre	-
<b>2012</b>	Febrero	Abril	Junio	Agosto	Octubre	Noviembre

<b>2013</b>	Febrero	Abril	Junio	Octubre	-	-
<b>2014</b>	Enero	Febrero	Abril	Agosto	Octubre	Noviembre
<b>2015</b>	Junio	Agosto	Octubre	-	-	-
<b>2016</b>	Agosto	Octubre	Diciembre	-	-	-

#### 4.1.3. Muestreo de aire

El monitoreo de dióxido de nitrógeno se llevó a cabo en 11 puntos estratégicos a lo largo de los tres distritos que conforman el cantón de Belén. Dicho monitoreo se llevó a cabo por la técnica de tubos de difusión pasiva, cuyo principio se basa en la adsorción del contaminante, para el caso específico del dióxido de nitrógeno sobre mallas previamente tratadas con una disolución absorbente apropiada, para posteriormente ser analizadas por espectrofotometría visible. Los muestreos fueron efectuados por periodos de aproximadamente 21 días continuos para permitir la acumulación de los contaminantes en los sistemas de captura, similares a los que se muestran en la Figura 2.



**Figura 2. Diagrama de los contenedores para la ubicación de tubos de difusión pasivos**

La determinación de la concentración de material particulado en aire ambiente, específicamente partículas con un diámetro aerodinámico menor o igual a  $10\ \mu\text{m}$  (PM-10), se llevó por medio de la implementación de muestreadores de alto volumen, una técnica que está basada en el principio del método gravimétrico, y apegándose a la metodología de referencia aportada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés). Estos equipos tienen la capacidad de hacer pasar una muestra de aire a través de filtros especiales según las características técnicas requeridas, en este caso en particular se utilizaron filtros de membrana de fibra de vidrio y filtros de membrana de cuarzo. Las muestras fueron tomadas a un flujo de aproximadamente  $1,13 \pm 10\% \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , y por períodos de  $24 \pm 1$  hora de acuerdo con lo que establece el método de referencia. En la Figura 3 se da a conocer el equipo utilizado para la toma de las muestras que permitieron la determinación de la concentración de partículas en aire ambiente.



**Figura 3. Diagrama esquemático de un muestreador de alto volumen para la determinación de partículas PM-10**

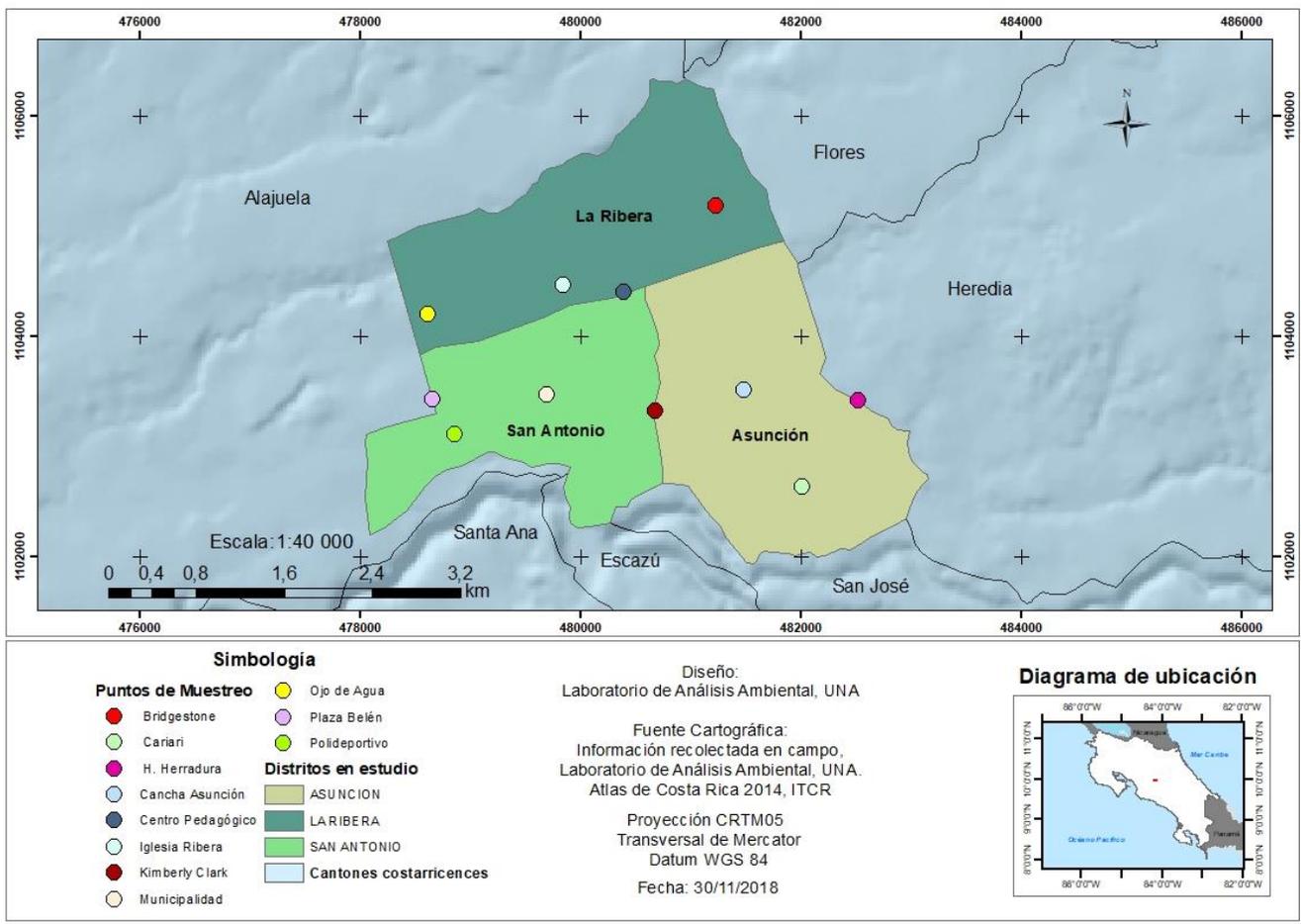
#### 4.1.4. Sitios de muestreo de aire

Como ya se mencionó, el monitoreo de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) se llevó a cabo en 11 puntos a lo largo de los tres distritos que constituyen el cantón de Belén (San Antonio, La Asunción y La Ribera). La selección de los sitios se llevó a cabo de manera conjunta entre la Municipalidad de Belén y el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, tomando en consideración zonas estratégicas en donde quedarán contempladas tanto zonas industriales y zonas urbanas de alto impacto para el cantón.

El punto de muestro para la evaluación del comportamiento de la concentración de partículas en el aire se ubicó en el Centro Comercial La Ribera (CCLR), esto bajo dos premisas principalmente: (1) esta es una zona híbrida (urbano – industrial) de importancia estratégica ya que se ubica hacia la parte oeste del cantón sin salirse por completo del anillo central, lo que le confiere relevancia con el propósito de evaluar la calidad del aire “saliente”

debido a la predominancia que mantienen los vientos en el Valle Central del país. (2) la posibilidad de colocar el equipo dentro de las instalaciones del CCLR, también fue un aspecto importante ya que esto permitió cubrir tres aspectos básicos que son indispensables para la colocación del equipo: seguridad, disponibilidad de corriente eléctrica, fácil acceso.

En la **Figura 4** se muestra la distribución de los puntos de monitoreo de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y partículas en el cantón. Se puede notar que la distribución de los puntos fue bastante oportuna en términos de influencia de las posibles fuentes de contaminación presentes en cada una de las diferentes áreas seleccionadas.



**Figura 4. Puntos de muestreo para la determinación de la calidad del aire en el cantón de Belén**

## 4.2. Procedimientos de análisis

Los procedimientos fisicoquímicos utilizados para el análisis de las muestras de agua, así como las muestras de contaminantes en aire ambiente, se muestran en el Cuadro 4, han sido modificados por el laboratorio, basado en lo establecido por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Aquellos con un asterisco (\*) son ensayos acreditados ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA), bajo la norma ISO 17025:2005; cuyo alcance puede ser verificado en la página web del ECA. Los procedimientos identificados con dos asteriscos (\*\*) no se encuentran acreditados.

**Cuadro 4. Límites de detección y cuantificación de los procedimientos de análisis fisicoquímicos de aguas y contaminantes en aire ambiente**

Matriz	Procedimiento	Límite de detección y cuantificación	Referencia
Ríos y desfogues	*PMA-005: DBO (Respirométrico)	LD:NA LC: 1 mg/l	SMEWW: 5210 D; Respirométrico
Ríos y desfogues	*PMA-005: DBO	LD:NA LC: 0,1 mg/l	SMEWW: 5210 B; Electrodo
Ríos	*PMA-007: Cloruro	LD: 0,2 mg/l LC: 0,2 mg/l	SMEWW: 4110 B; Cromatografía de Iones
Ríos	*PMA-007: Sulfato	LD: 0,3 mg/l LC: 0,3 mg/l	SMEWW: 2120 B; Cromatografía de Iones
Ríos	*PMA-007: Nitrato	LD: 0,09 mg/l LC: 0,1 mg/l	SMEWW: 4110 B; Cromatografía de Iones
Ríos y desfogues	*PMA-010: pH	(4– 10) Unidades de pH	SMEWW: 4500-H <sup>+</sup> B; Electrométrico
Ríos	*PMA-012: Nitrito	LD: 2 µg/l LC: 5 µg/l	SMEWW: 4500 NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ; Espectrofotometría UV-Vis
Ríos	*PMA-013: Fósforo Total	LD: 0,4 mg/l LC: 0,5 mg/l	SMEWW: 4500-P C. Espectrofotometría UV-Vis
Ríos y desfogues	*PMA-014: DQO Total	LD: 5 mg/l LC: 18 mg/l	SMEWW: 5220 D; Espectrofotometría UV-Vis
Ríos y desfogues	*PMA-014: DQO Soluble	LD: 5 mg/l LC: 18 mg/l	SMEWW: 5220 D; Espectrofotometría UV-Vis
Ríos	*PMA-016: Turbiedad	(1 – 1000) NTU	SMEWW: 2130 B; Nefelométrico
Desfogues	**PMA-017: Sulfito	LD: NA LC: 0,3 mg/l	SMEWW: 4500-(SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) B; Volumétrico
Ríos y desfogues	*PMA-018: Temperatura	(15 – 50) °C	SMEWW: 2550
Ríos y desfogues	*PMA-019: Sólidos Suspendidos	LD: 3,4 mg/l LC: 6,0 mg/l	SMEWW: 2540 D; Gravimétrico
Ríos y desfogues	*PMA-020: Sólidos Sedimentables	LD: NA LC: 0,1 ml/l	SMEWW: 2540 F
Desfogues	*PMA-021: Grasas y Aceites	LD: 2,9 mg/l LC: 5,0 mg/l	SMEWW: 5520 B; Gravimétrico
Ríos y desfogues	*PMA-028: SAAM	LD: 0,02 mg/l LC: 0,06 mg/l	SMEWW: 5540 C; Espectrofotometría UV-Vis

<b>Matriz</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Límite de detección y cuantificación</b>	<b>Referencia</b>
<b>Ríos</b>	*PMA-030: Amonio	LD: 4 µg/l LC: 16 µg/l	SMEWW: 4500-NH <sub>3</sub> F. Espectrofotometría UV-Vis
<b>Ríos</b>	*PMA-036: Potasio	LD: 0,1 mg/l LC: 0,2 mg/l	SMEWW: 3111 B; Espectrofotometría Absorción atómica por llama (FAAS)
<b>Ríos</b>	*PMA-036: Sodio	LD: 0,02 mg/l LC: 0,07 mg/l	SMEWW: 3111 B; Espectrofotometría Absorción atómica por llama (FAAS)
<b>Ríos</b>	*PMA-036: Calcio	LD: 0,01 mg/l LC: 0,2 mg/l	SMEWW: 3111 B; Espectrofotometría Absorción atómica por llama (FAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Zinc	LD: 0,06 mg/l LC: 0,1 mg/l	SMEWW: 3111 B; Espectrofotometría Absorción atómica por llama (FAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Aluminio	LD: 0,9 µg/l LC: 2 µg/l	SMEWW: 3113 B; Espectrofotometría Absorción atómica por horno (GFAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Cromo	LD: 3 µg/l LC: 4 µg/l	SMEWW: 3113 B; Absorción atómica por horno (GFAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Cromo	LD: 0,1 mg/l LC: 0,3 mg/l	SMEWW: 3111 B; Espectrofotometría Absorción atómica por llama (FAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Cobre	LD: 0,7 µg/l LC: 0,9 µg/l	SMEWW: 3113 B; Absorción atómica por horno (GFAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Cobre	LD: 0,04 mg/l LC: 1 mg/l	SMEWW: 3111 B; Espectrofotometría Absorción atómica por llama (FAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Cobalto	LD: 2 µg/l LC: 3 µg/l	SMEWW: 3113 B; Espectrofotometría Absorción atómica por horno (GFAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Cadmio	LD: 0,8 µg/l LC: 2 µg/l	SMEWW: 3113 B; Espectrofotometría Absorción atómica por horno (GFAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Arsénico	LD: 1 µg/l LC: 3 µg/l	SMEWW: 3113 B; Espectrofotometría Absorción atómica por horno (GFAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Plomo	LD: 2 µg/l LC: 4 µg/l	SMEWW: 3113 B; Espectrofotometría Absorción atómica por horno (GFAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Manganeseo	LD: 2 µg/l LC: 2 µg/l	SMEWW: 3113 B; Absorción atómica por horno (GFAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Manganeseo	LD: 0,1 mg/l LC: 0,3 mg/l	SMEWW: 3111 B; Espectrofotometría Absorción atómica por llama (FAAS)
<b>Ríos y desfogues</b>	*PMA-036: Níquel	LD: 0,9 µg/l LC: 1 µg/l	SMEWW: 3113 B; Espectrofotometría Absorción atómica por horno (GFAAS)
<b>Desfogues</b>	*PMA-036: Hierro	LD: 1 µg/l LC: 2 µg/l	SMEWW: 3113 B; Absorción atómica por horno (GFAAS)

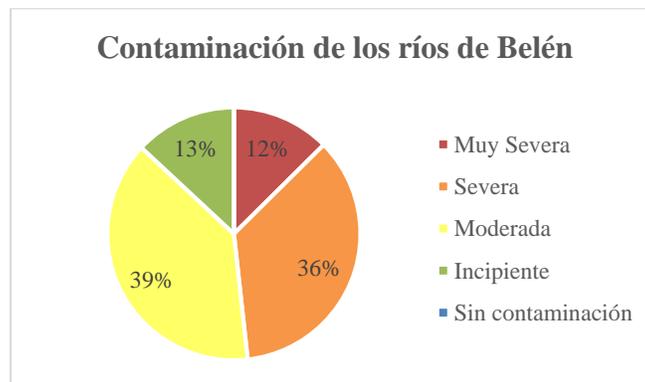
<b>Matriz</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Límite de detección y cuantificación</b>	<b>Referencia</b>
<b>Desfogues</b>	*PMA-036: Hierro	LD: 0,1 mg/l LC: 0,2 mg/l	SMEWW: 3111 B; Espectrofotometría Absorción atómica por llama (FAAS)
<b>Ríos</b>	**PMA-039: Oxígeno Disuelto	(0-100) %	SMEWW: 4500 O-C; Oxígeno disuelto
<b>Ríos</b>	*PMA-054: Hidrocarburos Totales	LD: 2,9 mg/l LC: 5,0 mg/l	SMEWW: 5520 F y 5520 B; Gravimetría
<b>Desfogues</b>	*PMA-053: Fenol	LD: 0,06 mg/l LC: 0,2 mg/l	SMEWW: 5530 A, 5530 B y 5530 D; Espectrofotometría UV-Vis
<b>Ríos</b>	*PMA-055: Nitrógeno Total	LD: 2 mg/l LC: 9 mg/l	SMEWW-APHA-AWWA-WEF:4500N C; Espectrofotometría UV-Vis
<b>Desfogues</b>	Mercurio		Ensayo subcontratado
<b>Desfogues</b>	Coliformes fecales		Ensayo subcontratado
<b>Desfogues</b>	Nemátodos		Ensayo subcontratado
<b>Desfogues</b>	Sumatoria de organoclorados		Ensayo subcontratado
<b>Desfogues</b>	Sumatoria de organofosforados		Ensayo subcontratado
<b>Desfogues</b>	Sumatoria de carbamatos		Ensayo subcontratado
<b>Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	*PMA-023: Determinación de dióxido de nitrógeno en aire ambiente por difusión pasiva	LD: 0,8 µg/m <sup>3</sup> LC: 2,0 µg/m <sup>3</sup>	Método desarrollado por el laboratorio; Espectrofotometría UV-Vis
<b>Partículas menores o iguales a 10 µm (PM-10)</b>	*PMA-022: Determinación de partículas menores o iguales a 10 µm (PM-10) en aire ambiente	LD: 6,1 µg/m <sup>3</sup> LC: 10 µg/m <sup>3</sup>	Modificado a partir de: Code of Federal Regulations, EPA, Title 40, part 50, appendix M, 2000; Gravimetría Conforme al Reglamento Calidad de Aire para contaminantes Criterio N°39951-S

## 5. Resultados y discusión

Tras el muestreo y análisis de las muestras, se ingresaron los resultados en bases de datos para el procesamiento y análisis estadístico de estos. Para las muestras de aguas, se realizó el cálculo del índice holandés para cada uno de los sitios tal y como lo dicta la reglamentación nacional. Para los resultados de los contaminantes atmosféricos, se realizó un análisis de la variabilidad temporal y espacial con el objetivo de dar a conocer los perfiles de concentración obtenidos a lo largo de los seis años de monitoreo.

### 5.1. Calidad de las Aguas Superficiales

Tras el análisis de los datos para cada río, se calculó el índice holandés para cada punto de muestreo y se calculó el porcentaje que representaba cada clasificación en el río. Si bien el monitoreo inició en el 2011, este cálculo se pudo realizar únicamente del 2014 en adelante, ya que anteriormente no se medía el porcentaje de saturación ni el oxígeno disuelto en las aguas. En el Gráfico 1 se muestran los resultados promedio obtenidos para el periodo 2014-2016, en las siguientes secciones se muestran las variaciones en la contaminación de las aguas para cada río y sus resultados del Índice Holandés, los cuales se compararon posteriormente con los resultados de los parámetros fisicoquímicos medidos.

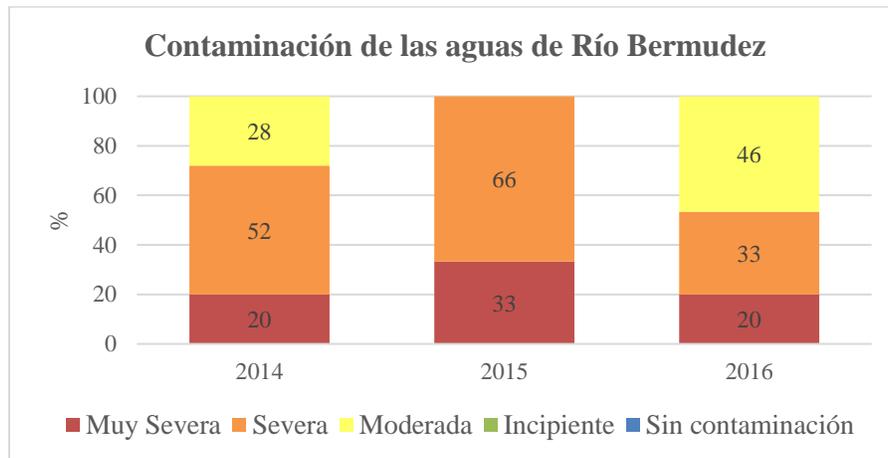


**Gráfico 1. Resultados promedio para los ríos del cantón de Belén para el periodo 2014-2016**

Con respecto a los desfuegos, se observaron incumplimientos en los parámetros de DBO, DQO, SST, SSed y Grasas y Aceites. Los resultados obtenidos para cada sitio de muestreo, en ríos y desfuegos durante las campañas definidas en la metodología se muestran en los Anexos.

### 5.1.1. Río Bermúdez

La contaminación del Río Bermúdez ha variado considerablemente a través del tiempo. De acuerdo con el Índice Holandés, en el 2015 las aguas se clasificaron como de contaminación Muy Severa y Severa, aumentando un 13% y 14 % respectivamente, en relación al 2014. No obstante, para el 2016 la contaminación se reduce y la cantidad de aguas moderadamente contaminadas aumenta a un 46 %, y disminuye la cantidad de contaminación severa en un 33 % y muy severa en un 13 %, como se muestra en el Gráfico 2.



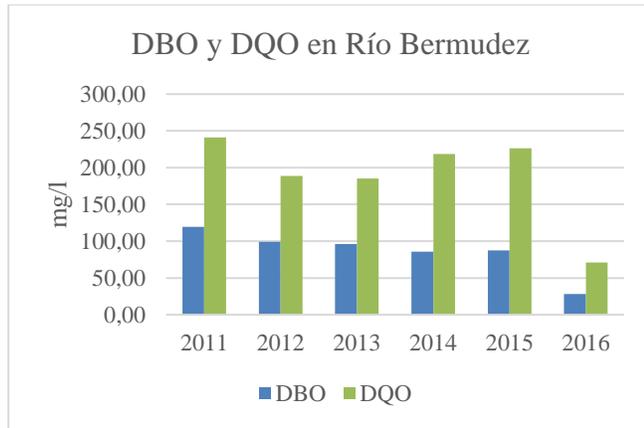
**Gráfico 2. Interpretación de la calidad de las aguas superficiales del Río Bermúdez**

Si bien la contaminación del Río Bermúdez se encuentra en rangos de Moderada a Muy Severa, esta ha disminuido durante el periodo 2011-2016. Lo anterior, se explica con el comportamiento de la DBO y la DQO medida para este río. Con respecto a estos parámetros se observa un cambio considerable durante todo el periodo de monitoreo, donde el resultado promedio de la DBO se redujo de 119 mg/l en el 2011 a 35 mg/l en el 2016, la DQO de 241 mg/l a 82 mg/l y el oxígeno disuelto aumento de 0,84 mg/l a 5,7 mg/l respectivamente en el mismo periodo. Adicionalmente, se observa que los sólidos sedimentables y suspendidos también han disminuido sus concentraciones a través de los años. Lo anterior se relaciona al comportamiento observado para la turbidez, la DBO y el O<sub>2</sub> disuelto para este mismo río.

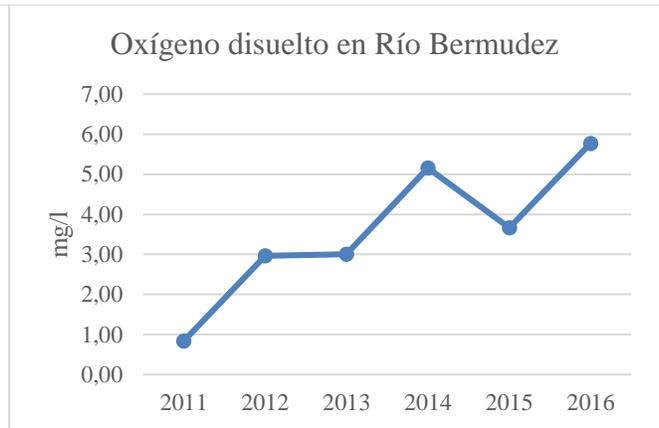
No obstante, la DQO se encontraba en aumento, hasta el 2016, cuando se redujo drásticamente. Este cambio puede responder a un evento específico o bien a los meses en las que se realizaron los muestreos durante el 2016, ya que estos fueron únicamente durante la época lluviosa. Así mismo, el comportamiento de la DQO, se ve relacionado con la presencia de iones, y materia inorgánica en los ríos.

Paralelamente, se muestra que compuestos como el fósforo total, nitrógeno total, amonio, nitrato, cloruro y sulfato no presentan claras tendencias, y cada año su concentración varía. Especialmente en el periodo 2014-2016 se observaron amplias variaciones en las concentraciones de cloruro, sulfato, fósforo y nitrógeno total; aumentando en el 2015, año en el cual la contaminación se clasificó como Severa y Muy Severa. Ante lo anterior, se podría

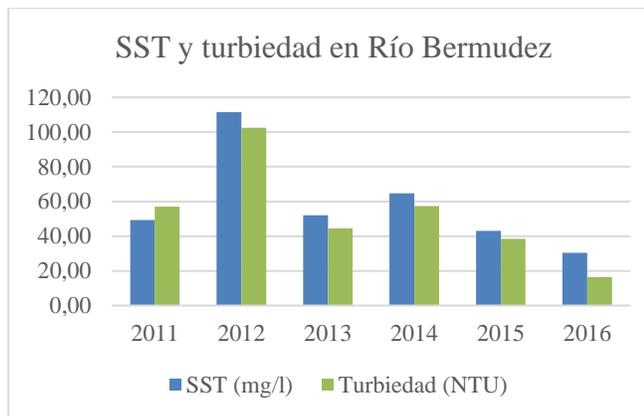
asumir que durante este año, un evento particular influenció las concentraciones de estos compuestos en el momento de muestreo, y por tanto afectando el resultado del Índice Holandés.



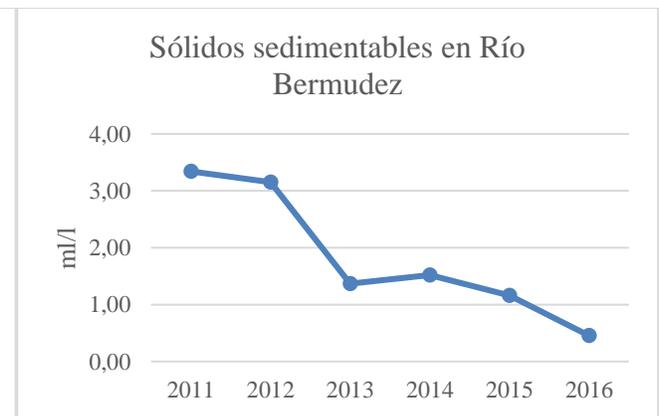
**Gráfico 3 Comportamiento de la DBO y DQO en Río Bermúdez para el periodo de monitoreo**



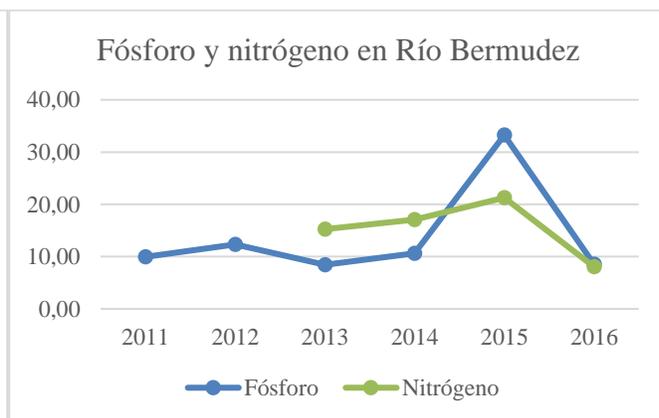
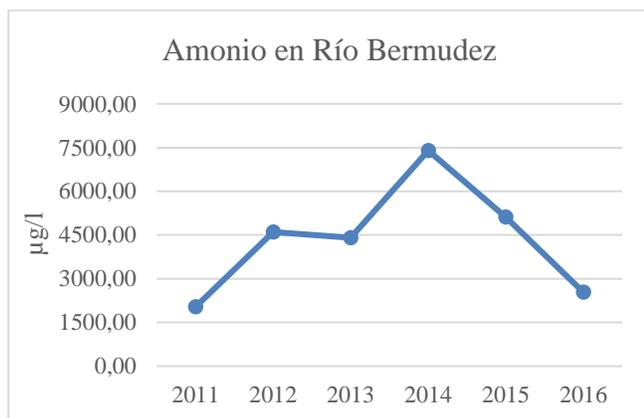
**Gráfico 4 Comportamiento del oxígeno disuelto en Río Bermúdez para el periodo de monitoreo**



**Gráfico 5 Comportamiento de SST y turbiedad en Río Bermúdez durante el periodo de monitoreo**

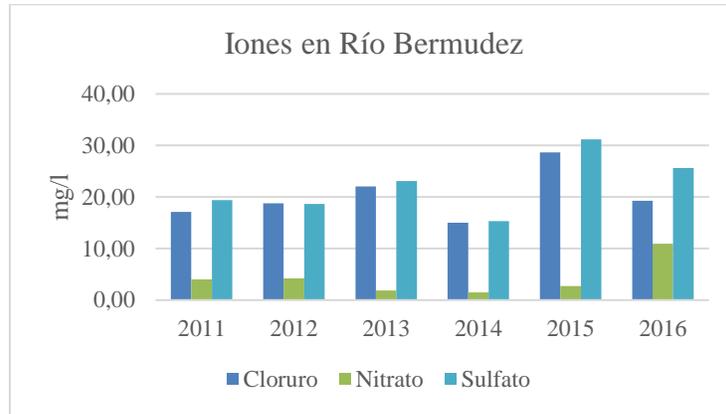


**Gráfico 6 Comportamiento de los SSed en Río Bermúdez durante el periodo de monitoreo**



**Gráfico 7 Comportamiento del amonio en Río Bermúdez para el periodo de monitoreo**

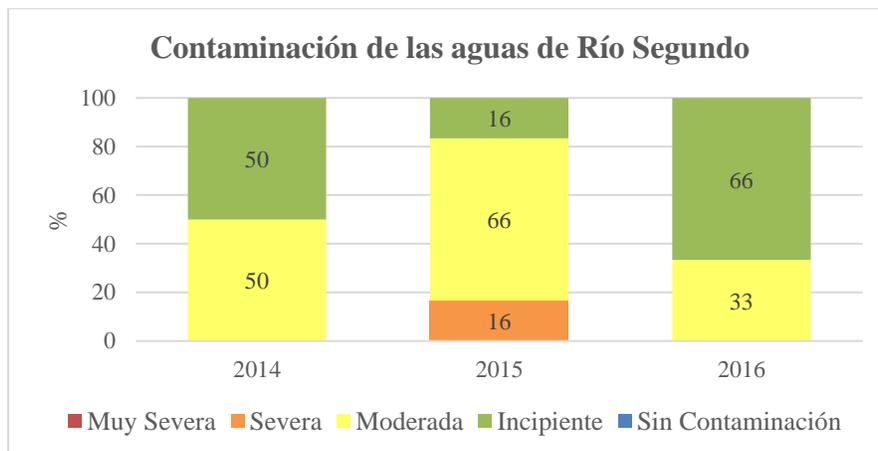
**Gráfico 8 Comportamiento de fósforo total y nitrógeno total en Río Bermúdez durante el periodo de monitoreo**



**Gráfico 9 Comportamiento de los iones cloruro, sulfato y nitrato en Río Bermúdez para el periodo de monitoreo**

**5.1.2. Río Segundo**

Con respecto al cálculo realizado sobre el Índice Holandés para Río Segundo, se obtuvo que la calidad de este es mejor en comparación con Río Bermúdez, y adicionalmente, su calidad ha mejorado a través del tiempo. En el 2014 la contaminación de las aguas se clasificaba como moderada e incipiente, ambas con un 50 % de representación. Durante el 2015, se observa un aumento en la contaminación, donde se muestra un 16 % de contaminación muy severa y severa, y reduciéndose la incipiente en un 34 %. Nuevamente, para el 2016 la calidad mejora, eliminándose la contaminación severa y aumentando la incipiente en un 50 %.



**Gráfico 10 Interpretación de la calidad de las aguas superficiales de Río Segundo**

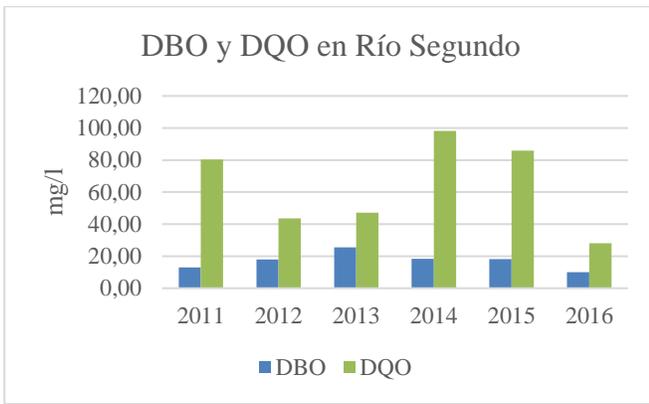
Al igual que en Río Bermúdez, la DBO y el O<sub>2</sub> disuelto mejoraron sus valores, no obstante la DQO presenta un comportamiento más variable, donde el 2013 hubo una baja en la DQO, para volver a aumentar en el 2014 y disminuir desde entonces hasta el 2016. Sin embargo, el oxígeno disuelto continúa presentando una tendencia hacia el aumento, con una leve disminución en el 2013 que podría relacionarse al aumento observado en los sólidos suspendidos totales para ese mismo año, lo cual pudo repercutir de igual forma en el aumento de la DQO.

En relación a lo anterior, se observa que la cantidad de SST y la turbiedad aumentaron del 2011 al 2012. Desde entonces la concentración de SST se mantuvo cercana a los 30 mg/l, no obstante la turbiedad disminuyó de 28,6 NTU a 10,6 NTU desde 2013 hasta el 2016. Este distanciamiento entre los SST y la turbiedad podría atribuirse a una gran variedad de factores, como cambios en las concentraciones de los sólidos disueltos, las condiciones climáticas, escorrentía y más.

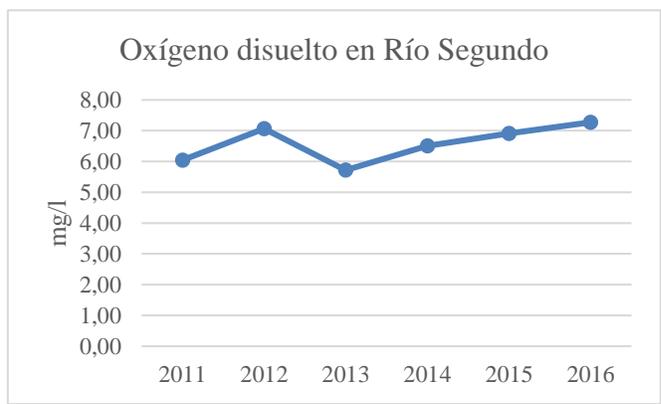
Por otro lado, la cantidad de sólidos sedimentables aumentó durante el periodo de monitoreo, alcanzando los valores más altos durante el año 2015. La mayor concentración de estos se observó en agosto del año mencionado, en el punto del Puente Ojo de agua, donde paralelamente aumentó la DBO, DQO, SST, iones y otros parámetros, lo que evidencia que un evento o descarga ocasionó este comportamiento en el sitio evaluado durante este periodo. Lo anterior influencia el promedio calculado para el año, cuando los datos durante las otras campañas de muestreo no mostraron tantas tendencias hacia el aumento. Sin embargo, este aumento en los SSed no representa un cambio sustancial en la calidad de las aguas, ya que estos aún se encuentran en cantidades pequeñas.

Con respecto al amonio, se observa un claro aumento en el 2012, específicamente en los meses de junio y noviembre para reducirse en los años siguientes, sugiriendo que se trató de eventos aislado que dispararon la concentración de este compuesto. Así mismo, de manera similar a Río Bermúdez, el comportamiento de los iones, el fosforo y el nitrógeno no presentan tendencias claras. En el 2015 se observa un aumento en el fosforo y sulfato, además de una disminución en el nitrógeno, para luego volver a tomar valores similares entre sí. Este comportamiento se observa en los tres ríos evaluados.

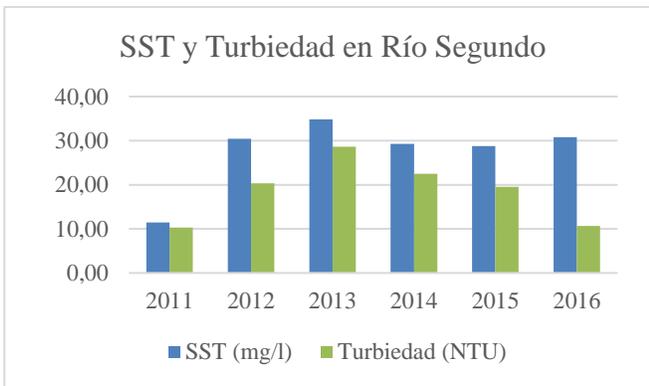
Finalmente, los cambios en los parámetros en el 2016 en comparación con otros años, puede deberse al cambio en el sitio de muestreo del Puente Ojo de Agua a Puente Casona del Pollo. Si bien se encuentran en la misma cuenca, el cambio de ubicación implica cambios geográficos y de localización de zonas de descarga de contaminantes, que pueden afectar la representatividad de las muestras al compararlas con otros años.



**Gráfico 11 Comportamiento de la DBO y DQO en Río Segundo para el periodo de monitoreo**



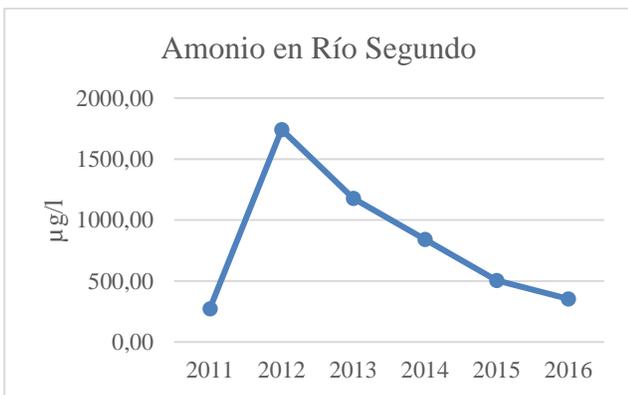
**Gráfico 12 Comportamiento del oxígeno disuelto en Río Segundo durante el periodo de monitoreo**



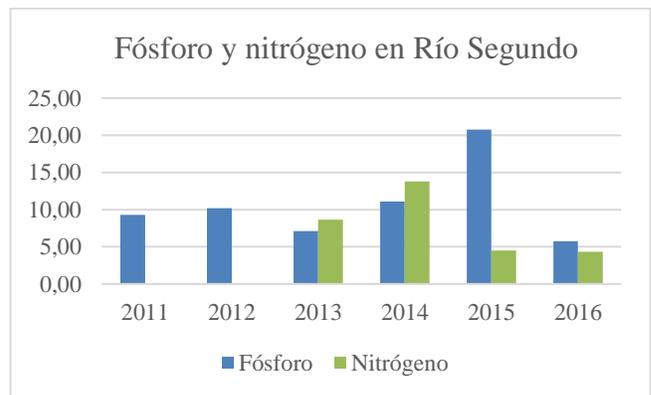
**Gráfico 13 Comportamiento de SST y turbiedad en Río Segundo durante el periodo de monitoreo**



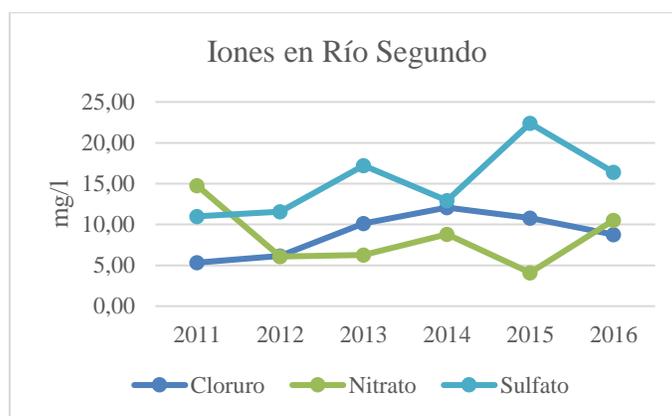
**Gráfico 14 Comportamiento de los SSed en Río Segundo durante el periodo de monitoreo**



**Gráfico 15 Comportamiento del amonio en Río Segundo durante el periodo de monitoreo**



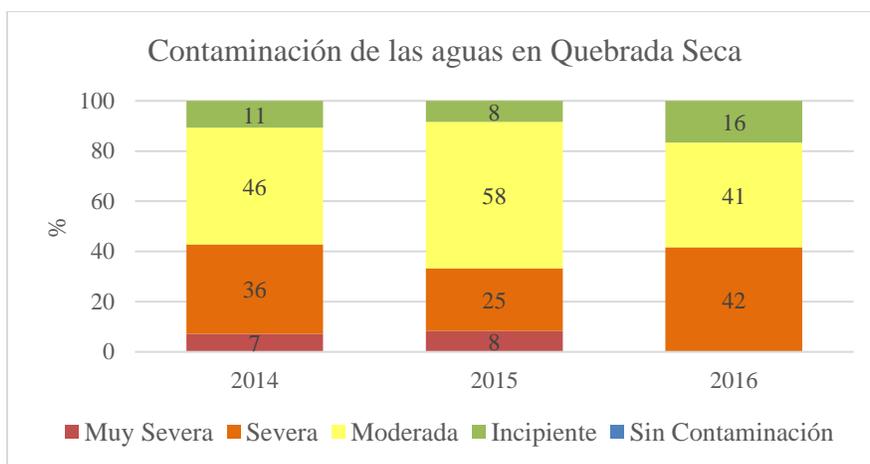
**Gráfico 16 Comportamiento del fósforo total y nitrógeno total en Río Segundo durante el periodo de monitoreo**



**Gráfico 17 Comportamiento de los iones cloruro, sulfato y nitrato en Río Segundo durante el periodo de monitoreo**

### 5.1.3. Quebrada Seca

Finalmente, con respecto a los resultados de la calidad de las aguas superficiales de Quebrada Seca, se repite el escenario de mejora de la calidad a través del tiempo. Se observa que para 2015 se reduce la contaminación severa en un 11 %, aumenta la moderada en un 12 %, sin embargo disminuye la incipiente en un 3 % en comparación con el 2014. No obstante para el 2016, la contaminación incipiente aumenta en 8 %, se elimina la contaminación muy severa, aunque aumenta la severa en un 17 % y se reduce la moderada en un 17 %.

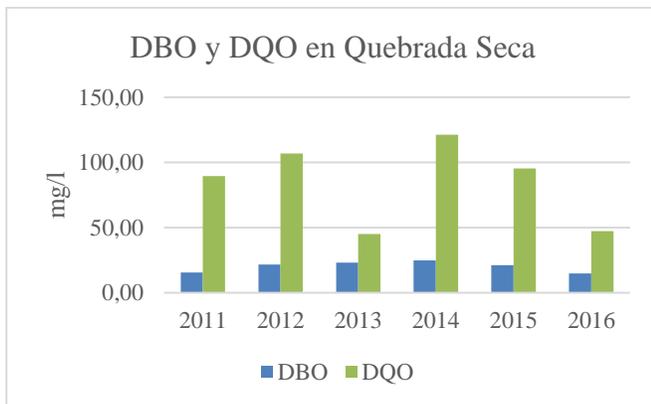


**Gráfico 18 Interpretación de la calidad de las aguas superficiales de Quebrada Seca**

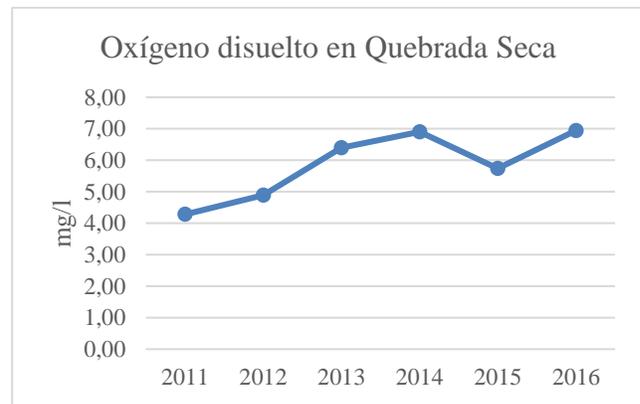
Al igual que en los casos anteriores, la mejora en la calidad de la quebrada se observa más directamente en el comportamiento de la demanda de oxígeno, donde la DBO se ha reducido cada año, desde el 2013. Si bien la DQO presentó una baja considerable durante el 2013 para volver a aumentar, desde el 2014 al 2016, esta mantuvo una tendencia a reducirse. Lo anterior se ve expresado en el oxígeno disuelto, el cual presenta una tendencia hacia el aumento, con una excepción durante el 2015, donde este se redujo.

La baja en el oxígeno durante ese año podría relacionarse con un aumento en la temperatura, en relación a los promedio de los otros años en evaluación, donde se alcanzaron 27 °C. Como ya se mencionó anteriormente, la temperatura cuenta con la capacidad de influenciar la solubilidad de gases, incluyendo el oxígeno disuelto. Adicionalmente, en el 2015 aumentó la concentración de los iones cloruro y sulfato en Quebrada Seca, así como de fosforo y nitrógeno total, lo que pudo desencadenar un aumento en el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos que proliferan ante la presencia de estos compuestos y en las demandas de oxígeno para degradar la materia orgánica de la cual provienen. Adicionalmente, se observa que el comportamiento de los iones el fosforo y el nitrógeno es muy similar al comportamiento observado den Río Bermúdez.

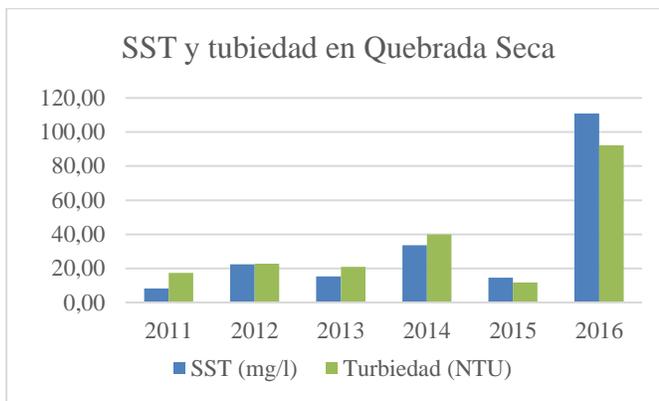
Con respecto a los SST y la turbiedad se mantuvieron en rangos similares durante el periodo de monitoreo, con la excepción del 2016, cuando se observa un claro aumento en estos parámetros. Este cambio se observó específicamente durante la campaña de diciembre en el punto Puente Helados Sorbetera. Al igual que en caso de los SSed de Río Segundo, este aumento evidencia la influencia de un evento particular, ya que se presentó en uno de los puntos evaluados, durante una de las campañas, y no se trató de un resultado constante a través del tiempo ni se vio reflejado en los demás sitios de monitoreo.



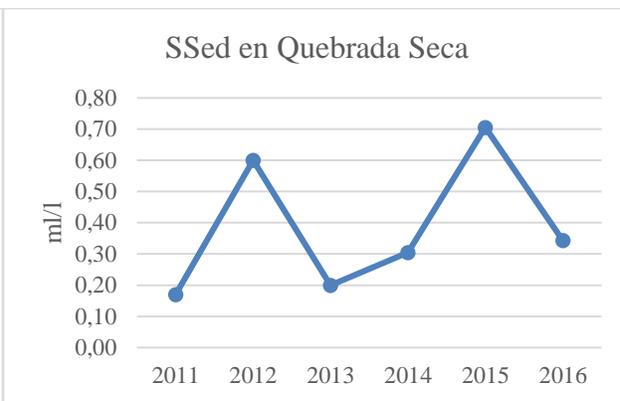
**Gráfico 19 Comportamiento de la DBO y DQO en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo**



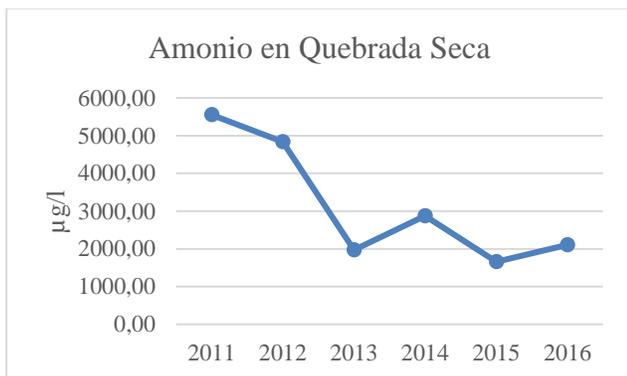
**Gráfico 20 Comportamiento del oxígeno disuelto en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo**



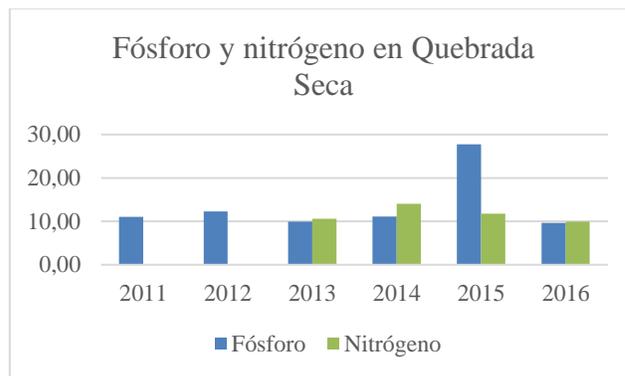
**Gráfico 21 Comportamiento de SST y turbiedad en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo**



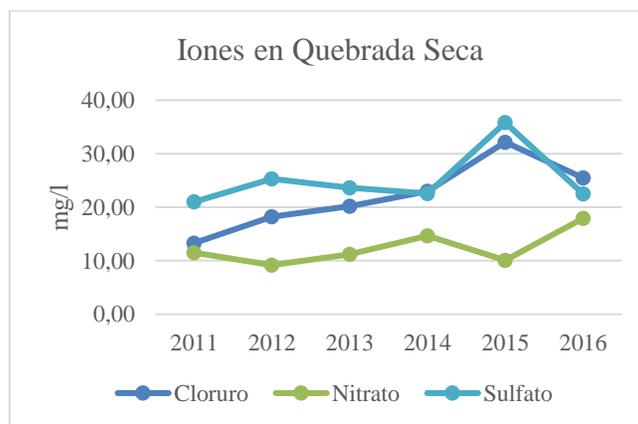
**Gráfico 22 Comportamiento de los SSed en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo**



**Gráfico 23 Comportamiento del amonio en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo**



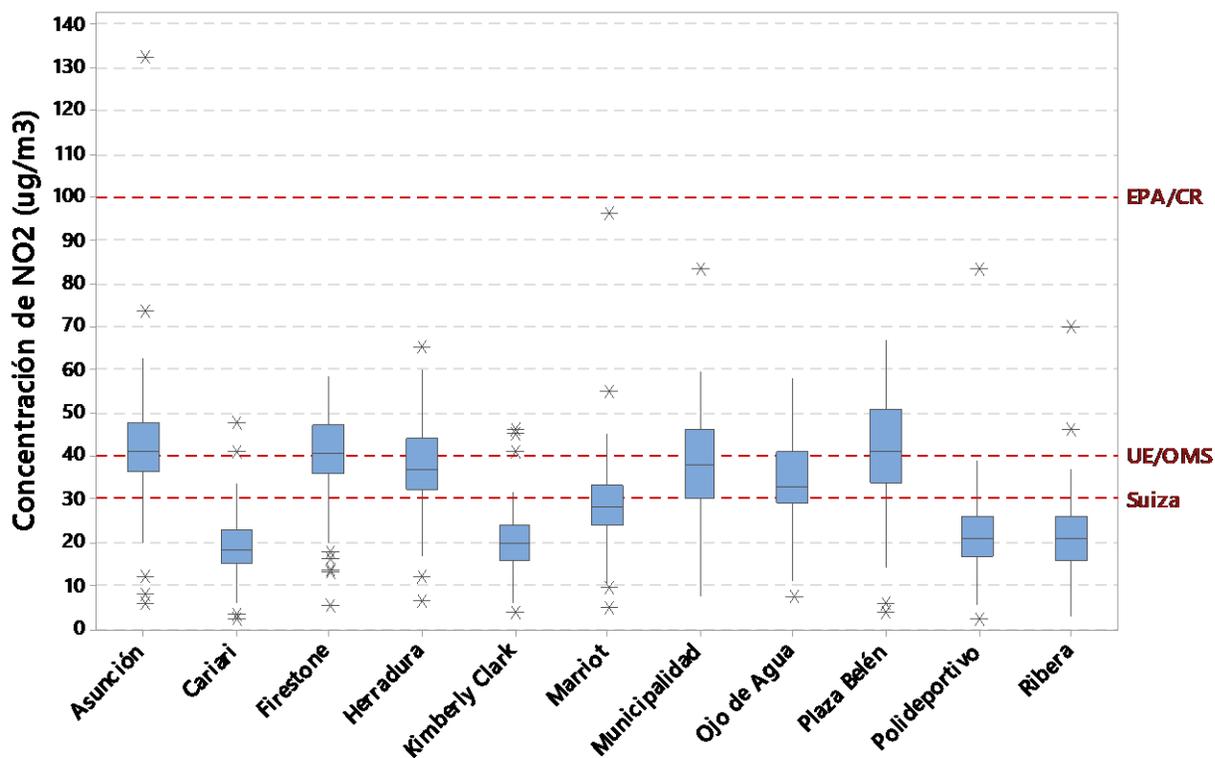
**Gráfico 24 Comportamiento del fósforo total y nitrógeno total en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo**



**Gráfico 25 Comportamiento de los iones cloruro, sulfato y nitrato en Quebrada Seca durante el periodo de monitoreo**

## 5.2. Calidad del Aire

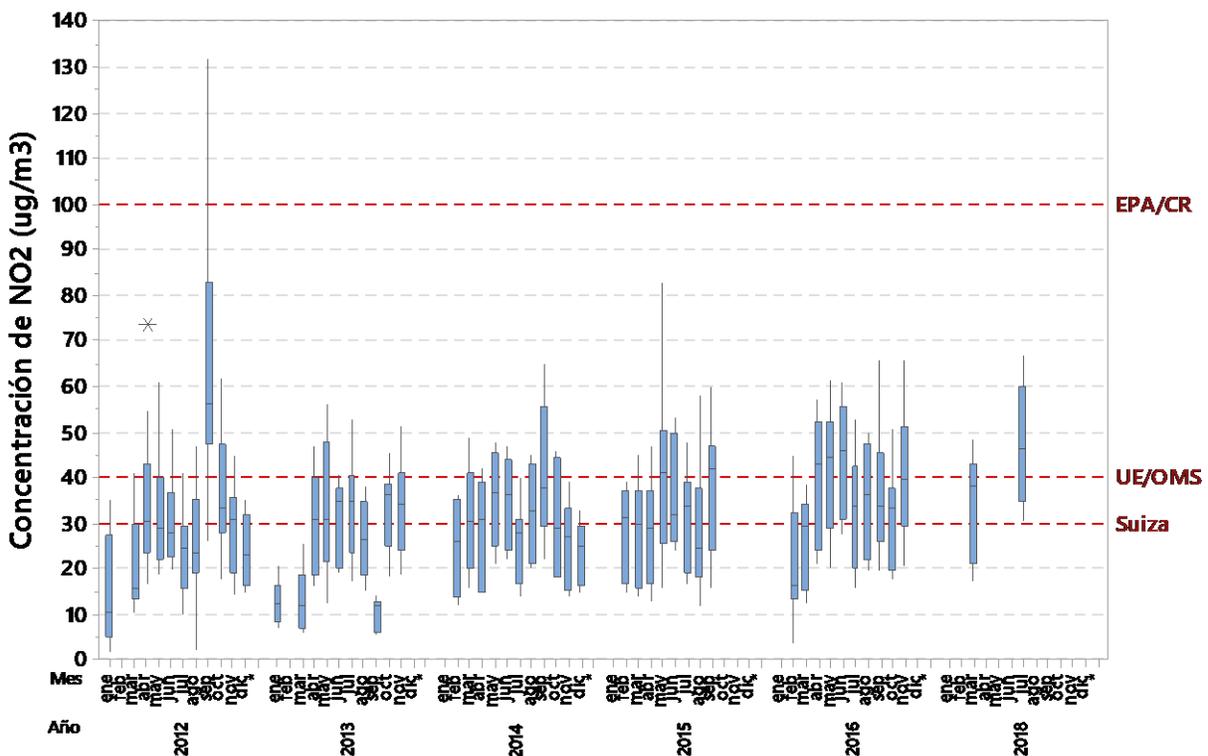
Los resultados obtenidos a lo largo de los años de monitoreo han mostrado algunas tendencias importantes que en muchos de los casos concuerda con lo esperado. Por ejemplo, las mayores concentraciones de dióxido de nitrógeno se alcanzaron en las zonas donde se registra un mayor flujo vehicular, tal y como se aprecia en el Gráfico 26. Esta tendencia es totalmente concordante con el hecho de que una de las principales fuentes de  $\text{NO}_x$  es precisamente la quema de combustibles fósiles en el sector transporte. De manera análoga, los sitios donde se registran los niveles de concentración más bajos corresponden a sitios con un bajo flujo vehicular, el punto ubicado en el Residencial Cariari y el punto ubicado en la calle donde se ubicaba la antigua Kimberly Clark.



**Gráfico 26. Perfiles de concentración de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) obtenidas desde enero de 2012 y hasta junio de 2018 en cada uno de los 11 sitios de muestreo que conforman la red de monitoreo de calidad del aire en el cantón de Belén (exceptuando el año 2017)**

En el Gráfico 27 se muestra un perfil más detallado del comportamiento de las concentraciones de dióxido de nitrógeno registradas para el cantón de Belén, por medio de los 11 puntos de monitoreo. Se puede inferir que no hay un comportamiento completamente definido, aunque sí se aprecia una importante variación temporal dependiendo de la estacionalidad meteorológica en cada año. En términos generales se podría decir que a pesar de la gran variabilidad espacial registrada en los distintos sitios de monitoreo (Gráfico 26 y Gráfico 27), las menores

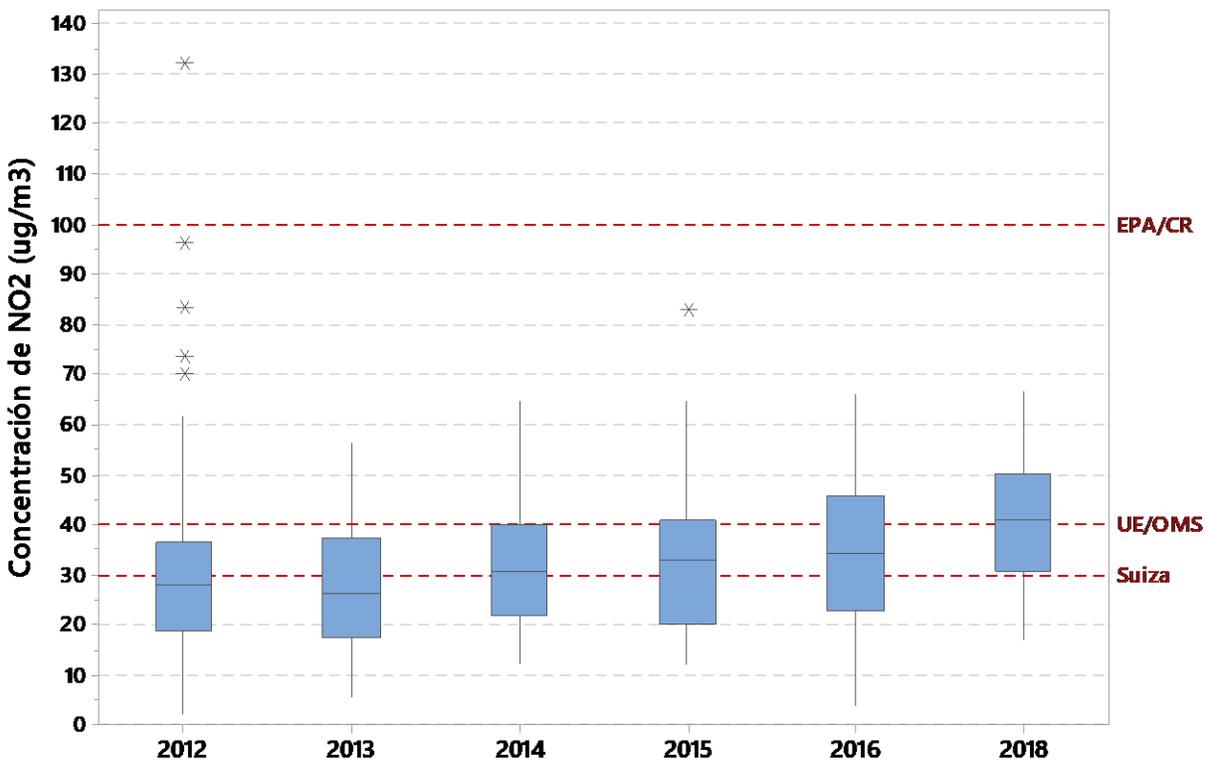
concentraciones se alcanzaron en la época seca hacia los primeros meses del año, mientras que las mayores concentraciones se registraron en los meses para los cuales normalmente se registran las mayores precipitaciones. Este comportamiento podría asociarse a fenómenos de deposición húmeda. Una característica importante de las precipitaciones en el Valle Central del país, es que en ocasiones pueden ser muy intensas pero por cortos periodo de tiempo, esta situación ocasiona que el proceso de deposición húmeda (lavado de la atmósfera) no se lleve a cabo de una manera tan completa, ocasionando que los contaminantes permanezcan en la tropósfera baja, mucho más cerca del suelo y con menores tasas de mezclado, lo que reduce su dispersión en la atmósfera, repercutiendo así en el incremento de la concentración de los contaminantes en el aire. Otra característica importante, es que los meses de la época lluviosa, de mayo a octubre aproximadamente, también tiende a disminuir la intensidad de los vientos, aspecto que también incide de manera directa con una menor dispersión de los contaminantes.



**Gráfico 27. Perfiles de concentración mensual de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) obtenidas desde enero de 2012 y hasta junio de 2018 para el cantón de Belén (exceptuando el año 2017)**

Uno de los aspectos más notorios tras el análisis de los resultados, es que se registra un incremento paulatino en la concentración de dióxido de nitrógeno a lo largo de los años, tal y como se aprecia en el Gráfico 28. Sin embargo, este comportamiento se debe analizar con mucha precaución, principalmente si se toma en cuenta que para el año 2018 solo se incorporaron dos campañas de muestreo, una efectuada en el mes de marzo y la otra en el mes de

julio. Esta modificación en el perfil de monitoreo podría incidir de alguna manera, principalmente en la magnitud de la tendencia registrada, más sin embargo queda bastante claro que el aumento de la concentración del contaminante sigue siendo una realidad. Dicho comportamiento podría estar asociado a un incremento en la flota vehicular del cantón o incluso de los cantones aledaños, hay que recordar que la presencia de contaminantes en un sitio específico, no necesariamente tienen relación directa con lo que está sucediendo a nivel de microescala, sino que podría obedecer al transporte de contaminantes de otras zonas del país, principalmente a nivel de escala urbana, donde también se registra un incremento en el flujo vehicular que circula por el Valle Central del país, lo que implica un mayor consumo de combustibles fósiles, traduciéndose en mayores emisiones de contaminantes como los NOx.



**Gráfico 28. Perfil de la concentración anual de dióxido de nitrógeno para el cantón de Belén (exceptuando el año 2017)**

En el Cuadro 5 se muestran los estadísticos descriptivos para los perfiles de concentración de dióxido de nitrógeno obtenidos entre 2012 y 2018. Como se mencionó anteriormente, hay evidencia suficiente que sugiere un aumento paulatino en la concentración de NO<sub>2</sub> a lo largo de los años. De hecho, a partir de los valores promedio anual, se logró calcular que la concentración de dióxido de nitrógeno se ha incrementado desde el año 2012, a una razón de 1,8  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{año}^{-1}$ . De mantenerse dicha tendencia, para el año 2050 se estarían alcanzando concentraciones cercanas

a los  $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , que corresponde a la concentración máxima permitida según los estándares de calidad del aire de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y el estándar adoptado por el Ministerio de Salud como valor de referencia para Costa Rica (DE-39951-S) “Reglamento de Calidad del Aire para Contaminantes Criterio”. No obstante, si se comparan los resultados contra el valor de referencia reportado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), mismo que posee la Unión Europea, o incluso con el límite máximo permitido en un país con muy altos estándares de calidad como Suiza, podemos apreciar que aproximadamente en el 40% de los sitios de muestreo se supera el valor recomendado ( $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) (OMS, 2018). Estos resultados son correspondientes con el hecho de que en los sitios donde se obtuvieron las mayores concentraciones es donde se registran una mayor afluencia vehicular.

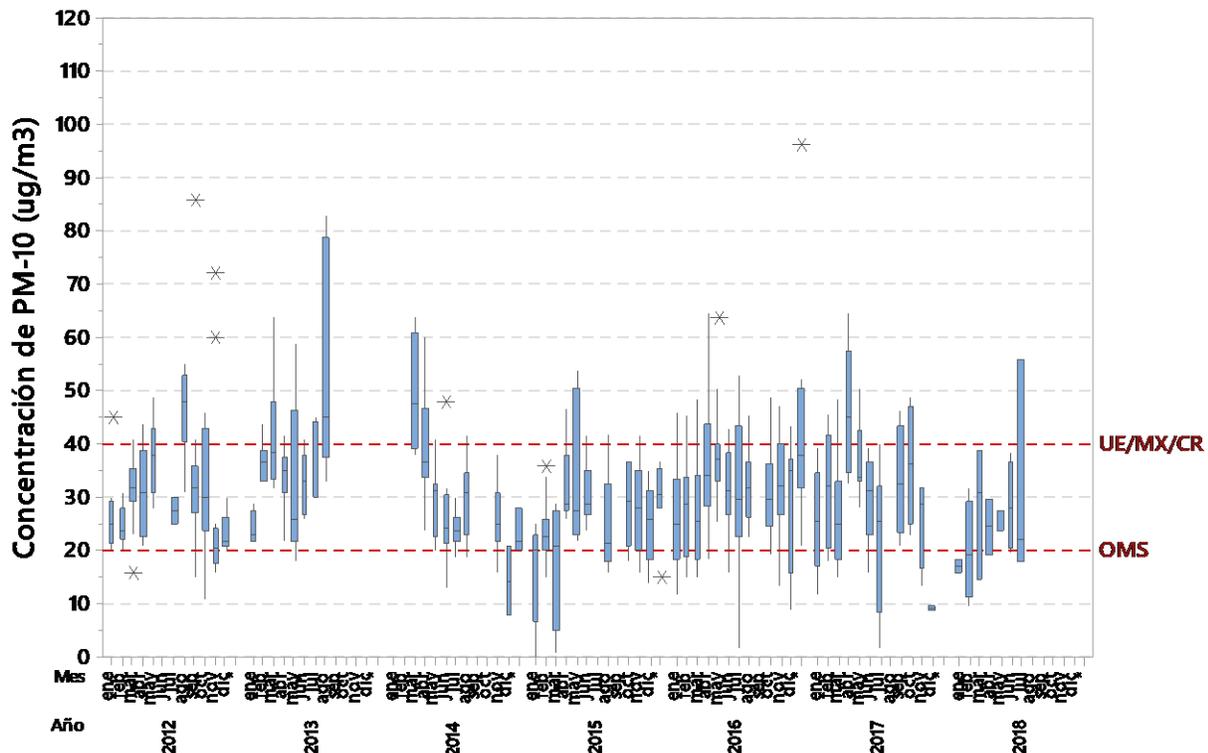
**Cuadro 5. Estadísticos descriptivos para la concentración de dióxido de nitrógeno en el cantón de Belén (2012 - 2018)**

Año	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desviación estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
2012	185	2	29,78	1,24	16,93	1,92	18,91	28,15	36,59	132,19
2013	139	4	27,55	1,07	12,67	5,63	17,48	26,49	37,50	56,26
2014	149	16	31,40	0,94	11,52	12,00	22,00	31,00	40,00	65,00
2015	128	4	32,42	1,17	13,19	12,00	20,00	33,00	41,00	83,00
2016	163	2	34,60	1,10	14,01	3,80	22,80	34,30	45,90	66,10
2018	22	0	40,56	3,00	14,07	17,20	30,63	41,15	50,10	66,80

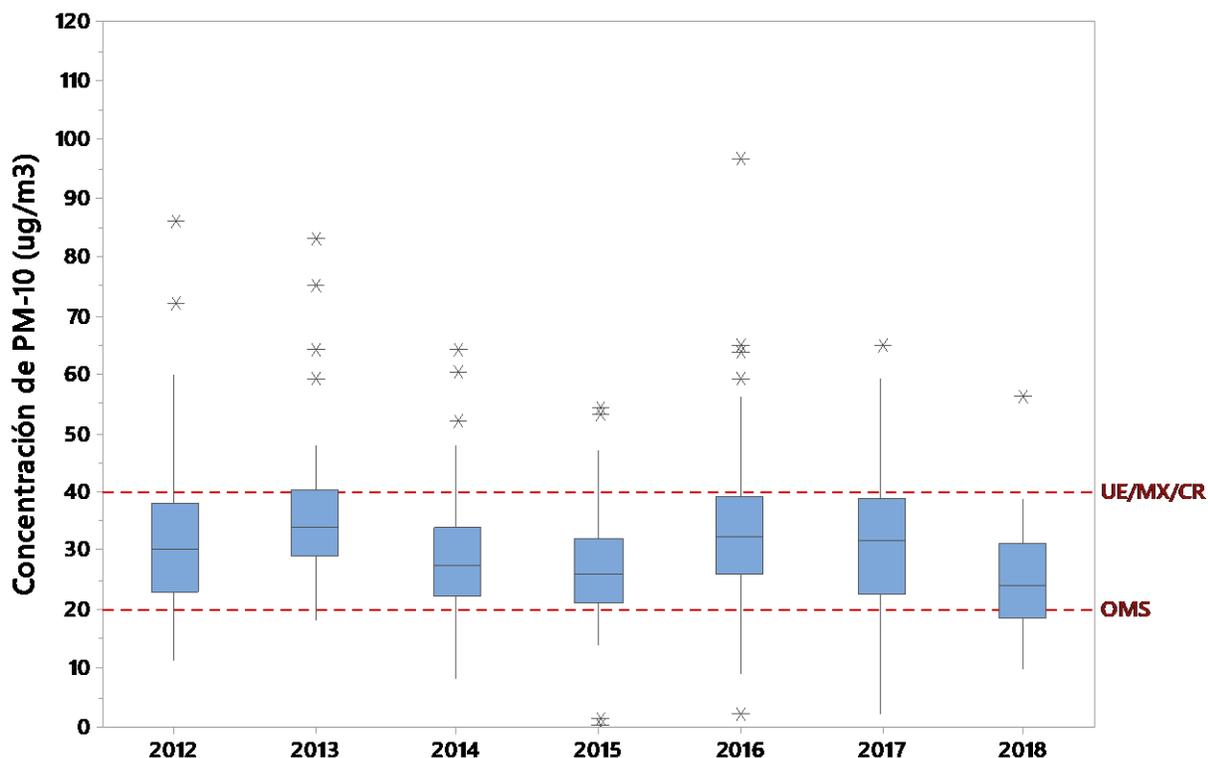
El segundo contaminante atmosférico monitoreado a lo largo de los seis años de mediciones fue la concentración de partículas, específicamente partículas menores o iguales a  $10 \mu\text{m}$  (PM-10). El sitio donde se ha estudiado el comportamiento de este contaminante corresponde a una zona urbano – comercial de alto interés estratégico, ya que permite conocer el estado de la calidad del aire en un sector del cantón de alta representatividad por su ubicación, Centro Comercial La Ribera (CCLR), que además se encuentra geográficamente hacia el sector oeste del cantón, donde se da la salida de los vientos. Estas características propician que dichos análisis muestren las condiciones de salida de los vientos, dando una idea más precisa de cuál es el estado ambiental en que se encuentra el cantón.

En el Gráfico 29 se da a conocer el perfil de concentración mensual de partículas menores o iguales a  $10 \mu\text{m}$  (PM-10) desde enero de 2012 y hasta junio de 2018. Es difícil identificar alguna tendencia específica, por el contrario, se puede inferir que hay una gran variabilidad temporal en la concentración de PM-10. Este comportamiento es

esperable desde un punto de vista físico, ya que las partículas a diferencia de los gases, no se diluyen tan fácilmente en el ambiente, sino que son dispersadas y transportadas grandes distancias, más aún al tratarse de partículas ligeras las cuales permanecen mayor tiempo en resuspensión. Uno de los aspectos más destacables es que el perfil de concentración de partículas demuestra que los niveles promedio obtenidos para el cantón de Belén, se encuentran por encima del valor de referencia establecido por la OMS ( $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) y por debajo del valor de referencia adoptado por la Unión Europea, México y Costa Rica, tal y como se aprecia en los Gráfico 29 y Gráfico 30. Este tipo de estudios es de gran importancia no solo a nivel cantonal, sino a nivel país ya que permite tener un panorama más claro de cuál es el estado de la calidad del aire y valorar con sustento técnico si las normas nacionales adoptadas cumplen con las expectativas de mejora continua, o si por el contrario están por encima de los valores reales y en consecuencia no se tienen parámetros que promuevan a una mejora en la calidad del aire.



**Gráfico 29. Perfiles de concentración mensual de partículas menores o iguales a  $10 \mu\text{m}$  (PM-10) obtenidas desde enero de 2012 y hasta junio de 2018 para el cantón de Belén.**

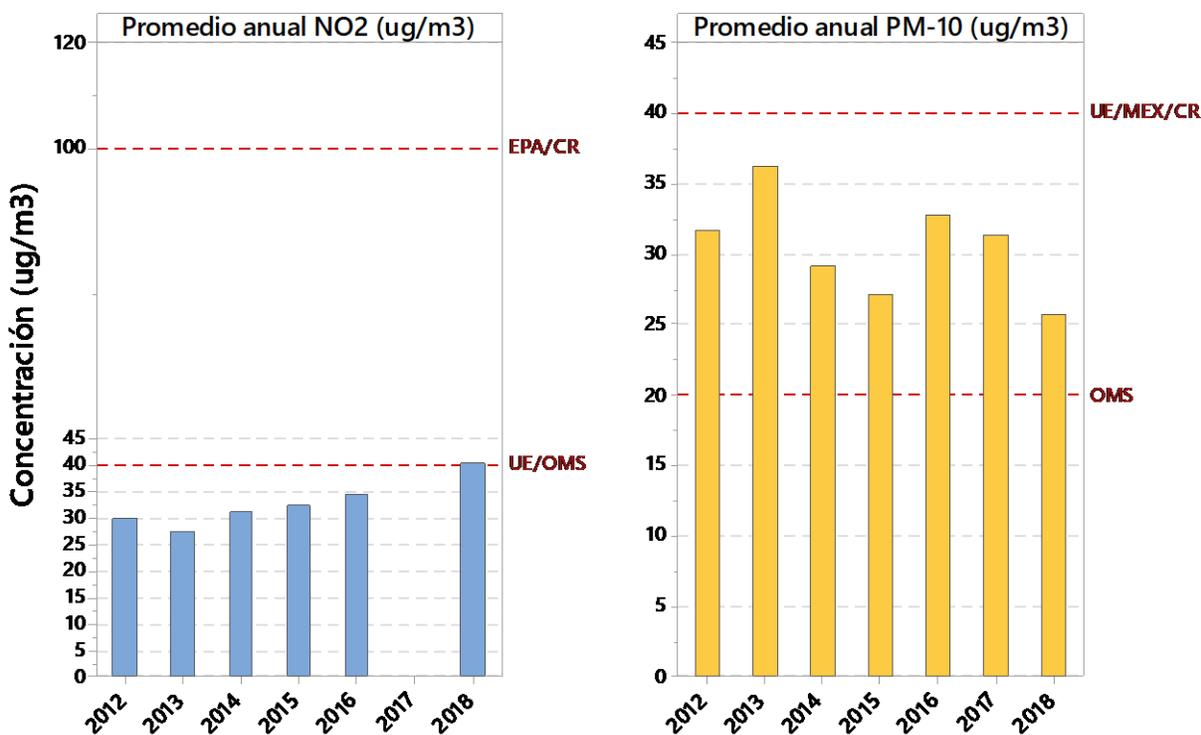


**Gráfico 30. Perfil de la concentración anual de partículas menores o iguales a 10 µm (PM-10) para el cantón de Belén**

En el Gráfico 30 donde se muestra el perfil anual de concentración de partículas se observa que hay algunos eventos puntuales en donde se sobrepasa por mucho las concentraciones promedio, incluso estando por encima de los valores máximos permitidos según la reglamentación nacional. Si esto además se analiza desde la óptica de la Organización Mundial de la Salud, resulta preocupante ya que prácticamente el 100% del tiempo la concentración de partículas en el aire supera los  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  recomendados, esto se puede apreciar con mayor detalle en el Cuadro 6 donde se dan a conocer los estadísticos descriptivos obtenidos en el monitoreo de partículas, incluyendo los valores promedio anual. Queda claro que estos resultados deberían llamar la atención de las autoridades competentes, ya que los niveles de concentración de los contaminantes en el aire resultan de interés público al estar directamente relacionados con la salud de las personas y del entorno en general. En el Gráfico 31 se resumen los resultados obtenidos para el cantón de Belén a través de los valores promedio anual tanto para la concentración de  $\text{NO}_2$  como para la concentración de PM-10 obtenidas desde enero de 2012 y hasta junio de 2018.

**Cuadro 6. Estadísticos descriptivos para la concentración de partículas menores o iguales a 10 µm en el cantón de Belén (2012 - 2018)**

Año	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desviación estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
2012	102	15	31,69	1,19	11,97	11,00	23,00	30,00	38,00	86,00
2013	57	7	36,14	1,59	12,04	18,00	29,00	34,00	40,50	83,00
2014	76	1	29,17	1,14	9,95	8,00	22,00	27,50	33,75	64,00
2015	79	10	27,03	1,07	9,55	0,00	21,00	26,00	32,00	54,00
2016	193	5	32,74	0,82	11,38	1,90	25,76	32,20	39,06	96,40
2017	83	3	31,38	1,33	12,08	1,90	22,50	31,50	38,70	64,80
2018	22	0	25,62	2,17	10,16	9,70	18,48	24,05	31,25	56,00



**Gráfico 31. Concentraciones promedio anual de dióxido de nitrógeno y partículas menores o iguales a 10 µm obtenidas para el cantón de Belén entre 2012 y 2018**

### 5.3. Conclusiones

A manera general, se observa una tendencia hacia la disminución de la mayoría de los parámetros evaluados. Lo anterior demuestra en la mejora paulatina de la calidad de las aguas superficiales del cantón de Belén. Con respecto a la relación que mantiene el oxígeno disuelto con la carga orgánica de las aguas, se observa que existe una tendencia hacia la disminución de la DQO, la DBO y la cantidad de sólidos presentes en los tres ríos muestreados; resultando paralelamente en un aumento en el oxígeno disuelto. No obstante, los iones y nutrientes, presentan variaciones a través del tiempo, sin mostrar una tendencia clara sobre su comportamiento.

Durante el 2015 se observó un aumento en la contaminación de todos los ríos evaluados, lo que indica que durante este año un evento propició el aumento de los contaminantes en el río; o bien las condiciones climáticas fomentaron la concentración de los mismos durante ese periodo. Se observó un aumento en el fosforo y sulfato, para luego volver a tomar valores similares entre sí. Este comportamiento se observa en los tres ríos evaluados.

El cambio en algunos de los puntos de muestreo pudo influenciar variaciones en los resultados, ya que en algunos años los puntos de muestreo se modificaron. Así mismo, las épocas del año en las que se realizaron los muestreos no siempre fueron las mismas, por lo que la comparación entre los años no siempre será representativa.

Si bien el índice holandés muestra que los ríos evaluados presentan una contaminación predominantemente severa y moderada, los parámetros fisicoquímicos y el periodo de muestreo revelan que la calidad de estos ha mejorado a través de los años. Sin embargo, estas mejoras aun no son suficientes para considerar que los ríos cuentan con una calidad adecuada de acuerdo con la legislación.

Los resultados muestran un incremento paulatino en la concentración de dióxido de nitrógeno a una razón de  $1,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{año}^{-1}$  para el cantón de Belén. De mantenerse dicha tendencia, podría significar que para el año 2050 se estarían alcanzando concentraciones cercanas a los  $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , estándar de referencia adoptado por el Ministerio de Salud como límite máximo permitido como promedio aritmético anual.

El estándar de calidad del aire adoptado como límite máximo permitido para la concentración de dióxido de nitrógeno en Costa Rica pareciera encontrarse muy por encima de la realidad, ya que las concentraciones promedio, al menos para el cantón de Belén, no sobrepasan los  $41 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , esto significa un 60% menos que el valor de referencia.

Los perfiles de concentración promedio de partículas menores o iguales a  $10 \mu\text{m}$  para el cantón de Belén mostraron que se encuentran un 25% por debajo del valor de referencia adoptado como límite máximo permitido según Decreto Ejecutivo N° 39951-S.

Es importante tomar en cuenta que prácticamente el 100% de las mediciones de PM-10 en aire ambiente en el cantón de Belén, mostraron una concentración por encima de los  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , concentración establecida como valor de referencia según la Organización Mundial de la Salud.

Los datos reportados para el año 2018 se calcularon con las muestras recolectadas hasta el mes de junio, y es importante tomar en cuenta que esto representa una reducción importante en el tamaño de la muestra para los cálculos estadísticos, siendo de tan solo un 14% para el NO<sub>2</sub> y un 26% para las PM-10. Para el caso particular de NO<sub>2</sub>, la reducción se debió a una disminución en la frecuencia de monitoreo contratada por la Municipalidad de Belén.

## 6. Bibliografía

- Alvarez, A., Rubiños, J., Ayala, C., & Acosta, E. (2008). Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del Río Amajac, México. *Información tecnológica*.
- Alvarez, A., Rubiños, J., Gavi, F., Alarcón, J., Hernandez, E., Ramirez, C., . . . Salazar, E. (2006). Índice de la calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y predicción. *Phyton*.
- Herrera, J. (2017). *Uso y estado de los recursos: Recurso Hídrico*. San José: Estado de la Nación.
- Latinoamericana, E. (2018). *Aunmas*.
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., & García, M. (2004). La turbidez como indicador básico de la calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay. *Higiene y sanidad ambiental*.
- Navarro, A., Ramos, K., Campos, K., & Maldodano, H. (2006). Elucidación del efecto del ph en la adsorción de etales pesados mediante bipolimeros naturales: cationes divalentes y superficies activas. *Revista Iberoamericana de Polimeros*.
- Olguín, E., Gonzalez, R., Sánchez, G., Zamora, J., & Owen, T. (2010). Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. *Revista latinoamericana de biotecnología ambiental*.
- OMS. (18 de Mayo de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Rivera, N., Encina, F, Muñoz, A., & Mejías, P. (2004). La calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial, IX Región, Chile. *Información tecnológica*, 89-101.
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revisión de parametros fisicoquimicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación* .

- Seinfeld, J. H. (2006). *Atmospheric chemistry and physics:from air pollution to climate change* . Hoboken, New Jersey: John Wile & Sons, Inc.
- Solis, G., Villalba, A., Nubes, G., Del Castillo, J., & Meraz, F. (2011). Fisicoquímica del agua superficial y sedimento en e río Santa Cruz, Sonora, México. *Ciencias Biológicas y de la salud*.
- Stachetti, G., & Moreira, A. (2007). *Manual de valoración del imparcto ambiental de actividades rurales*. Montevideo, Uruguay.
- Torres, P., Hernán, C., & Patiño, P. (2009). Índice de la calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Ingenierías*.
- Wark, K. (2010). *Contaminación del aire: origen y control* . México: Limusa.

## **7. Anexos**

**Anexo 1 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en febrero 2011**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10
<b>pH</b>	-	6,52	6,61	7	6,78	6,93	7,18	6,58	6,91	6,41	6,14
<b>Turbiedad</b>	NTU	15,6	4	20,1	4,5	8,3	5,8	17,4	19,4	50	28,1
<b>DBO</b>	mg/l	23	14	20	10	10	10	27	84	396	319
<b>DQO</b>	mg/l	190	180	128	173	134	68	123	393	586	495
<b>SST</b>	mg/l	9	1	8	2	5	5	12	35	12	66
<b>Ssed</b>	mg/l	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,8	2	7,5	5
<b>Cloruro</b>	mg/l	25	5	28	14	6	13	22	35	26	24
<b>Nitrato</b>	mg/l	5	4	5	16	6	16	2	2	2	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	23	8	38	14	8	14	25	24	19	21
<b>Nitrito</b>	µg/l	985	10	895	568	294	768	37	34	19	18
<b>Amonio</b>	µg/l	21134	51	12089	1692	203	3007	4793	60	441	2186
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	6,9	8,6	14,3	6	7,3	3,9	7,9	8,3	9,4	14,9
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	0,71	0,14	0,9	0,32	0,1	0,28	0,5	2,1	2,2	2,7
<b>Sodio</b>	mg/l	43	10,4	76	26	8,2	25	44	57	44	43
<b>Calcio</b>	mg/l	9	3	9	10	3	6	15	21	11	10
<b>Potasio</b>	mg/l	14	15	10	1,8	3	10	13	2,9	17	15
<b>Plomo</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobre</b>	mg/l	9	6	9	6	6	10	7	9	15	13
<b>Níquel</b>	µg/l	4	7	3	3	6	3	8	6	6	5
<b>Cobalto</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Aluminio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Manganeso</b>	µg/l	330	193	677	347	123	628	942	1215	1132	1152
<b>Cromo</b>	µg/l	8	8	8	8	8	8	8	8	10	8
<b>Arsénico</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Zinc</b>	mg/l	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,1	0,1	0,08
<b>Cadmio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en abril 2011**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,52	6,61	6,78	6,93	6,14	6,41	6,58	7,18	6,91	7
<b>Turbiedad</b>	NTU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>DBO</b>	mg/l	23	14	10	10	319	396	27	10	84	20
<b>DQO</b>	mg/l	190	180	173	134	495	586	123	68	393	128
<b>SST</b>	mg/l	9	1	2	5	66	12	12	5	35	8
<b>Ssed</b>	m/l	0,2	0,1	0,1	0,2	5	7,5	0,8	0,2	2	0,2
<b>Cloruro</b>	mg/l	25	5	14	6	24	26	22	13	35	28
<b>Nitrato</b>	mg/l	5	4	16	6	2	2	2	16	2	5
<b>Sulfato</b>	mg/l	23	8	14	8	21	19	25	14	24	38
<b>Nitrito</b>	µg/l	985	10	568	294	18	19	37	768	34	895
<b>Amonio</b>	µg/l	21134	51	1692	203	2186	441	4793	3007	60	12089
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	6,9	8,6	6	7,3	14,9	9,4	7,9	3,9	8,3	14,3
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	0,71	0,14	0,32	0,1	2,7	2,2	0,5	0,28	2,1	0,9
<b>Sodio</b>	mg/l	43	10,4	26	8,2	43	44	44	25	57	76
<b>Calcio</b>	mg/l	9	3	10	3	10	11	15	6	21	9
<b>Potasio</b>	mg/l	14	15	1,8	3	15	17	13	10	2,9	10
<b>Plomo</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobre</b>	mg/l	9	6	6	6	13	15	7	10	9	9
<b>Níquel</b>	µg/l	4	7	3	6	5	6	8	3	6	3
<b>Cobalto</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Aluminio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Manganeso</b>	µg/l	330	193	347	123	1152	1132	942	628	1215	677
<b>Cromo</b>	µg/l	8	8	8	8	8	10	8	8	8	8
<b>Arsénico</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Zinc</b>	mg/l	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,1	0,08	0,08	0,1	0,08
<b>Cadmio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### Anexo 3 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en junio 2011

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,45	6,8	6,53	6,69	5,38	6,84	6,8	6,55	6,08	5,73	5,49
<b>Turbiedad</b>	NTU	11,7	13	16,8	5,2	12,1	4,3	38,9	49	46	52	66
<b>DBO</b>	mg/l	43	18	40	26	21	10	82	180	180	300	400
<b>DQO</b>	mg/l	179	40	69	63	66	189	180	345	300	787	473
<b>SST</b>	mg/l	14	6	23	9	44	2	64	66	77	107	114
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2	1,5	4	13	13
<b>Cloruro</b>	mg/l	52	4	17	12	8	11	10	10	11	12	19
<b>Nitrato</b>	mg/l	9	7	7	14	7	12	2	2	2	2	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	19	13	45	18	12	16	14	16	15	16	22
<b>Nitrito</b>	µg/l	705	89	569	1569	80	2282	77	110	88	81	93
<b>Amonio</b>	µg/l	6093	672	2902	33649	234	2080	1341	75	156	33	2056
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	20,9	17,1	24,5	21,7	13,9	17,8	18,5	21,3	14,5	21,6	21,4
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	2,2	0,1	1,4	0,9	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5
<b>Sodio</b>	mg/l	10	14	16	16	16	16	16	16	16	16	17
<b>Calcio</b>	mg/l	13,2	4,2	9,8	10,5	5,5	10,8	7,9	10,4	8,1	8,1	8,7
<b>Potasio</b>	mg/l	6,8	2,1	6,7	4,2	3,1	4	5,5	7,3	7,6	8,6	9
<b>Plomo</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Níquel</b>	µg/l	0,9	0,9	0,9	0,9	8	15	19	8	0,9	0,9	0,9
<b>Cobalto</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Aluminio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Manganeso</b>	µg/l	126	64	80	84	317	32	84	249	125	33	66
<b>Cromo</b>	µg/l	12	13	12	12	12	12	14	14	16	14	15
<b>Arsénico</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	22,8	19,8	22,4	23,9	20,7	26	22,6	22,8	22,2	22,5	23,4
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	0,67	6,18	2,15	6,41	5,9	5,9	0,6	0,35	2,8	0,33	0,1
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 4 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en septiembre 2011**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,1	6,28	6,22	6,43	6,35	6,52	6,34	6,45	6,4	6,26	6,19
<b>Turbiedad</b>	NTU	58	14,6	64	18	17,7	19,7	75	106	157	169	162
<b>DBO</b>	mg/l	10	10	10	10	10	10	10	16	49	90	146
<b>DQO</b>	mg/l	38	58	70	33	23	27	48	65	101	172	205
<b>SST</b>	mg/l	12	10	24	5	18	5	74	74	119	100	115
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	0,7	1,3	1	2
<b>Cloruro</b>	mg/l	10	4	14	10	7	10	9	10	9	9	10
<b>Nitrato</b>	mg/l	8	8	6	17	8	17	6	8	5	4	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	17	15	17	14	13	14	13	12	15	16	21
<b>Nitrito</b>	µg/l	881	20	950	354	115	365	303	277	375	490	554
<b>Amonio</b>	µg/l	3276	157	2424	251	370	351	274	287	619	1586	7634
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	9,7	13,4	11,8	8,8	11,2	11,9	6,3	6,8	11,1	7	4,8
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	0,93	0,25	0,59	0,37	0,04	0,3	0,48	0,61	0,62	0,5	0,69
<b>Sodio</b>	mg/l	21	7,3	28	35	24	17	25	20	21	21	33
<b>Calcio</b>	mg/l	3,1	2,9	2,7	9,3	3,8	8,7	3,3	3,6	2,3	2,6	3,9
<b>Potasio</b>	mg/l	4,8	3	5,5	5,2	4,6	4,9	4,2	7	4,7	6,9	12
<b>Plomo</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobre</b>	mg/l	10	17	12	4	6	6	20	15	21	20	17
<b>Níquel</b>	µg/l	48	4	5	24	19	14	4	11	5	4	15
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	3	2	2	2	6	10	7	7	6
<b>Aluminio</b>	µg/l	10891	2917	12830	4589	7255	7643	16352	78213	5850	16042	16402
<b>Manganeso</b>	µg/l	56	46	60	33	111	77	390	186	733	96	495
<b>Cromo</b>	µg/l	8	12	10	8	8	8	13	13	17	16	16
<b>Arsénico</b>	µg/l	8	1	1	8	1	8	1	1	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Cadmio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 5 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2011**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,13	6,68	6,3	6,43	6,44	6,42	6,33	6,4	6,48	6,58	6,55
<b>Turbiedad</b>	NTU	5,3	5,5	5,8	3,9	7,1	4,5	5	8,4	11	7,6	14
<b>DBO</b>	mg/l	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>DQO</b>	mg/l	59	11	42	11	31	28	18	52	54	53	42
<b>SST</b>	mg/l	1	9	1	3	9	1	16	11	12	10	28
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,5	4	5	4	3	1
<b>Cloruro</b>	mg/l	7	4	9	9	5	10	11	11	17	16	16
<b>Nitrato</b>	mg/l	10	8	11	17	81	16	7	6	4	7	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Nitrito</b>	µg/l	250	26	278	251	29	265	552	2697	32631	543	39748
<b>Amonio</b>	µg/l	538	215	352	268	512	396	402	621	734	2560	2623
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	8,4	1,2	8,8	1,4	2,3	3,8	1,8	4,8	5	1,7	7,7
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	0,54	0,14	0,65	0,46	0,11	0,51	0,97	1,1	1,23	1,4	1,7
<b>Sodio</b>	mg/l	15	5,2	19	17	7	16	17	16	23	22	9
<b>Calcio</b>	mg/l	53	3,6	48	31	55	7,7	5,4	8,9	7,6	8,8	6,7
<b>Potasio</b>	mg/l	3,6	2,3	5,5	4,9	2,4	5	27	4,5	26	3,5	6,8
<b>Plomo</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobre</b>	mg/l	8	8	8	9	8	8	10	8	11	9	10
<b>Níquel</b>	µg/l	4	4	4	4	4	5	50	4	5	5	4
<b>Cobalto</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Aluminio</b>	µg/l	1359	1508	1603	1459	3094	2294	6299	1279	2318	14915	3014
<b>Manganeso</b>	µg/l	38	48	38	42	51	43	106	88	85	87	107
<b>Cromo</b>	µg/l	9	9	7	7	7	7	18	7	7	7	8
<b>Arsénico</b>	µg/l	8	8	1	1	8	8	1	8	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Cadmio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 6 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en febrero 2012**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-14	R-05	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,7	6,38	6,89	6,94	6,44	7,11	6,9	6,93	6,96	6,84	6,45
<b>Turbiedad</b>	NTU	5,4	1,24	12,7	2,66	2,89	1,48	18,8	17,1	16,2	18,1	38,1
<b>DBO</b>	mg/l	74	30	20	10	48	10	90	36	39	66	243
<b>DQO</b>	mg/l	172	32	198	46	73	56	141	177	164	194	467
<b>SST</b>	mg/l	20,6	2	18,2	13,9	16,3	4,3	24,4	29,8	23,1	31,5	77,1
<b>Ssed</b>	m/l	0,5	0,1	1,2	0,1	0,8	0,1	0,8	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>Cloruro</b>	mg/l	0,2	4	0,2	15	7	18	24	27	25	24	28
<b>Nitrato</b>	mg/l	7	9	4	15	9	19	3	2	2	2	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	28	10	45	16	9	19	24	20	24	24	25
<b>Nitrito</b>	µg/l	573	32	904	42	503	42	21	30	28	22	22
<b>Amonio</b>	µg/l	10749	67	8894	2805	423	1504	12582	6236	9177	9280	9255
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	6,2	5,1	8,6	5,6	7,1	9,4	11,8	8,2	7,8	6,4	4,9
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	0,28	0,09	0,77	0,27	0,09	0,17	0,6	0,36	0,46	0,6	0,89
<b>Sodio</b>	mg/l	74	10	67	30	20	31	45	49	54	53	56
<b>Calcio</b>	mg/l	17	11	15	16	11	20	16	15	13	13	15
<b>Potasio</b>	mg/l	5,6	4,3	5	3,1	3,6	3,6	5,2	5,6	5,1	4,8	7,8
<b>Plomo</b>	µg/l	2	2	2	2	8	2	2	2	2	2	2
<b>Cobre</b>	mg/l	11	5	5	5	5	5	8	14	5	6	5
<b>Níquel</b>	µg/l	2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	8	41	0,9
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Aluminio</b>	µg/l	1102	319	5784	281	8076	232	376	1173	199	218	692
<b>Manganeso</b>	µg/l	12	777	1095	916	956	1095	936	1135	539	718	996
<b>Cromo</b>	µg/l	12	10	20	24	21	3	3	3	18	25	3
<b>Arsénico</b>	µg/l	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 7 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en abril 2012**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-14	R-05	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	7,53	8,02	7,43	7,73	7,5	8,02	7	7,1	6,86	6,82	6,2
<b>Turbiedad</b>	NTU	24,8	8,5	3,9	4,2	19,3	3,9	16,7	15,1	24,1	38,6	46
<b>DBO</b>	mg/l	78	10	10	10	28	10	66	94	152	62	300
<b>DQO</b>	mg/l	80	18	585	27	42	28	125	149	232	276	424
<b>SST</b>	mg/l	30,9	4,2	1,8	3,7	34,1	3,6	19,2	39,2	48,5	53,8	78,1
<b>Ssed</b>	m/l	2	0,1	0,9	0,2	0,7	0,1	0,4	1	2	5	3
<b>Cloruro</b>	mg/l	25	5	25	18	7	18	20	20	30	24	21
<b>Nitrato</b>	mg/l	5	6	4	10	6	11	2	61	2	2	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	24	12	34	20	10	19	17	26	21	26	27
<b>Nitrito</b>	µg/l	669	14	591	617	215	840	38	61	50	39	57
<b>Amonio</b>	µg/l	9020	184	5622	2027	1478	1286	3565	3064	4226	4894	11854
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	4,1	7,5	7,3	4,4	6,1	3,9	7,9	1,4	6,6	3,1	4,8
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	1,06	0,1	1,15	0,56	0,11	0,34	0,81	2,07	2,42	2,23	2,71
<b>Sodio</b>	mg/l	44	9,4	51	39	26	31	36	38	52	57	44
<b>Calcio</b>	mg/l	9,7	5,5	9,8	10,6	6,1	11,4	11	10,6	10,8	10,6	9,4
<b>Potasio</b>	mg/l	11	3,1	11	5,5	4,8	7,8	12	13	11	11	14
<b>Plomo</b>	µg/l	51	9	17	11	8	11	30	70	19	22	5
<b>Cobre</b>	mg/l	10	6	7	6	8	6	8	10	11	12	18
<b>Níquel</b>	µg/l	4	4	4	4	4	4	15	11	11	7	5
<b>Cobalto</b>	µg/l	4	3	3	3	3	2	5	4	4	4	5
<b>Aluminio</b>	µg/l	933	1200	714	489	1205	382	832	86	978	1114	973
<b>Manganeso</b>	µg/l	879	517	8262	8100	8698	636	1400	1326	1268	1301	1408
<b>Cromo</b>	µg/l	14	19	11	13	16	11	13	15	19	12	26
<b>Arsénico</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Zinc</b>	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Cadmio</b>	µg/l	7	0,8	5	5	0,8	0,8	5	5	5	5	0,8
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Anexo 8 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en junio 2012

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	7,17	6,51	7,04	7,23	7,25	7,58	7,11	6,96	6,71	6,38	6,39
<b>Turbiedad</b>	NTU	12,3	6,9	13,3	3	12,8	3,1	29,6	31,4	49	43	45
<b>DBO</b>	mg/l	10	10	25	10	9	10	59	159	194	220	121
<b>DQO</b>	mg/l	78	22	79	25	42	22	127	193	317	361	206
<b>SST</b>	mg/l	20,4	4,7	7,8	8,1	29,8	4,2	36,4	38	71,5	82,7	57,4
<b>Ssed</b>	m/l	2,5	0,1	0,9	0,2	0,8	0,2	3	2,5	5,5	10	1,5
<b>Cloruro</b>	mg/l	20	8	24	14	7	14	31	24	21	24	18
<b>Nitrato</b>	mg/l	6	4	2	15	5	13	2	2	2	2	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	23	11	26	16	9	17	19	19	21	19	19
<b>Nitrito</b>	µg/l	777	23	3646	437	102	514	114	50	34	42	47
<b>Amonio</b>	µg/l	1098	4127	651	13018	624	1049	1012	1208	1974	2993	348
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	21,1	12,7	17,2	16,6	18,5	18,6	17,9	11,9	18,8	2,2	6,1
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	2	0,7	1,9	0,7	0,7	0,76	2,7	1,9	3,3	2	2,5
<b>Sodio</b>	mg/l	37,6	9	39,9	23,9	160,07	24,4	32,4	37,6	26,9	31,1	36,3
<b>Calcio</b>	mg/l	11	2,5	11	11	3,2	13	12	12	10	11	10
<b>Potasio</b>	mg/l	6,8	2,4	9,8	5,3	3,1	5,4	9,8	11	12,1	13,6	11,4
<b>Plomo</b>	µg/l	4	14	4	5	14	4	4	4	4	4	4
<b>Cobre</b>	mg/l	9	13	7	6	8	6	8	16	10	14	30
<b>Níquel</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Aluminio</b>	µg/l	20	2669	410	460	4450	236	2794	630	868	1119	943
<b>Manganeso</b>	µg/l	354	1117	227	624	626	494	521	158	158	158	131
<b>Cromo</b>	µg/l	3	22	3	22	13	3	3	3	3	30	21
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	11	48	4	58	41	19	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	22	19,7	21,8	22,4	19,9	23	21,6	21,6	21,6	21,6	21,4
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 9 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en agosto 2012**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-15
<b>pH</b>	-	7,46	7,55	7,4	7,55	7,55	7,86	7,46	7,32	7,31	7,25	7,17
<b>Turbiedad</b>	NTU	12,3	15	12,9	4,4	39	4,9	13,5	16	29	30,5	45
<b>DBO</b>	mg/l	24	10	32	12	10	12	48	60	120	100	140
<b>DQO</b>	mg/l	28	13	37	13	23	13	52	59	172	131	246
<b>SST</b>	mg/l	6,6	8,7	14,1	2	49,6	1,1	10,7	17,1	55,5	40	59,5
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,1	0,6	0,1	0,5	0,1	5	4	9	10	10
<b>Cloruro</b>	mg/l	31	5	27	16	6	16	16	18	18	21	19
<b>Nitrato</b>	mg/l	8	8	6	16	6	15	1	1	1	1	1
<b>Sulfato</b>	mg/l	29	20	41	21	16	21	18	19	18	20	25
<b>Nitrito</b>	µg/l	0,9	0,5	1	0,7	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Amonio</b>	µg/l	4652	177	2490	477	1607	548	2430	1143	2824	3192	2435
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	4,2	0,6	17,2	16,6	18,5	8,1	0,6	4,8	14,3	13,3	13,9
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	0,53	0,09	1,1	0,24	0,09	0,23	1,34	1,25	1,56	1,6	2,4
<b>Sodio</b>	mg/l	50	7,7	55	24	11,6	26	36	37	41	42	48
<b>Calcio</b>	mg/l	7	6	6,9	10	3,5	11	8,6	7,7	7,3	7,2	6,4
<b>Potasio</b>	mg/l	8	3,6	7,6	5,7	4	6	7,7	7,6	8,2	7,6	7,9
<b>Plomo</b>	µg/l	18	17	4	8	9	5	15	7	26	18	27
<b>Cobre</b>	mg/l	5	4	9	2	10	22	8	5	17	13	14
<b>Níquel</b>	µg/l	5	5	10	5	5	5	5	6	8	10	8
<b>Cobalto</b>	µg/l	4	4	6	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Aluminio</b>	µg/l	750	758	730	244	754	179	299	806	1525	1484	1505
<b>Manganeso</b>	µg/l	108	290	630	787	699	1379	1257	1292	1309	1379	1413
<b>Cromo</b>	µg/l	10	5	5	5	5	5	5	5	7	8	9
<b>Arsénico</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Zinc</b>	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Cadmio</b>	µg/l	4	4	4	4	4	4	4	4	8	5	7
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	23,2	20,6	22,9	24,1	21,7	25,1	23,6	23	23,3	23,4	23,4
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	3,78	7,4	3,81	5,42	7,13	5,79	6,12	0,49	0,45	0,75	0,41
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 10 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2012**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,41	6,72	6,37	6,51	6,17	6,21	6,25	6,33	6,37	6,37	6,42
<b>Turbiedad</b>	NTU	88	51	85	90	63	94	276	440	233	786	458
<b>DBO</b>	mg/l	22	10	28	10	13	14	17	23	22	82	70
<b>DQO</b>	mg/l	84	31	40	30	118	20	51	216	131	123	88
<b>SST</b>	mg/l	63,3	82,6	86,2	79,7	97,5	59,7	177,4	291,4	191,6	958	532
<b>Ssed</b>	m/l	0,7	0,2	0,9	0,2	0,3	0,2	0,3	0,9	0,5	2,5	1,5
<b>Cloruro</b>	mg/l	12	4	10	12	5	10	5	4	7	6	8
<b>Nitrato</b>	mg/l	9	5	6	10	6	9	5	5	6	1	3
<b>Sulfato</b>	mg/l	16,2	9,6	14	11,2	10,2	10,4	8,2	9,4	12,1	10,7	12,4
<b>Nitrito</b>	µg/l	324	47	379	184	69	202	152	149	171	132	119
<b>Amonio</b>	µg/l	1223	78	315	313	221	352	226	178	772	583	926
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	10	2	2	7,2	14,1	5,5	6,5	21	8,1	50,9	11,8
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Sodio</b>	mg/l	11,7	3,9	14,4	12	6,4	6,4	10,6	6	6,2	11,1	10,7
<b>Calcio</b>	mg/l	3,9	3,6	2,7	10	3,7	7,4	2,8	3,7	0,9	4,3	3,4
<b>Potasio</b>	mg/l	2,2	1,8	2,5	2,2	1,9	2	2,1	2,2	2,3	4,8	3,1
<b>Plomo</b>	µg/l	6	16	3	8	2	17	18	15	6	9	2
<b>Cobre</b>	mg/l	10	9	14	14	10	10	36	30	30	311	82
<b>Níquel</b>	µg/l	5	5	5	7	4	4	18	17	16	60	23
<b>Cobalto</b>	µg/l	4	3	4	3	3	4	8	7	6	38	12
<b>Aluminio</b>	µg/l	12258	13706	19499	15516	15034	15516	51358	52323	41945	63667	58719
<b>Manganeso</b>	µg/l	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	0,5
<b>Cromo</b>	µg/l	22	27	24	37	18	22	74	64	35	574	251
<b>Arsénico</b>	µg/l	3	3	3	3	3	3	6	3	4	52	14
<b>Zinc</b>	mg/l	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Cadmio</b>	µg/l	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	21,8	20,4	22	21	20,1	21,4	20,3	20,2	18,8	18,7	19,8
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	5,06	7,15	2,53	6,9	6,59	6,41	6,63	6,57	5,52	0,74	1,93
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 11 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en noviembre 2012**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-06	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	7,54	7,38	7,45	7,54	7,57	7,81	7,25	6,96	6,75	6,79	6,77
<b>Turbiedad</b>	NTU	11,8	14,8	16,9	3,9	9,2	5,9	103	46	42	60	51
<b>DBO</b>	mg/l	42	28	69	11	10	11	28	61	93	83	121
<b>DQO</b>	mg/l	72	70	114	41	38	40	92	186	201	190	172
<b>SST</b>	mg/l	19,6	16,7	18,3	8,2	19,2	7,8	50,1	69,4	63,6	60	58,4
<b>Ssed</b>	m/l	1	0,7	1,4	0,1	0,4	0,2	1,7	3	2,3	2	1,1
<b>Cloruro</b>	mg/l	18	12	30	26	4	18	14	15	15	20	16
<b>Nitrato</b>	mg/l	6	5	5	18	4	16	2	2	2	3	3
<b>Sulfato</b>	mg/l	21	16	32	17	6	16	17	15	12	15	16
<b>Nitrito</b>	µg/l	342	170	640	9238	638	1194	1028	288	1248	518	173
<b>Amonio</b>	µg/l	34114	7116	4744	16163	4804	6879	6049	12161	5041	12902	5634
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	28,9	9,1	9	25,5	21,1	27,6	10,5	9,3	29,4	28,9	26,3
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	0,3	0,2	0,7	0,3	0,1	0,3	0,3	1,4	1,8	1,7	2
<b>Sodio</b>	mg/l	37	4	44	14	10,7	14,5	18,3	21,8	22,4	22,5	19
<b>Calcio</b>	mg/l	5,8	2	6	5,5	5,1	5,1	4	4,2	5	4,4	4,6
<b>Potasio</b>	mg/l	9,5	1,6	10,7	2,9	2,3	3,4	4,4	6,1	6,8	6,1	7
<b>Plomo</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobre</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Níquel</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	1	1	1	2	3	3	2	3
<b>Aluminio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Manganeso</b>	µg/l	220	41	216	111	73	122	180	187	184	190	187
<b>Cromo</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Arsénico</b>	µg/l	12	2	2	2	5	2	2	1	1	1	3
<b>Zinc</b>	mg/l	0,2	0,06	0,2	0,2	0,06	0,2	0,2	0,2	0,2	0,06	0,2
<b>Cadmio</b>	µg/l	3	3	3	3	5	3	3	3	3	14	3
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 12 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en febrero 2013**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,69	6,29	7,19	7,21	7,16	7,52	7,24	7,04	7,1	6,9	6,8
<b>Turbiedad</b>	NTU	20,4	4,2	15,8	5,4	11,1	7,1	15,2	28,3	42	52	66
<b>DBO</b>	mg/l	15	10	24	12	20	11	29	82	136	173	136
<b>DQO</b>	mg/l	46	18	64	44	44	18	127	240	321	350	385
<b>SST</b>	mg/l	18,1	1,2	4,2	3,5	8,9	2,2	10,7	24,6	59,6	84	129,2
<b>Ssed</b>	m/l	0,3	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3,5	6	7
<b>Cloruro</b>	mg/l	32	6	32	22	8	26	39	34	42	42	37
<b>Nitrato</b>	mg/l	8	10	3	13	6	12	1	4	1	1	1
<b>Sulfato</b>	mg/l	29	14	40	24	13	25	25	27	29	30	41
<b>Nitrito</b>	µg/l	304	48	295	651	246	578	143	488	16	128	83
<b>Amonio</b>	µg/l	10555	104	7517	3676	2750	3968	11592	3815	6059	8500	13409
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	18,2	8,6	24,1	16,1	5,3	nd	nd	18,9	4,1	15,2	25,1
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	13	4	11	12	10	8	14	3	16	20	28
<b>SAAM</b>	mg/l	2,6	0,02	2,4	1,4	0,02	2,2	2,2	2	1,2	2,3	3,2
<b>Sodio</b>	mg/l	772	12	852	26	11	552	692	762	872	1272	902
<b>Calcio</b>	mg/l	7	5,5	7,3	26	5,9	8,1	8,1	7,7	22	310	7,7
<b>Potasio</b>	mg/l	11	3	11	7	3	7	12	11	14	14	13
<b>Plomo</b>	µg/l	2	4	2	4	5	17	18	15	6	9	2
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,09	0,13	1467
<b>Níquel</b>	µg/l	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4	4	4	5	12
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4
<b>Aluminio</b>	µg/l	1117	475	2010	616	1064	1376	1069	1022	1533	2080	4103
<b>Manganeso</b>	µg/l	1333	1037	1464	395	839	1168	1333	1135	1467	1336	2
<b>Cromo</b>	µg/l	3	4	4	3	3	3	4	4	5	4	16
<b>Arsénico</b>	µg/l	4	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,4	0,2
<b>Cadmio</b>	µg/l	26	23	23	23	23	23	24	22	3	4	13
<b>HC</b>	mg/l	2	2	2	2	3	3	32	38	39	13	14
<b>Temperatura</b>	°C	25,8	23,6	25,4	27	23,4	28,1	25,8	24,4	24,9	24,9	25,4
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	5,43	6,3	8,17	5,46	3,66	6,56	3,4	2,53	1,71	1,97	3,68
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 13 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en abril 2013**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	7,21	6,9	7,14	7,19	7,16	7,31	7,33	7,32	7,13	6,96	6,62
<b>Turbiedad</b>	NTU	45	44	38,2	40	64	35,7	31,3	33,1	41	46	72
<b>DBO</b>	mg/l	40	40	46	40	54	50	40	60	112	100	220
<b>DQO</b>	mg/l	35	50	48	32	56	25	44	71	127	155	248
<b>SST</b>	mg/l	36,2	52,3	31,5	32,3	79,1	25,8	35,2	41,1	43,3	51,1	109,4
<b>Ssed</b>	m/l	0,3	0,5	0,5	0,2	1	0,1	0,4	0,9	0,2	0,2	0,3
<b>Cloruro</b>	mg/l	22	23	27	12	13	13	11	11	12	13	23
<b>Nitrato</b>	mg/l	8,4	7	8,5	10	7,3	9,2	4,1	3,3	2	0,9	0,9
<b>Sulfato</b>	mg/l	19,2	20,3	28,1	20	16,9	21,4	22,6	18,5	19,7	19,6	26
<b>Nitrito</b>	µg/l	517	389	1941	705	248	875	412	216	433	462	88
<b>Amonio</b>	µg/l	871	3493	762	555	1883	305	1088	1251	1262	871	5931
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,5	15,6	0,5	0,5	0,5	6,2	0,5	3,2	17	0,5	16,7
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	7	14	4	5	8	4	3	3	11	4	7
<b>SAAM</b>	mg/l	0,25	0,24	0,5	0,22	0,11	0,27	0,34	0,34	1,11	1,37	2,33
<b>Sodio</b>	mg/l	20	20	23	2	18	18	18	18	19	19	22
<b>Calcio</b>	mg/l	4,98	4,29	5,32	0,71	3,65	5,21	6,04	6,43	7,03	6,04	5,78
<b>Potasio</b>	mg/l	5,5	5,9	6,5	4,5	4,7	5	1,1	1,1	7,4	7,6	9,1
<b>Plomo</b>	µg/l	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Cobre</b>	mg/l	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	620
<b>Níquel</b>	µg/l	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
<b>Aluminio</b>	µg/l	3765	6133	4935	3965	11608	4474	3642	3634	5027	3727	6993
<b>Manganeso</b>	µg/l	762	585	1221	620	726	620	1044	938	1009	620	0,08
<b>Cromo</b>	µg/l	6	8	4	5	9	1	2	1	1	5	8
<b>Arsénico</b>	µg/l	9	6	10	8	5	9	7	8	5	6	9
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,1	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	9	7	3	3	5	6	5	5	7	5	7
<b>HC</b>	mg/l	30	13	23	24	3	7	21	6	33	27	8
<b>Temperatura</b>	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 14 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en junio 2013**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,86	6,93	6,96	7,46	6,85	7,39	6,99	7,02	7,3	7,21	7,03
<b>Turbiedad</b>	NTU	13,7	10,6	15,2	14,7	55	17,2	13	25,2	21,4	24,2	58
<b>DBO</b>	mg/l	15	10	10	11	50	10	18	43	53	161	224
<b>DQO</b>	mg/l	127	62	75	35	111	52	98	91	140	232	622
<b>SST</b>	mg/l	18,9	9,3	15,7	10,1	78,2	12	14,3	38,7	21,4	34,1	71,6
<b>Ssed</b>	m/l	0,5	0,1	0,2	0,2	0,9	0,1	0,4	0,1	0,1	0,5	2,5
<b>Cloruro</b>	mg/l	33	8	30	19	13	19	22	19	22	28	32
<b>Nitrato</b>	mg/l	12,4	6	9	14	0,8	13,9	2,4	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Sulfato</b>	mg/l	28,6	27,2	33,1	20,9	20,2	21,4	23,5	19,5	21,5	25,2	29
<b>Nitrito</b>	µg/l	1808	77	1908	1856	41	1945	268	74	81	127	143
<b>Amonio</b>	µg/l	5987	409	3551	714	286	920	7257	2588	6438	4699	8488
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	4	19	13	30	6	16	16	3	23	1	9
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	0,4	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4	0,6	2,2	2,4
<b>Sodio</b>	mg/l	354	12	354	17	18	1645	3	180	404	41	4
<b>Calcio</b>	mg/l	6,5	5,3	6,1	7,7	5,2	8	8,4	14	14	15	15
<b>Potasio</b>	mg/l	6,7	3,1	6	4,7	3,8	4,8	8,1	7	8,1	8,8	11,8
<b>Plomo</b>	µg/l	18	6	5	8	5	5	5	2	2	2	2
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	17
<b>Níquel</b>	µg/l	3	2	2	2	2	2	3	3	4	3	3
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Aluminio</b>	µg/l	50	75	163	156	179	142	107	84	75	70	111
<b>Manganeso</b>	µg/l	4	10	417	454	776	410	783	142	95	22	2
<b>Cromo</b>	µg/l	8	6	8	7	5	6	4	4	11	7	7
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	38	2	13	42	28	24	34	60	23	59	81
<b>Temperatura</b>	°C	24,3	22,6	24	25,3	23,3	25,9	24,5	23,9	24,2	23,9	24
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	1,4	8,59	5,61	4,91	0,61	5,58	1,6	0,63	0,48	0,56	0,58
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 15 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2013**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,07	6,28	7,03	6,9	6,99	6,92	7,02	6,97	6,91	6,82	6,79
<b>Turbiedad</b>	NTU	56	16,6	40	12,2	23,5	10,2	60	66	71	67	59
<b>DBO</b>	mg/l	100	10	44	10	10	10	20	60	80	80	100
<b>DQO</b>	mg/l	117	18	103	27	18	17	18	79	82	128	149
<b>SST</b>	mg/l	59,8	18,8	37,3	2,3	30,6	7,8	43,7	61,7	60,4	48,9	58,2
<b>Ssed</b>	m/l	1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,4	0,7	1,5	1,5	1
<b>Cloruro</b>	mg/l	13	4	13	14	6	15	8	12	11	11	12
<b>Nitrato</b>	mg/l	10	6	4	18	7	20	8	1	1	1	1
<b>Sulfato</b>	mg/l	20	14	21	14	12	15	15	14	19	18	19
<b>Nitrito</b>	µg/l	420	2	1408	60	39	96	145	2	39	39	39
<b>Amonio</b>	µg/l	3143	222	1212	324	269	141	615	350	680	694	2502
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	17	8	11	15	8	25,3	24,4	24,3	23,6	23,6	23,6
<b>SAAM</b>	mg/l	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,81	0,3
<b>Sodio</b>	mg/l	25	3,9	35	13,2	8,9	20	11,6	12,1	13,2	21	22
<b>Calcio</b>	mg/l	5,6	3	4,8	7,1	4,9	9,2	5,6	5,9	5,1	7,3	6
<b>Potasio</b>	mg/l	2,59	1,39	2,78	2,7	1,6	2,42	2,31	2,68	2,78	3,11	3,36
<b>Plomo</b>	µg/l	5	5	5	19	5	17	6	5	5	5	5
<b>Cobre</b>	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	463
<b>Níquel</b>	µg/l	6	23	3	0,9	4	3	4	0,9	6	10	4
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	4	2	2	2	2	2	4	4	4
<b>Aluminio</b>	µg/l	61	64	57	69	74	63	77	61	59	63	56
<b>Manganeso</b>	µg/l	6576	988	1184	988	791	1053	1446	6249	6576	3955	0,1
<b>Cromo</b>	µg/l	4	4	3	3	3	24	3	3	3	3	3
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
<b>Cadmio</b>	µg/l	7	8	10	10	11	10	10	8	5	12	3
<b>HC</b>	mg/l	2	2	32	57	38	36	32	2	68	41	29
<b>Temperatura</b>	°C	23,7	21,3	23,9	24,3	21,8	14	8	12	9	9	17
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	6,45	7,73	7,06	7,03	7,42	7,18	4,4	6,3	5,5	6,36	5,32
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 16 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en enero 2014**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,8	6,96	6,62	6,87	6,79	6,71	6,77	6,93	6,83	6,91	6,77
<b>Turbiedad</b>	NTU	28,2	3,08	32,2	5,1	11,2	12,8	24,1	33,5	28,7	26,1	60
<b>DBO</b>	mg/l	44	22	60	27	33	160	60	120	160	160	280
<b>DQO</b>	mg/l	102	315	471	74	155	315	113	290	291	621	291
<b>SST</b>	mg/l	29,2	1,8	37	4,2	9,4	16,7	28,7	29,2	63,2	64,9	74,8
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,7	0,5	1,5	2,2	4,5
<b>Cloruro</b>	mg/l	32	6	35	25	8	27	29	28	38	37	38
<b>Nitrato</b>	mg/l	19	16	6	23	9	19	2	2	2	0,09	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	31	13	53	24	11	27	28	28	34	36	37
<b>Nitrito</b>	µg/l	1881	72	1840	1766	475	2120	318	274	190	168	146
<b>Amonio</b>	µg/l	12536	197	7991	2232	640	1084	16500	12299	11007	13376	24470
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	9	6	12	3	5	5	8	19	6	23	12
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	18	13	15	13	13	25	23,5	23,5	23,3	23,9	23,9
<b>SAAM</b>	mg/l	1,5	0,2	1,6	0,6	0,1	0,5	1,7	2,5	3,9	3	4,4
<b>Sodio</b>	mg/l	55	8,2	65	39	19	41	49	50	64	62	59
<b>Calcio</b>	mg/l	17	9,8	6,7	9,4	12,2	20	18	20	22	10,2	11,8
<b>Potasio</b>	mg/l	11,1	2,6	11,7	7,3	3,2	7,5	9,9	11,7	14	11	14
<b>Plomo</b>	µg/l	5	2	2	2	2	2	2	2	5	2	2
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	6531
<b>Níquel</b>	µg/l	1,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	4,4	6	9,5	2,6	6,2
<b>Cobalto</b>	µg/l	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2
<b>Aluminio</b>	µg/l	508	470	776	252	153	1775	336	273	1495	422	365
<b>Manganeso</b>	µg/l	6039	285	4810	4613	974	679	630	6531	482	5793	2
<b>Cromo</b>	µg/l	3	6	4	24	3	3	3	3	3	3	3
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,8	34	0,8	0,8	33	0,8	0,8	224	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	6	9	2	32	2	2	2	2	27	26	45
<b>Temperatura</b>	°C	22	21,8	23	23,9	21,6	21	21	23	30	28	33
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	5,6	6,1	4,5	5,9	4,3	7,4	2,1	1,6	0,37	2	3,3
<b>% Saturación</b>	%	61	78	58	78	54	98	27	20	5	37	43

**Anexo 17 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en febrero 2014**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,62	6,59	6,1	6,32	6,44	6,37	6,69	7,06	6,8	6,88	6,54
<b>Turbiedad</b>	NTU	17,1	2,4	14,3	4,8	36,3	18,3	19,1	26,6	42	28,2	42
<b>DBO</b>	mg/l	44	10	51	11	11	10	53	120	80	80	274
<b>DQO</b>	mg/l	112	35	211	52	112	102	177	160	271	258	400
<b>SST</b>	mg/l	50,2	9,1	39,5	12,4	99,3	23,9	50,1	39,8	52,3	50,1	108,1
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,01	0,4	0,1	0,9	0,3	1,5	1	1	1	5,5
<b>Cloruro</b>	mg/l	34	6	25	25	9	32	38	35	32	31	59
<b>Nitrato</b>	mg/l	17	13	16	16	11	17	2	2	0,09	2	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	32	11	24	24	10	27	34	29	33	32	46
<b>Nitrito</b>	µg/l	1791	61	2163	2198	504	3881	304	366	181	186	260
<b>Amonio</b>	µg/l	12013	501	4282	4027	2261	2010	23286	17192	14048	14926	23475
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	21	1	22	2	11	8	16	18	10	5	5
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	14	13	14	13	13	25,1	23,2	23	23,2	23	24,1
<b>SAAM</b>	mg/l	1,27	0,08	1,26	0,64	0,02	0,42	1,09	3,07	2,55	3,89	6,2
<b>Sodio</b>	mg/l	41	6,4	60	40	23	43	54	52	55	53	61
<b>Calcio</b>	mg/l	3,2	3,4	6,6	6,6	3,5	7	20	5,9	5,4	5,7	9,4
<b>Potasio</b>	mg/l	6,7	2	10,6	7,1	3,3	7,8	2,1	2	2,1	2,1	2,4
<b>Plomo</b>	µg/l	2	192	10	116	210	32	28	66	2	2	2
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	503
<b>Níquel</b>	µg/l	0,9	0,9	0,9	0,9	4	0,9	34	6	13	12	4
<b>Cobalto</b>	µg/l	3	2	6	3	21	7	3	11	3	3	3
<b>Aluminio</b>	µg/l	3745	729	1991	940	3244	1491	1140	1165	990	1015	1190
<b>Manganeso</b>	µg/l	644	57	669	220	319	222	277	354	227	695	2
<b>Cromo</b>	µg/l	3	3	16	14	20	12	7	19	7	10	6
<b>Arsénico</b>	µg/l	4	1	1	1	5	2	2	2	1	1	4
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,1	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	2	8	8	10	10	12	24	5	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	71	2	23	30	4	55	46	41	51	24	28
<b>Temperatura</b>	°C	22,1	21,8	22,6	24,8	22,1	3	20	15	16	14	27
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	8,44	7,56	4,93	6,92	4,96	7,49	5,23	2,35	1,12	2,18	3,18
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 18 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en abril 2014**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	7,18	7,53	7,47	7,29	7,85	7,93	7,9	7,67	7,62	7,54	7,41
<b>Turbiedad</b>	NTU	38,2	22	26,3	27,5	121	201	120	90	85	74	66
<b>DBO</b>	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	120	40	40	87	46	63	154
<b>DQO</b>	mg/l	90	39	77	138	251	77	125	237	111	213	275
<b>SST</b>	mg/l	32,2	13,7	13,7	7	147,6	185	75,1	90,3	70,3	66,5	83,9
<b>Ssed</b>	m/l	0,5	0,1	0,1	0,2	4	0,5	0,5	0,9	1	1	0,7
<b>Cloruro</b>	mg/l	20	6	18	16	81	18	10	14	11	11	27
<b>Nitrato</b>	mg/l	11	9	9	9	7	10	5	1	3	1	0,09
<b>Sulfato</b>	mg/l	30,1	13,9	33	15,7	33	20,6	21,4	22,8	21,1	32,4	0,7
<b>Nitrito</b>	µg/l	617	93	667	598	419	718	307	72	469	918	99
<b>Amonio</b>	µg/l	3691	208	2486	2089	4032	1927	3792	2269	3043	3109	6701
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	8,9	17,1	11,4	11,9	12,2	9,9	15,5	16,9	7,3	3,5	16,3
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sodio</b>	mg/l	46	11	33	25	58	26	14	21	15	15	27
<b>Calcio</b>	mg/l	4,9	1,7	3,5	6,1	4,7	5,8	7,6	7,1	3,1	3,1	4,5
<b>Potasio</b>	mg/l	6,8	4,2	6,2	6,2	9,7	6,6	5,9	7,7	5,8	5,4	8,6
<b>Plomo</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobre</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Níquel</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cobalto</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Aluminio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Manganeso</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cromo</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Arsénico</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Zinc</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cadmio</b>	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>HC</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	25,7	24,6	25,6	26	24,4	27	25,6	25,5	25,3	24,6	25,6
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	9,58	9,94	10,45	10,03	4,06	9,58	9,3	2,8	9,12	9,72	7,54
<b>% Saturación</b>	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Anexo 19 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en agosto 2014**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,64	6,96	6,57	6,75	6,81	6,96	6,79	6,6	6,52	6,49	6,34
<b>Turbiedad</b>	NTU	28,2	6,8	13,2	6,4	13,5	6,9	20,7	25,2	24,6	26	45
<b>DBO</b>	mg/l	10	10	10	10	10	10	21	36	37	66	138
<b>DQO</b>	mg/l	33	34	60	33	33	60	136	96	110	150	245
<b>SST</b>	mg/l	33,7	1,3	5,1	0,02	23,5	0,02	15,5	20,8	22,8	21,9	55,7
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	1,2
<b>Cloruro</b>	mg/l	20	5	31	31	7	32	8	13	16	14	15
<b>Nitrato</b>	mg/l	7	4	8	16	4	15	2	2	2	2	0,09
<b>Sulfato</b>	mg/l	34	16	26	17	13	18	14	13	16	20	22
<b>Nitrito</b>	µg/l	2479	27	2734	1239	469	1204	40	140	83	103	75
<b>Amonio</b>	µg/l	3712	304	3014	466	1778	584	309	84	84	84	5401
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	17	12	8,3	3,8	26,1	16,9	11,5	14,2	6	6,1	14,7
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SAAM</b>	mg/l	1,7	0,2	1,6	0,6	0,2	0,8	1,8	1,3	1,6	1,7	2,9
<b>Sodio</b>	mg/l	34	7,2	51	32	9,9	32	20	28	35	30	28
<b>Calcio</b>	mg/l	5,7	4,2	8,1	10,2	5	10,7	7,6	8,6	7,6	7,4	7,4
<b>Potasio</b>	mg/l	7,6	2,5	8,4	5,5	3,1	5,7	6,2	7,3	7,7	7,6	8,1
<b>Plomo</b>	µg/l	2	2	2	4	14	2	2	2	2	2	4
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Níquel</b>	µg/l	0,9	0,9	0,9	21	0,9	22	20	26	13	19	13
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Aluminio</b>	µg/l	5627	2893	3613	2496	2533	763	1787	1643	1751	1643	2112
<b>Manganeso</b>	µg/l	2664	1366	1299	1276	1768	1053	2619	1187	1209	2126	2305
<b>Cromo</b>	µg/l	5	3	7	7	13	7	5	17	6	3	15
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	52	48	20	2	24	2	2	2	2	2	2
<b>Temperatura</b>	°C	23,1	21	24,2	24,4	21,4	25,8	23,4	23	22,6	22,8	22,6
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	4,49	5,23	4,64	4,96	4,44	5,04	3,15	2,9	3,19	3,66	3,88
<b>% Saturación</b>	%	77	87	80	86	76	91	54	51	56	61	66

**Anexo 20 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2014**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	7,3	7,49	7,03	7,32	7,04	7,3	7,04	7	6,98	6,95	6,66
<b>Turbiedad</b>	NTU	28,5	18,7	60	3,8	37,2	4	148	115	119	98	132
<b>DBO</b>	mg/l	10	10	38	10	10	10	19	31	62	62	120
<b>DQO</b>	mg/l	191	77	187	91	166	98	136	215	204	228	311
<b>SST</b>	mg/l	18,5	26,5	30,7	3,8	19,4	19,7	98,1	133,5	138,8	132,5	177,8
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,3	1,5	0,1	0,5	0,1	1	1,5	3	2,5	3
<b>Cloruro</b>	mg/l	16	3	20	12	4	11	8	7	9	10	27
<b>Nitrato</b>	mg/l	12	5	3	17	6	16	1	1	1	1	1
<b>Sulfato</b>	mg/l	19	11	20	13	9	12	11	10	12	13	14
<b>Nitrito</b>	µg/l	1217	62	1293	739	201	701	1192	1797	1696	1205	150
<b>Amonio</b>	µg/l	4875	245	13445	722	125	529	136	72	1685	1786	3804
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	7	3	10	4	21	6	7	9	5	7	4
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	11	11	11	11	11	11	12	11	11	13	32
<b>SAAM</b>	mg/l	0,6	0,02	0,5	0,2	0,02	0,2	0,2	0,3	1	1,1	1,5
<b>Sodio</b>	mg/l	33	4,4	42	22	8,3	22	21	21	26	25	33
<b>Calcio</b>	mg/l	5,9	1,6	6,2	6,9	7,4	7,4	1,7	1,4	4,4	4,6	4,5
<b>Potasio</b>	mg/l	10,2	2,1	6,1	3,4	2,6	4,8	0,1	5	6,2	5,6	4,6
<b>Plomo</b>	µg/l	2	15	6	9	5	15	6	15	5	2	2
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Níquel</b>	µg/l	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	13	20	18
<b>Cobalto</b>	µg/l	4	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4
<b>Aluminio</b>	µg/l	509	980	733	318	1292	253	6125	4698	874	635	1199
<b>Manganeso</b>	µg/l	8	197	11	161	518	37	756	1279	1266	349	392
<b>Cromo</b>	µg/l	5	3	3	4	3	3	27	25	53	42	41
<b>Arsénico</b>	µg/l	3	3	9	4	5	1	1	1	1	6	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	2	18	2	49	2	14	2	2	39	22	35
<b>Temperatura</b>	°C	25	21,6	24,6	24,4	22,4	25,2	23,6	23,3	23,2	23,1	23,3
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	6,64	7,76	6,78	7,32	7,04	7,45	5,68	5,73	5,48	5,89	6,58
<b>% Saturación</b>	%	90	99	91	98	90	100	74	75	72	77	87

**Anexo 21 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en noviembre 2014**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,66	7,36	6,65	7,11	7,24	7,25	6,88	7,03	6,87	6,69	6,64
<b>Turbiedad</b>	NTU	18,3	5,4	25,8	27,5	7,8	18,8	17,5	19,9	29,2	29	73
<b>DBO</b>	mg/l	0,1	0,1	22	10	0,1	10	10	37	82	90	100
<b>DQO</b>	mg/l	140	36	129	129	36	45	220	150	321	325	332
<b>SST</b>	mg/l	9,1	3,9	31,6	56,3	11	14,5	12,3	29,6	47,4	35,1	99,2
<b>Ssed</b>	m/l	0,3	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,6	0,7	1	0,8	10
<b>Cloruro</b>	mg/l	5	23	19	24	4	14	31	9	12	12	33
<b>Nitrato</b>	mg/l	10	2	7	22	6	22	0,09	2	2	0,09	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	13	18	17	13	8	15	16	11	12	11	17
<b>Nitrito</b>	µg/l	1576	34	5329	1111	213	1368	111	3991	251	88	104
<b>Amonio</b>	µg/l	5449	132	2799	550	704	791	5215	563	3085	3318	5604
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	14	4	12	25	11	24	11	9	8	12	15
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	10	25	11	17	15	11	11	11	11	13	11
<b>SAAM</b>	mg/l	0,6	0,3	0,9	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	1,5	0,5	0,8
<b>Sodio</b>	mg/l	36	7,1	46	21	11,5	21	23	20	28	13	21
<b>Calcio</b>	mg/l	7,6	4,1	7,8	9,3	4,6	9,1	9	8,7	9,8	10	10
<b>Potasio</b>	mg/l	6,2	2,7	7,8	9,3	4,6	5	5,7	5,9	7,8	7,9	9,9
<b>Plomo</b>	µg/l	167	496	32	113	41	39	40	88	16	11	42
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Níquel</b>	µg/l	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Aluminio</b>	µg/l	597	544	1263	1017	1253	430	561	574	531	403	712
<b>Manganeso</b>	µg/l	12	2	20	12	2	2	146	55	57	57	52
<b>Cromo</b>	µg/l	4	6	3	5	3	5	7	4	3	3	5
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	9	4	2	1	3	2	2	11	1	8
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	13	16	0,8	0,8	16	0,8	0,8	26	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	16	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2
<b>Temperatura</b>	°C	23,8	21,8	23,9	24,1	22,5	24,5	23,4	23,2	23	23,4	23
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	6,48	7,84	6,5	6,98	7	7,34	6,08	5,32	5,11	5,24	5,82
<b>% Saturación</b>	%	86	101	86	93	90	98	79	69	66	69	76

**Anexo 22 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en diciembre 2014**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,76	7,05	6,54	6,75	6,97	6,77	6,71	6,71	6,6	6,39	6,35
<b>Turbiedad</b>	NTU	0,29	10,3	10,1	226	19,4	96	14,5	11,3	85	101	111
<b>DBO</b>	mg/l	12	11	14	0,1	10	17	15	10	74	140	76
<b>DQO</b>	mg/l	51	34	79	85	52	33	64	102	168	156	149
<b>SST</b>	mg/l	11,1	18,8	13,3	86	24,5	105,7	15,8	12,1	83,6	147,2	16,1
<b>Ssed</b>	m/l	0,3	0,1	0,3	0,8	0,1	0,3	0,2	0,1	1	1	1,5
<b>Cloruro</b>	mg/l	37	3	32	17	4	19	15	18	14	15	14
<b>Nitrato</b>	mg/l	4	5	8	24	26	25	3	4	2	0,09	2
<b>Sulfato</b>	mg/l	28	7	34	20	7	21	18	17	17	15	27
<b>Nitrito</b>	µg/l	1195	31	1682	1584	68	2052	432	444	121	149	389
<b>Amonio</b>	µg/l	8597	222	6734	1237	423	1306	11783	10803	3095	2585	9921
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	12	9,1	12,4	16,6	16,7	8,3	21	5,4	11,6	4	9,6
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	11	11	11	11	13	11	13	11	11	11	11
<b>SAAM</b>	mg/l	0,7	0,3	1	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
<b>Sodio</b>	mg/l	58	3,6	62	27	6,2	29	24	34	30	28	37
<b>Calcio</b>	mg/l	10,5	9,9	21	3,4	23	23	8,1	8,1	5,4	5,9	3,1
<b>Potasio</b>	mg/l	9,4	1,6	9,6	7,1	1,7	6,6	6,6	6,2	6,5	6,7	6,2
<b>Plomo</b>	µg/l	2	2	8	2	2	2	2	31	2	2	2
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,09	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Níquel</b>	µg/l	0,9	0,9	0,9	11	10	10	0,9	8	26	94	0,9
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	15	2	4	2	2	2	3	13
<b>Aluminio</b>	µg/l	187	116	280	183	2050	3812	472	402	4851	4690	5452
<b>Manganeso</b>	µg/l	899	144	644	22427	380	491	1065	854	956	1298	974
<b>Cromo</b>	µg/l	3	3	3	88	6	28	5	5	16	39	24
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	2	2	59	2	41	2	2	2	2	37	8
<b>Temperatura</b>	°C	21,3	19,9	22,1	25,1	20	23,7	23,4	24	21,3	22,5	22,6
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	6,28	8,09	6,9	6,8	6,85	7,04	5,68	6,55	5,23	5,7	6,22
<b>% Saturación</b>	%	79	100	88	92	90	92	74	87	66	74	80

**Anexo 23 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en junio 2015**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	7,43	7,31	7,47	7,7	7,93	8,21	7,64	7,51	6,74	6,92	6,8
<b>Turbiedad</b>	NTU	10,2	8,8	9,9	5	11,4	5	38,5	51	54	50	92
<b>DBO</b>	mg/l	0,1	0,1	22	10	0,1	10	40	44	189	161	168
<b>DQO</b>	mg/l	65	55	82	38	85	28	106	180	609	388	605
<b>SST</b>	mg/l	9,7	16,9	21,3	2,9	21,3	0,8	29	39,9	98,6	68,7	131,5
<b>Ssed</b>	m/l	0,3	0,3	1,9	0,1	0,5	0,1	1,5	1	1	1,2	1,5
<b>Cloruro</b>	mg/l	29	5	37	31	8	36	37	35	37	33	37
<b>Nitrato</b>	mg/l	4	4	5	16	4	18	1	1	1	1	1
<b>Sulfato</b>	mg/l	32	12	44	34	10,3	35	35	32	31	37	39
<b>Nitrito</b>	µg/l	1612	36	1739	2884	108	3896	157	140	134	115	224
<b>Amonio</b>	µg/l	282	40	276	713	62	370	342	237	1132	154	544
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	32	2	17	20	24	14	31	6	10	30	8
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	12	6	15	11	6	10	22	36	20	18	71
<b>SAAM</b>	mg/l	0,6	0,3	0,3	0,5	0,3	0,6	0,7	0,8	0,8	1,3	2,5
<b>Sodio</b>	mg/l	54	6,4	46	63	10	37	116	64	102	100	116
<b>Calcio</b>	mg/l	18	4,58	21	21	6,4	26	41	19	41	37	46
<b>Potasio</b>	mg/l	10,4	2,7	10,5	9	3,2	9,4	24	12,8	27	22	15
<b>Plomo</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Níquel</b>	µg/l	4	6	4	4	4	4	4	47	7	4	4
<b>Cobalto</b>	µg/l	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Aluminio</b>	µg/l	185	750	445	278	941	41	514	0,9	254	1932	1546
<b>Manganeso</b>	µg/l	67	28	67	49	39	33	464	474	535	403	442
<b>Cromo</b>	µg/l	9	22	8	5	23	7	21	21	4	4	3
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	5	261	10	12	268	10	173	103	186	166	11
<b>HC</b>	mg/l	2	2	2	2	2	2	2	5	4	2	2
<b>Temperatura</b>	°C	25	22,1	26,6	24,3	22,2	27,6	25,9	25,4	25	25,2	25,4
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	3,87	7,61	4,03	6,28	6,95	7,39	0,72	0,55	0,58	0,63	0,52
<b>% Saturación</b>	%	49	98	52	80	88	92	9,1	7,1	6,2	7,7	6,6

**Anexo 24 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en agosto 2015**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	7,92	8,14	7,6	7,84	7,88	7,33	7,54	7,47	7,46	7,5	7,28
<b>Turbiedad</b>	NTU	30,6	6,57	14	6,07	65,7	15,3	18,9	34,4	45,1	63,3	57,3
<b>DBO</b>	mg/l	28	16	17	10	66	10	24	58	82	102	181
<b>DQO</b>	mg/l	193	93	155	165	213	83	100	134	210	251	371
<b>SST</b>	mg/l	25,2	17,3	33,8	3,6	90,3	4,9	22	22,1	41,3	50,6	61,3
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,1	2,5	0,3	3,25	0,1	0,7	1,5	4,5	2	0,8
<b>Cloruro</b>	mg/l	36,9	6,5	43,7	39,2	16,3	31,8	27,4	27,6	28,2	28,5	35,6
<b>Nitrato</b>	mg/l	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,09	0,52
<b>Sulfato</b>	mg/l	36,04	24,64	33,35	25,76	22,47	26,73	26,81	28,25	32,07	32,62	35,48
<b>Nitrito</b>	µg/l	1135	51	1163	1111	304	1543	323	803	359	205	107
<b>Amonio</b>	µg/l	6934	211	5056	1733	2401	1428	5839	5678	6288	6542	16107
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	78,6	33,84	32,01	57,11	31,16	31,16	67,19	80,1	84,07	79,33	77,2
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	18	2	9	9	9	18	9	18	18	18	32
<b>SAAM</b>	mg/l	0,91	0,16	0,7	0,41	0,16	0,33	0,71	0,91	1,89	1,84	2,99
<b>Sodio</b>	mg/l	41,454	6,899	59,11	38,23	17,03	34,99	38,61	40,92	44,07	44,34	45,71
<b>Calcio</b>	mg/l	21,23	10,79	40,17	25,16	13,31	26	22,26	22,1	21,4	23,05	21,82
<b>Potasio</b>	mg/l	18,23	5,745	22,43	16,49	4,745	17,45	24,49	26,38	24,87	27	27,81
<b>Plomo</b>	µg/l	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
<b>Cobre</b>	mg/l	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039
<b>Níquel</b>	µg/l	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Cobalto</b>	µg/l	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
<b>Aluminio</b>	µg/l	882	1059	1667	109	3220	333	665	333	338	589	797
<b>Manganeso</b>	µg/l	156	32	177	122	106	68	182	10	258	263	192
<b>Cromo</b>	µg/l	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<b>Arsénico</b>	µg/l	5	9	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Zinc</b>	mg/l	81	53	134	60	57	63	85	22	99	188	152
<b>Cadmio</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>HC</b>	mg/l	d	4	2	2	10	2	5	2	2	2	2
<b>Temperatura</b>	°C	25	22,5	25,7	26,3	22	28,3	24,8	24,3	24,4	24,5	24,3
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	4,89	7,53	5,43	6,09	5,75	6,2	7,18	2,19	4,15	1,48	0,93
<b>% Saturación</b>	%	55,1	84,9	61,5	69,1	64,5	70,3	83,9	24,9	47,7	17,3	10,7

**Anexo 25 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2015**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-05	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	6,52	6,78	6,62	6,99	7,3	7,33	7,26	7,6	7,6	7,63	6,68
<b>Turbiedad</b>	NTU	6,94	9,93	27,6	5,12	14,7	5,76	10,8	11,4	10,5	13,8	26,6
<b>DBO</b>	mg/l	20	10	95	15	17	17	53	46	15	59	90
<b>DQO</b>	mg/l	55,4	23,9	195,4	41,4	44,9	44,9	72,9	58,9	62,4	72,9	174,4
<b>SST</b>	mg/l	8,2	13,1	38	15,7	13,8	10,5	13,7	5	9	22,2	30,3
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,7	0,27	0,7	1,5	2	0,14	0,27	0,29	0,86	0,13
<b>Cloruro</b>	mg/l	22,8	6,4	25,6	28,9	22,59	24,1	35,4	31,9	34,3	34,1	35,4
<b>Nitrato</b>	mg/l	14,7	6,1	11,9	27,6	9,5	21,6	12,3	11	6,7	5,8	1,7
<b>Sulfato</b>	mg/l	43,2	31,8	54,9	30,5	33,1	34,2	42,6	42,7	39,5	33,3	45,3
<b>Nitrito</b>	µg/l	963	41	2210	619	98	931	429	553	628	777	122
<b>Amonio</b>	µg/l	1336	79	442	655	235	671	4759	5730	5730	9198	8459
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	4,2	2,5	4,8	39,8	31,16	1,9	6	3,8	5,6	4,8	5,6
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	19	2	9	9	2	2	2	9	9	18	19
<b>SAAM</b>	mg/l	2,743	0,087	1,514	0,917	0,06	0,918	1,442	0,082	2,147	1,627	1,298
<b>Sodio</b>	mg/l	28,06	5,844	34,36	20,81	16,19	19,46	25,96	21,34	30,9	33,31	29,52
<b>Calcio</b>	mg/l	17,18	10,5	17,4	25,15	12,54	19,34	17,3	16,94	17,76	17,43	16,57
<b>Potasio</b>	mg/l	16,57	7	15,17	13,6	9,596	12,47	14,3	12,15	14,72	16,02	18,11
<b>Plomo</b>	µg/l	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
<b>Cobre</b>	mg/l	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039
<b>Níquel</b>	µg/l	0,072	0,003	0,04	0,175	0,003	0,003	0,159	0,003	0,176	0,003	0,079
<b>Cobalto</b>	µg/l	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096
<b>Aluminio</b>	µg/l	0,356	1,784	0,554	0,342	2,48	0,366	0,892	0,6	0,587	2,194	0,908
<b>Manganeso</b>	µg/l	0,06	0,048	0,073	0,06	0,081	0,052	0,135	0,118	0,129	0,162	0,156
<b>Cromo</b>	µg/l	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
<b>Arsénico</b>	µg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
<b>Zinc</b>	mg/l	0,005	0,063	0,158	0,06	0,069	0,161	0,15	0,154	0,147	0,177	0,146
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,002	0,002	0,002	0,096	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
<b>HC</b>	mg/l	2	2	32	2	2	2	2	2	24	2	8
<b>Temperatura</b>	°C	30,2	29,8	30,9	30,7	27,1	31,7	31,6	30,9	32,4	31,8	26,2
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	5,7	7,04	5,77	6,56	6,57	6,62	5,54	6,22	5,53	5,59	2,62
<b>% Saturación</b>	%	74,2	86,9	64,9	81	83,7	76,7	67	77,2	71,1	72,6	30,8

**Anexo 26 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en agosto 2016**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-13	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	7,6	7,8	7,8	7,4	8	7,7	8,3	8	7,8	8,2	7,8
<b>Turbiedad</b>	NTU	7,44	6,43	4,44	3,31	11,9	3,69	9,7	7,08	9,04	10,11	9,71
<b>DBO</b>	mg/l	18	10	15	10	10	10	17	16	16	32	40
<b>DQO</b>	mg/l	37,2	18	33,8	37,2	18	23,7	37,2	23,7	54	37,2	70,9
<b>SST</b>	mg/l	12	12	16	12	34	8	20	10	12	24	38
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,86	0,1	0,1	0,2	0,27	0,1	0,1
<b>Cloruro</b>	mg/l	19,8	15	30,2	15,2	11,7	18,2	14,9	15	14,7	16,5	21,6
<b>Nitrato</b>	mg/l	14,82	22,29	9,56	29,6	5,42	22,12	30,9	23,65	20,43	19,47	55,6
<b>Sulfato</b>	mg/l	20,9	18,7	16,07	17,14	23,6	19,9	21,1	18,9	17,7	20,5	25
<b>Nitrito</b>	µg/l	2211	50	2308	1965	254	1960	868	788	544	153	94
<b>Amonio</b>	µg/l	5261	155	3074	928	751	784	4560	4343	2826	2218	11553
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	10,3	14,1	18,3	27,1	0,01	16,1	13,8	5,1	18,5	13,6	12,8
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	9	2	9	9	2	9	9	9	2	2	9
<b>SAAM</b>	mg/l	0,4	0,22	0,57	0,54	0,2	0,48	0,85	0,48	0,98	1,56	1,22
<b>Sodio</b>	mg/l	26,7	10,4	28,3	22,6	22,2	33,9	26,2	23,2	27	27,1	31,9
<b>Calcio</b>	mg/l	8,73	5,56	9,42	10,93	6,52	17,2	25,5	9,23	10,6	27,2	10,23
<b>Potasio</b>	mg/l	6,72	3,12	6,27	5,65	3,66	5,46	6,1	5,07	6,54	6,76	7,49
<b>Plomo</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Níquel</b>	µg/l	13,6	35,5	24	41,2	11,9	1,6	96,5	0,9	39,9	16,1	32,3
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12,4	2
<b>Aluminio</b>	µg/l	2039	2140	1035	238	1792	209	961	1101	561	1220	507
<b>Manganeso</b>	µg/l	92	371	92	50,4	160	33,5	159	103	307	192	304
<b>Cromo</b>	µg/l	4	3	3	3	4,5	3	5,6	4	4	9,2	6,2
<b>Arsénico</b>	µg/l	3	1	3	1	1	1	3	3	1	3	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,14	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	2	19	2	2	2	17	7	2	2	2	4
<b>Temperatura</b>	°C	24,9	22,3	25,1	25,5	23,2	28	25	24,8	24,2	24,9	25,6
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	5,96	7,33	6,78	6,74	6,02	7,28	5,73	6,31	5,65	5,29	4,08
<b>% Saturación</b>	%	82,7	94,3	90,6	90,5	78,6	100	76,5	84,2	75,1	70,9	55,1

**Anexo 27 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en octubre 2016**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-13	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	8,3	7,8	7,6	7,5	7,3	6,7	7,7	7,5	7,6	7,3	7,5
<b>Turbiedad</b>	NTU	6,04	15,4	11,2	2,5	4,91	2,4	13,5	8,6	26,9	34,1	20,9
<b>DBO</b>	mg/l	27	10	10	10	10	10	10	16	40	36	22
<b>DQO</b>	mg/l	38,6	18	62,5	31,8	28,4	28,4	52,2	72,7	106,7	99,9	89,7
<b>SST</b>	mg/l	9,56	27,4	20,62	15	44,9	11,5	31	30,7	46	50,6	27,46
<b>Ssed</b>	m/l	0,43	0,14	1,5	0,29	0,86	0,1	0,5	1,5	0,6	0,7	0,86
<b>Cloruro</b>	mg/l	24,5	4,27	24,9	20,07	6,75	17,28	24,2	11,16	12,07	12,15	16,02
<b>Nitrato</b>	mg/l	12,9	8,1	9,3	21	10	21,5	10,4	4,5	5	1,2	4
<b>Sulfato</b>	mg/l	21,8	17,1	52,9	22	17,5	23,8	23,3	18,9	18,2	17,9	24,8
<b>Nitrito</b>	µg/l	1015	19	1328	653	58	480	462	2135	2142	43	2539
<b>Amonio</b>	µg/l	3444	79	3083	552	190	260	1802	99	757	1480	3045
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	11,9	5,5	5,3	2,1	8,2	2,1	15	0,01	2,1	4,5	4,9
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	12,6	2	9,2	9	9	9	9	9	9	9	9
<b>SAAM</b>	mg/l	2,3	0,229	1,892	1,259	0,3	1,237	1,473	1,5	1,17	1,64	2,2
<b>Sodio</b>	mg/l	22,8	5,75	29,5	19,5	9,74	12,2	18,2	12,1	12,3	12,4	24,2
<b>Calcio</b>	mg/l	6,44	7,18	7,54	9,25	4,98	16,6	6,84	10,2	9,1	9,57	7,62
<b>Potasio</b>	mg/l	5,52	2,94	6,61	5,12	2,18	4,22	4,55	4,88	5,67	5,48	4,84
<b>Plomo</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Níquel</b>	µg/l	13,6	0,9	83,6	32,5	29	30,9	8,5	8,6	46,5	0,9	0,9
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Aluminio</b>	µg/l	662	1728	1289	582	1597	1223	1460	1403	2993	2615	1271
<b>Manganeso</b>	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Cromo</b>	µg/l	3	3	138	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	1	257	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,8	0,8	0,8	0,8	5039	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>HC</b>	mg/l	2	2	2	2	2	2	23	2	2	2	2
<b>Temperatura</b>	°C	22,7	20,7	22,7	23,2	21,4	23,5	22,7	22,5	22,4	22,4	22,3
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	6,72	7,49	7,16	7,26	7,29	7,18	7,21	6,56	6,25	6,69	6,48
<b>% Saturación</b>	%	91,5	94,9	91,5	93,9	92,8	93,3	93	85,3	81,1	86,6	35

**Anexo 28 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los ríos de Belén muestreados en diciembre 2016**

	Unidades	R-01	R-02	R-03	R-04	R-13	R-12	R-07	R-08	R-09	R-10	R-11
<b>pH</b>	-	8,2	8	8	7,8	7,9	7,8	7,9	7,8	7,8	7,7	7,5
<b>Turbiedad</b>	NTU	13,2	5,31	19,8	985	19,8	48,6	16	20,9	21,1	18,8	20,9
<b>DBO</b>	mg/l	13	10	17	29	10	10	22	32	53	47	22
<b>DQO</b>	mg/l	69	32	81	81	54	43	77	88	92	77	89,7
<b>SST</b>	mg/l	13,32	21,92	69,8	1088	44,5	55,9	28,3	32,7	29,9	47,98	27,46
<b>Ssed</b>	m/l	0,1	0,14	0,8	0,4	4	0,1	0,1	0,14	0,3	0,5	0,86
<b>Cloruro</b>	mg/l	15,7	4,1	93	13,9	10,8	12,8	10,3	12,8	12,3	11,2	16,02
<b>Nitrato</b>	mg/l	16,4	8,55	9,88	24,2	8,81	23,8	5,99	4,26	0,91	0,09	4
<b>Sulfato</b>	mg/l	20,42	11,25	18,1	19,38	10,14	17,37	18,59	15,36	25,9	29,9	24,8
<b>Nitrito</b>	µg/l	1492	29	1665	986	198	101	712	1657	2457	2690	2539
<b>Amonio</b>	µg/l	2875	285	1810	2236	669	958	473	868	95	1015	3045
<b>Fósforo Total</b>	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	3,5	5,3	6,2	1,4	1,4	11	3,1	16,2	11,5	2,3	4,9
<b>Nitrógeno Total</b>	mg/l	9	2	13	12,7	9	9	9	9	9	9	9
<b>SAAM</b>	mg/l	1,2	0,15	0,55	0,13	0,13	0,28	0,13	0,95	1,13	1,34	2,2
<b>Sodio</b>	mg/l	18,4	5,3	20,9	12,4	10,9	12,5	11,9	12,9	18,2	18,3	21,3
<b>Calcio</b>	mg/l	11,39	9,06	9,69	19,1	11,39	16,7	10,95	11,5	11,11	10,9	13,6
<b>Potasio</b>	mg/l	5,29	2,13	3,29	6,68	3,09	4,68	5,01	6,44	7,05	8,89	7,48
<b>Plomo</b>	µg/l	6,5	2	2	32,1	10	4,68	5,01	6,44	7,05	8,89	6,6
<b>Cobre</b>	mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	7	0,7
<b>Níquel</b>	µg/l	0,9	0,9	0,9	19,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Cobalto</b>	µg/l	2	2	21,3	2	4	2	2	2	2	2	2
<b>Aluminio</b>	µg/l	14,9	1412	1108	7120	2939	5776	2074	1216	1991	2608	1472
<b>Manganeso</b>	µg/l	35,5	32,5	45,5	121	59,8	65,5	241	230	210	200	164
<b>Cromo</b>	µg/l	3	4	3	33,2	3	6,4	8,6	5,3	4	4,7	4
<b>Arsénico</b>	µg/l	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1
<b>Zinc</b>	mg/l	0,06	0,1	0,06	0,3	0,06	0,18	0,18	0,1	0,06	0,18	0,18
<b>Cadmio</b>	µg/l	0,8	0,8	0,8	2	2,02	0,8	6,02	2,04	2	2	0,8
<b>HC</b>	mg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Temperatura</b>	°C	20,4	19,6	21,1	22,4	20,4	22,7	22	22	21,8	21,5	22,3
<b>O<sub>2</sub> Disuelto</b>	mg/l	6,9	7,88	7,27	6,7	7,63	7,37	5,89	6,07	6,22	6,88	6,48
<b>% Saturación</b>	%	88,2	98,1	91,3	85,8	95,6	95,5	76,1	77,8	80,1	88,4	35

Anexo 29 Resultados de los parámetros fisicoquímicos para los desfuegos de Belén para el 2015

	Análisis	Corrugados Belén	Bridge stone	Dada Textil	Unilever	Bridge stone	Corrugados Belén	Unilever	Dada Textil	Trimpot Electronics	Mexi chem	Irex
Fisicoquímicos	pH (25 °C)	6,31	7,22	7,03	8,02	7,04	8,12	7,03	6,83	7,67	3,11	7,52
	DBO mg/l	205	22	800	0,1	30	0,1	60	39	122	21	300
	DQO mg/l	257	40	1147	40	86,9	44,9	471,9	58,9	197	66	1142
	SST mg/l	73	5,4	68,6	0,7	52,5	6,5	3	9,6	17,2	15,3	454,4
	SSed ml/l	0,9	0,1	0,1	0,1	1,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	700
	GyA mg/l	28	16	23	19	20	22	21	34	65	2	72
	SAAM mg/l	0,1	0,1	0,4	0,2	0,23	0,06	0,208	0,131	0,1	0,02	0,15
	Temperatura °C	31,2	31,2	29,1	29,1	30,9	24	27,6	25,5	25,5	25,6	29,14
	Aluminio µg/l	63	680	-	-	0,9	261	-	-	25,4	92,9	-
	Arsénico µg/l	1	1	-	-	1	1	-	-	1	1	-
	Cadmio µg/l	0,8	0,8	-	-	0,8	0,8	-	-	0,8	0,8	-
	Cobre µg/l	0,7	0,7	-	-	0,7	0,7	-	-	0,7	0,7	-
	Cromo µg/l	3	3	-	-	3	3	-	-	3	D	-
	Fenol mg/l	-	0,06	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-
	Hierro µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Manganeso µg/l	2108	22	-	-	36	101	-	-	15,6	10,2	-
	Mercurio µg/l	12,41	0,11	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-
	Níquel µg/l	0,1	0,1	-	-	4	0,1	-	-	0,15	0,1	-
	Plomo µg/l	2	2	-	-	2	2	-	-	14,6	4,7	-
Sulfito mg/l	0,2	-	-	-	-	0,52	-	-	-	-	-	
Zinc mg/l	0,1	0,28	-	-	0,39	0,13	-	-	0,1	0,1	-	
Micro biológicos	Coliformes Fecales NMP/100ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nemátodos huevecillos/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Color	Longitud de onda máxima nm	NA	-	NA	-	-	NA	-	NA	-	-	-
	Porcentaje de pureza %	10	-	10	-	-	10	-	10	-	-	-
	Tonalidad	Incolora	-	Incolora	-	-	Incolora	-	Incolora	-	-	-

	<b>Análisis</b>	<b>Corrugados Belén</b>	<b>Bridge stone</b>	<b>Dada Textil</b>	<b>Unilever</b>	<b>Bridge stone</b>	<b>Corrugados Belén</b>	<b>Unilever</b>	<b>Dada Textil</b>	<b>Trimpot Electronics</b>	<b>Mexi chem</b>	<b>Irex</b>
	<b>Longitud de onda máxima nm</b>	NA	-	NA	-	-	NA	-	NA	-	-	-
	<b>Porcentaje de Pureza %</b>	10	-	10	-	-	10	-	10	-	-	-
	<b>Tonalidad</b>	Incolora	-	Incolora	-	-	Incolora	-	Incolora	-	-	-
<b>Plaguicidas</b>	<b>Sumatoria de organoclorados µg/l</b>	-	-	nd	nd	-	-	nd	nd	-	-	-
	<b>Sumatoria de organofosforados µg/l</b>	-	-	nd	nd	-	-	nd	nd	-	-	-
	<b>Sumatoria de carbamatos µg/l</b>	-	-	nd	nd	-	-	nd	nd	-	-	-

**Anexo 30 Resultados de análisis fisicoquímicos de los desfogues de Belén para el 2016 (1)**

		Irex	Irex 2	Irex 3	Empresa Capoem	Metálica Imperio	Intel	Matadero El Arreo	Matadero El Cairo	Hotel Marriot
<b>Fisicoquímicos</b>	pH (25 °C)	6,27	9,59	8,03	6,5	6,79	7,584	7,61	6,76	6,71
	DBO mg/l	163	112	510	10	77	23,7	144	250	20
	DQO mg/l	256	303	643	20,7	400,5	39,6	174,1	274,2	50
	SST mg/l	41,36	123,65	113,1	16	60	42	48	208	18
	SSed ml/l	0,1	0,1	0,1	0,43	0,3	0,1	0,1	3	0,1
	GyA mg/l	22	77	16	2	50	23	27	31	2
	SAAM mg/l	0,504	8,97	0,265	0,26	0,59	0,14	0,14	0,17	1,29
	Temperatura °C	34,4	37,3	28,1	26,1	27,8	24,64	32,96	24,8	27,7
	Aluminio µg/l	-	-	-	-	331	101	-	-	-
	Arsénico µg/l	-	-	-	-	1	3,1	-	-	-
	Cadmio µg/l	-	-	-	-	0,8	0,8	-	-	-
	Cobre µg/l	-	-	-	-	0,7	0,7	-	-	-
	Cromo µg/l	-	-	-	-	14,1	6	-	-	-
	Fenol mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hierro µg/l	-	-	-	-	9508	1	-	-	-
	Manganeso µg/l	-	-	-	-	171	4,5	-	-	-
	Mercurio µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Níquel µg/l	-	-	-	-	2,9	0,1	-	-	-
	Plomo µg/l	-	-	-	-	4	2	-	-	-
	Sulfito mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc mg/l	-	-	-	-	0,39	0,06	-	-	-	
<b>Micro biológicos</b>	Coliformes Fecales NMP/100ml	-	-	-	-	-	-	-	2,4 x 10 <sup>5</sup>	-
	Nemátodos huevecillos/l	-	-	-	-	-	-	-	Negativo	-

Anexo 31 Resultados fisicoquímicos de los desfogues de Belén para el 2016 (2)

		Manantiales	Municipalidad de Belén	Residencial Belén	Residencial Villa Sol	Hotel Hilton	Matadero El Cairo 2	Edificio Tributo	Edificio Tribu	Colegio Panamericano	
Fisicoquímicos	pH (25 °C)	5,98	7,04	6,86	7,09	6,1	6,6	6,88	7,56	7,26	
	DBO mg/l	150	25	19	37	10	10	106	10	10	
	DQO mg/l	182	60	45	82	60	60	822	156	77	
	SST mg/l	36	26,06	23,46	41,44	9,88	82,02	342,12	155,36	51,56	
	SSed ml/l	0,1	0,86	0,1	0,1	0,1	0,1	100	5	2	
	GyA mg/l	73	2	2	2	2,9	5	44	39	2	
	SAAM mg/l	14,6	0,14	0,37	2,78	0,21	0,17	0,73	0,19	1,66	
	Temperatura °C	26	27,6	26,6	28,1	27,4	22,3	30,26	25,36	25,28	
	Aluminio µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arsénico µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cadmio µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cobre µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cromo µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fenol mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hierro µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Manganeso µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mercurio µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Níquel µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plomo µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sulfito mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Micro biológicos	Coliformes Fecales NMP/100ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Nemátodos huevecillos/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	