



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES Y SOCIALES

Maestría en Estudios Ambientales

**Un panorama de las políticas públicas de saneamiento ambiental en la
microcuenca del Arroyo *Mirassol*, Ciudad de *São Paulo*, Brasil**

Autor:

Dionizio, André Contri

Directora de Tesis:

De Cabo, Laura

Buenos Aires - Argentina

Año 2019

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios, mi mejor amigo, por siempre acompañarme y oír en todo momento. En la soledad que es escribir una tesis, a menudo dio preciosos consejos e intuiciones del mejor camino a seguir.

A mi familia, especialmente mis padres y hermano, pacientes y felices a cada nuevo descubrimiento y evolución de la investigación. Sin el apoyo incondicional de ustedes, sería imposible siquiera haber comenzado.

La Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales (UCES) por todo el apoyo administrativo y académico prestado. En especial, a los docentes de la Maestría en Estudios Ambientales, las enseñanzas y orientaciones fueron imprescindibles para este estudio.

A mi orientadora Dra Laura de Cabo que siempre muy solícita, resiliente y flexible, con mucha paciencia, supo orientarme con maestría en cada paso dado, superando las dificultades que la distancia nos imponía.

La *Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS)* por el apoyo en el suministro de materiales, instrumentos, instalaciones y personal que fueron fundamentales para las colectas y análisis de calidad del agua.

A mi coorientadora Profesora Marta Angela Marcondes, por haber creído en un desconocido, cuando la busqué en su laboratorio con un proyecto de investigación. Todo su incentivo y orientación fueron grandes orientadores. Agradezco a Dios por la oportunidad de conocerla, usted es una inspiración.

A todos los integrantes del *Projeto IPH* que me animaron, enseñaron y vibraron con las investigaciones. En especial, Dan Robson, Paulo, Beatriz, Aline y Henrique, siempre amigos, pacientes y atentos.

A mis amigos de la *UniSanta'anna* Felipe, Érico, Alex y Sandro, por los apoyos, consejos y oídos atentos. A los eternos maestros inspiradores Ronaldo Malheiros y Felipe Almeida mi gratitud.

Al amigo chileno más brasileño Profesor Jorge Pinochet, cada enseñanza en las clases, conversaciones e historias fueron importantes para mi evolución en el idioma español. El desarrollo en Argentina y en la maestría debo a usted. Agradezco el apoyo en la traducción.

A los amigos de las Cohortes 8, 11, 12, 13 y 14, que clase privilegiada tuvimos, amistad y unión fueron nuestra marca. En especial, Mario, Henrique y Ana, ustedes fueron increíbles. Gratitud por tanto cariño, orientaciones, consejos y vibraciones positivas.

*Dedico esta investigación a mi
recién nacido sobrino Nicolas.
Que su inocencia sea la
inspiración para el futuro de
Brasil.*

Resumen

La microcuenca del Arroyo *Mirassol*, ubicada en la ciudad de *São Paulo-Brasil*, viene sufriendo degradación ambiental constante, siendo un espacio poco valorado tanto por la comunidad local, como por la gestión pública. Por años viene sufriendo negligencia de ambas partes, no existiendo una planificación para lograr un entorno ecológicamente equilibrado. El presente estudio propone brindar un panorama de la actual situación ambiental, realizando también, el monitoreo de la calidad de las aguas del Arroyo, lo que no era hecho hasta el presente. Para ello, se recolectaron muestras de agua en los meses de agosto y octubre de 2018 y enero de 2019, en cuatro locales nombrados de Puntos 1 a 4, analizando parámetros físico-químicos y microbiológicos. Se analizaron *in situ*: pH, oxígeno disuelto y temperatura. En laboratorio: turbidez, amonio, sulfuros y fósforo total. Los análisis microbiológicos se realizaron a través de la técnica de tubos múltiples para la determinación de coliformes totales y termotolerantes. Los resultados de los análisis demostraron que los parámetros obtuvieron índices fuera de los Valores Máximos Permitidos (VMP), según la legislación brasileña sobre calidad de las aguas - Resolución CONAMA Nr 357/2005. Se observaron en las muestras altas concentraciones de Unidades Formadoras de Colonia (UFC), demostrando presencia de las bacterias *Shigella sp.*, *Salmonella sp.* y *Escherichia coli*.

Con ayuda del software PAST versión 2.17 y R versión 3.3.2, se realizaron análisis estadísticos multivariados. Para la determinación de los principales parámetros que determinaban la contaminación del Arroyo, se empleó la técnica de Análisis de Componentes Principales (PCA), donde se obtuvo la correlación positiva entre parámetros Turbidez, Sulfuros, Fósforo y Amonio. Entre los cuatro puntos de muestra analizados, se buscó comprender las diferentes concentraciones de los resultados. A través del Análisis de Agrupamiento Jerárquico (HCA) se verificó que hubo la concentración de dos agrupaciones, siendo el Grupo 1 relativo a las muestras con baja contaminación, ubicadas en la Unidad de Conservación del *Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI)*, donde se observa un lugar de naturaleza preservada (*área background*). El Grupo 2 demostró la concentración de contaminación relativa a las recolecciones de aguas abajo del Arroyo *Mirassol* (puntos 2 a 4), donde es posible observar vertido de efluentes cloacales y basura en los márgenes. Los resultados físico-químicos y de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) fueron sometidos a la correlación de Spearman (r) y los parámetros Amonio, Turbidez y Fósforo tuvieron correlaciones positivas cercanas a las franjas límite establecidas. A partir de los resultados fue posible verificar la alta concentración de vertido de alcantarillas domésticas y encuadrar el Arroyo *Mirassol* como Clase IV, peor clasificación para ríos de agua dulce, según la Resolución 357/2005 - CONAMA.

Palabras Clave

Contaminación - Gestión Pública - Microcuenca - Preservación -Saneamiento Básico

Abstract

The microbasin of the Mirassol Stream, located in the city of São Paulo-Brazil, has suffered constant environmental degradation, being a space that is little valued both by the local community and by public management. For years, it has suffered negligence on both sides, with no planning to achieve an ecologically balanced environment. This study proposes to provide an overview of the current environmental situation, also performing the monitoring of the quality of the waters of the stream, which was not done until the present. To do this, water samples were collected in the months of August and October 2018 and January 2019, in four locations named from Points 1 to 4, analyzing physical-chemical and microbiological parameters. They were analyzed in situ: pH, dissolved oxygen and temperature. In the laboratory: turbidity, ammonium, sulfides and phosphorus. The microbiological analyzes were carried out through the multiple tubes technique for the determination of total and thermotolerant coliforms. The results of the analysis showed that the parameters obtained indices outside the Maximum Permitted Values (VMP), according to the Brazilian legislation on water quality - Resolution CONAMA Nr 357/2005. High concentrations of Colony Forming Units (CFU) were observed in the samples, demonstrating the presence of the bacteria *Shigella* sp., *Salmonella* sp. and *Escherichia coli*.

With the help of PAST software version 2.17 and R version 3.3.2, multivariate statistical analyzes were performed. For the determination of the main parameters that determined the contamination of the Stream, the technique of Principal Components Analysis (PCA) was used, where the positive correlation between Turbidity, Sulfur, Total Phosphorus and Ammonium parameters was obtained. Among the four sample points analyzed, we sought to understand the different concentrations of the results. Through the Hierarchical Grouping Analysis (HCA) it was verified that there was the concentration of two groups, with Group 1 being the samples with low contamination, located in the Conservation Unit of the Fontes do Ipiranga State Park (PEFI), where observe a place of preserved nature (background area). Group 2 demonstrated the concentration of contamination relative to the collections downstream of the Mirassol Stream (points 2 to 4), where it is possible to observe the release of sewage and trash at the margins. The physical-chemical and the Cologne Formation Units (CFU) results were subjected to the Spearman correlation (r) and the Ammonia, Turbidity and Phosphorus parameters had positive correlations close to the established limit ranges. Based on the results, it was possible to verify the high concentration of domestic sewer discharge and frame the Mirassol Stream as Class IV, worse classification for freshwater rivers, according to Resolution 357/2005 - CONAMA.

Keywords

Basic Sanitation - Microbasin - Pollution - Preservation - Public Management

Resumo

A microbacia do Córrego Mirassol, localizada na cidade de São Paulo-Brasil, sofre constante degradação ambiental, sendo um espaço pouco valorizado tanto pela comunidade local quanto pela gestão pública. Durante anos, sofreu negligência de ambas as partes, sem planejamento para alcançar um ambiente ecologicamente equilibrado. Este estudo propõe fornecer uma visão geral da situação ambiental atual, realizando também o monitoramento da qualidade das águas do córrego, o que não foi feito até o presente. Para isso, foram coletadas amostras de água nos meses de agosto e outubro de 2018 e janeiro de 2019, em quatro locais denominados de Pontos 1 a 4, analisando parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Foram analisados *in situ*: pH, oxigênio dissolvido e temperatura. No laboratório: turbidez, amônia, sulfetos e fósforo total. As análises microbiológicas foram realizadas através da técnica de tubos múltiplos para a determinação de coliformes totais e termotolerantes. Os resultados das análises mostraram que os parâmetros obtiveram índices fora dos Valores Máximos Permitidos (VMP), de acordo com a legislação brasileira sobre qualidade da água - Resolução CONAMA Nº 357/2005. Concentrações elevadas de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) foram observadas nas amostras, demonstrando a presença das bactérias *Shigella* sp., *Salmonella* sp. e *Escherichia coli*.

Com a ajuda dos softwares PAST versão 2.17 e R versão 3.3.2, análises estatísticas multivariadas foram realizadas. Para verificar os parâmetros principais que determinam a poluição do Córrego, foi empregada a técnica de análise de componentes principais (PCA), onde se obteve a correlação positiva entre os parâmetros de turbidez, sulfetos, fósforo e amônia. Entre os quatro pontos amostrais analisados, buscou-se entender as diferentes concentrações dos resultados. Através da análise hierárquica de agrupamento (HCA) verificou-se que havia a concentração de dois grupos, o Grupo 1 foi em amostras com baixa poluição, localizado na unidade de conservação Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI), onde observa-se um lugar de natureza preservada (área *background*). O Grupo 2 demonstrou a concentração de contaminação relativa às coletas a jusante do Córrego Mirassol (pontos 2 a 4), onde é possível observar a liberação de esgoto e lixo nas margens. Os resultados físico-químicos e de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) foram submetidos à correlação de Spearman (r) e os parâmetros Amônia, Turbidez e Fósforo apresentaram correlações positivas próximas aos limites estabelecidos. Com base nos resultados, foi possível verificar a alta concentração de esgoto doméstico e enquadrar o Córrego Mirassol como Classe IV, pior classificação para os rios de água doce, de acordo com a Resolução 357/2005 - CONAMA.

Palavras-Chave

Gestão Pública - Microbacia - Poluição – Preservação - Saneamento Básico.

Lista de figuras

Figura 1 - Comparaciones entre PIB per cápita y servicio de tratamiento de aguas residuales prestadas en diferentes países.

Figura 2 - Previsión de cobertura de los servicios de alcantarillado sanitario conforme al Plansab (2013).

Figura 3 - Comparación de eficiencia de los niveles de servicios de saneamiento básico prestado y lo previsto en Plansab (2013).

Figura 4 - Mapa del movimiento de las masas de aire en Brasil durante el verano e invierno.

Figura 5 - Mapa Hidrológico de la Ciudad de *São Paulo*.

Figura 6 – Mapa de localización de la ciudad de *São Paulo*.

Figura 7: Mapa de la urbanización de la ciudad de *São Paulo*.

Figura 8 - Foto aérea de viviendas construidas sobre el lecho del Arroyo *Mirassol*.

Figura 9 - Mapa de Vulnerabilidad Social del Arroyo *Mirassol* - IPVS (2010).

Figura 10 – Mapa de áreas de riesgo en la microcuenca del Arroyo *Mirassol*.

Figura 11 - Foto realizada en trecho del Arroyo *Mirassol* clasificado como área con grado de riesgo alto (R3).

Figura 12 - Foto aérea del tramo ejecutado de la obra realizada en marzo de 2018 por Drone Modelo *Phantom IV*.

Figura 13 - Mapa de redes colectoras de alcantarillado de la microcuenca del Arroyo *Mirassol*.

Figura 14 - Mapa de puntos de recolección en la microcuenca del Arroyo *Mirassol*.

Figura 15 - Local de recolección del Punto 1.

Figura 16 -.Lugar de recolección del Punto 2.

Figura 17 - Lugar de recolección del Punto 3.

Figura 18 -Local de recolección del Punto 4.

Figura 19 - Instrumentos de medición.

Figura 20: Tabla NMP e Intervalo de Confianza.

Lista de tablas

Tabla 1 –Panorama de los servicios de saneamiento básico en la Cuenca Hidrográfica del *Alto Tietê*.

Tabla 2 - Índices de recolección y tratamiento de alcantarillas de la ciudad de *São Paulo*.

Tabla 3 - Serie histórica de precipitación mensual en la Estación Metereológica IAG-USP.

Tabla 4 - Proyección de la población de *São Paulo* y el distrito de Ipiranga desde 2014 a 2030.

Tabla 5 - Coordenadas geográficas de los puntos de recolección de muestras.

Tabla 6 – Datos de precipitación de tres días anteriores a la toma de muestra.

Tabla 7 – Fecha y horarios de precipitación en la toma de muestras.

Tabla 8 - Parámetros medidos para estimar caudal promedio del Arroyo *Mirassol*.

Tabla 9 – Valores Máximos Permitidos (VMP) de aguas dulces – Resolución 357/2005 – CONAMA.

Tabla 10 – Resultados de los parámetros físico-químicos del 25 Ago 2018.

Tabla 11 – Resultados de los parámetros físico-químicos del 31 Oct 18.

Tabla 12 - Resultados físico-químicos de 30 Ene 19.

Tabla 13 – Resultados de Coliformes Fecales (UFC).

Tabla 14 – Resultados de Coliformes Totales (NMP).

Tabla 15 - Correlación de Spearman entre UFC y Parámetros Físico-Químicos.

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Precipitación acumulada de tres días anteriores a la toma de muestra.

Gráfico 2 – Comparación de medidas de caudal estimadas en el Arroyo *Mirassol*.

Gráfico 3 – Comparación de los Valores de Turbidez (NTU) y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase II - Res. CONAMA 357/2005.

Gráfico 4 – Comparación de los Valores de Sulfuro Total (mg/L) y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase II - Res. CONAMA 357/2005.

Gráfico 5 – Comparación de los Valores de Amonio (mg/L) y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase III - Res. CONAMA 357/2005.

Gráfico 6 – Comparación de los Valores de pH y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clases I a III - Res. CONAMA 357/2005.

Gráfico 7 – Comparación de los valores de Temperatura (° C).

Gráfico 8 – Comparación de los valores de Oxígeno Disuelto (mg/L) y el Valor Mínimo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase III - Res. CONAMA 357/2005.

Gráfico 9 – Comparación de los valores de Fósforo Total (mg/L) y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase III - Res. CONAMA 357/2005.

Gráfico 10 – Comparación de los resultados de Coliformes Totales (UFC).

Gráfico 11 – Comparación de los resultados de Coliformes Totales (NMP).

Gráfico 12 – Resultados de la identificación de *Salmonella* sp.

Gráfico 13 – Resultados de la identificación de *Shigella* sp.

Gráfico 14 – Resultados de la identificación de *E. Coli*.

Gráfico 15 – Gráfico Biplot resultado del Análisis de Componentes Principales (PCA).

Gráfico 16 – Dendrograma resultado del Análisis de Agrupación Jerárquica (HCA).

Gráfico 17 – Comparación del servicio de saneamiento básico en el área de estudio.

Lista de siglas y abreviaturas

ONU - Organización de las Naciones Unidas
ODS - Objetivos de Desarrollo Sostenible
CNI - Confederación Nacional de la Industria
PIB - Producto Interno Bruto
PLANSAB - Plan Nacional de Saneamiento Básico
FABHAT - Fundación Agencia de Cuenca Hidrográfica del Alto Tietê
APP - Área de Preservación Permanente
CONAMA - Consejo Nacional de Medio Ambiente
OD - Oxígeno disuelto
pH - Potencial Hidrogenico
CETESB - Compañía Estadual de Tecnología Ambiental
ICA - Índice de Calidad del Agua
SABESP - Compañía Estatal de Saneamiento Básico
IPH - Índice de Contaminación Hídrica
DBO - Demanda Bioquímica de Oxígeno
Universidad de Buenos Aires
IAG - Instituto de Astronomía y Geofísica
PEFI - Parque Estadual de las Fuentes del Ipiranga
UC - Unidad de Conservación
ANA - Agencia Nacional de Aguas
IPVS - Índice Paulista de Vulnerabilidad Social
SIURB - Secretaria de Infraestructura Urbana
EMBRAPA - Empresa Brasileña de Investigaciones Agropecuarias
ART – Artigo
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
USP – Universidade de São Paulo
NMP – Número más probable
UFC – Unidades Formadoras de Colonia
DOM – Diário Oficial do Município

Tabla de contenido

Introducción.....	1
1.1 Las políticas públicas sociales como instrumento de desarrollo e inclusión social.	1
1.2 Uso del agua a lo largo de la evolución de la urbanización.....	3
1.3 Ciudades sostenibles y salud humana	5
1.4 Problemática sanitaria de las ciudades brasileñas.....	8
1.5 Enfoque a nivel de cuenca hidrográfica	11
1.6 Caso de estudio: Arroyo <i>Mirassol</i>	11
1.6.1 Situación sanitaria del Estado de <i>São Paulo</i>	12
1.6.2 Situación sanitaria del Arroyo <i>Mirassol</i>	15
1.7 Evaluación de la calidad del agua y gestión de los recursos hídricos	16
1.7.1 Clasificación de la calidad del agua del Arroyo <i>Mirassol</i>	18
Capítulo II.....	19
2.1 Problema	19
2.2 Objetivo General	19
2.3 Objetivos específicos	19
2.4 Justificación.....	20
2.5 Hipótesis.....	20
Capítulo III - Área de estudio.....	21
3.1 Condiciones fisiográficas.....	22
3.2 Climatología	22
3.3 Geología.....	25
3.4 Geomorfología.....	25
3.5 Hidrología.....	26
3.6 Población.....	27
3.7 Aspectos históricos - Etapas de poblamiento de la ciudad de <i>São Paulo</i> ..	27
3.8 Las primeras intervenciones en los ríos de la ciudad de <i>São Paulo</i>	30
3.9 Rectificación de ríos y construcción en llanuras aluviales	31
3.10 Arroyo <i>Mirassol</i> : El arroyo “invisible” a los ojos de la urbanización	33
3.11 Situación actual del Arroyo <i>Mirassol</i>	36
3.11.1 Aspectos Sociales	36
3.11.2 Proyección de población año 2030	38

3.11.3 Riesgo Geológico	38
Capítulo IV- Materiales y Métodos.....	44
4.1 Tipo de investigación.....	44
4.2 Muestreo	44
4.2.1 Descripción de los puntos de muestreo.....	46
4.2.2.1 Punto 1: <i>Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)</i>	46
4.2.2.2 Punto 2	48
4.2.2.3 Punto 3	49
4.2.2.4 Punto 4	50
4.3 Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua	51
4.3.1 Medición de los parámetros físico-químicos en el agua	51
4.3.2 Análisis Microbiológicos	52
4.3.2.1. Conteo en placas	55
4.3.2.2. Unidades Formadoras de Colonia– UFC.....	55
4.3.2.3. Cálculo del valor del Número Más Probable (NMP)	56
4.4. Cálculo del caudal del Arroyo <i>Mirassol</i> - Medición por el Método del Flotador	56
4.5 Estimación de la precipitación acumulada.....	57
4.6 Análisis estadístico.....	57
4.6.1 Análisis multivariado.....	57
Capítulo V - Resultados	58
5.1. Precipitación acumulada	58
5.2 Caudal medio de las aguas del Arroyo <i>Mirassol</i>	60
5.3 Análisis fisicoquímico	61
5.3.1 Turbidez	63
5.3.2 Sulfuro Total	64
5.3.3 Amonio	65
5.3.4 Potencial de Hidrogeno – pH.....	67
5.3.5 Temperatura.....	68
5.3.6 Oxígeno Disuelto.....	69
5.3.7 Fósforo Total	70
5.4 Análisis Microbiológico	71

5.4.1 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) – Coliformes Fecales.....	71
5.4.2 Número Más Probable - NMP	72
5.5 Bacterias encontradas.....	74
5.6 Análisis de Componentes Principales – PCA.....	76
5.6.1 Grafico Biplot.....	78
5.7 Análisis de Agrupación Jerárquica (HCA) - Análisis Cluster.....	80
5.8 Correlación de Spearman (r)	82
5.9 Comprobación de Hipótesis	83
Capítulo VI - Conclusión y recomendaciones.....	85
6.1 Recomendaciones.....	95
6.2 Conclusión.....	98
Capítulo VII - Bibliografía	101
Capítulo VIII - Anexos	110

1. Introducción

1.1 Las políticas públicas sociales como instrumento de desarrollo e inclusión social.

Para comprender algunas interacciones que involucran un panorama sobre las condiciones de saneamiento ambiental, esta investigación buscó entender las políticas públicas como uno de los principales instrumentos de integración entre el Estado, los gobiernos y la sociedad. Por lo tanto, es esencial entender los aspectos naturales, históricos, sociales y legales del área de estudio. Analizar el papel del Estado como promotor de bienes y servicios públicos, entendiendo la importancia de las políticas públicas sociales como instrumento de desarrollo e inclusión social.

Conforme Matias-Pereira (2010) las políticas públicas se presentan como un conjunto de disposiciones, medidas y procedimientos que reflejan la orientación política del Estado y regulan las actividades gubernamentales con respecto a las tareas de interés público. Souza (2006) destaca que las teorías aplicadas a las políticas públicas buscan una explicación en las interrelaciones entre estado, política y sociedad.

De acuerdo a Rúa (2009) las políticas públicas son un conjunto de procedimientos dirigidos a la resolución pacífica de conflictos en torno a la asignación de bienes y recursos públicos. Según Matias-Pereira (2010) son instrumentos esenciales de los gobiernos para luchar por la conquista, el ejercicio y el mantenimiento del poder político y también como una estrategia de intervención social para corregir las fallas del mercado.

Para comprender la política pública, es necesario comprender el Análisis de la Política Pública. Según Rúa (2009) el análisis de políticas públicas tiene como objetivo mejorar la comprensión de la política y el proceso político para presentar propuestas y mejorar las políticas públicas. Se refiere a cómo averiguar qué hacen

los gobiernos, por qué lo hacen y qué diferencia hace, es decir, la descripción y explicación de las causas y consecuencias de las acciones u omisiones del gobierno.

Para Matias-Pereira (2010) en el análisis de las políticas públicas los aspectos inherentes al proceso de formulación de políticas se toman en consideración, verificando que no son el resultado de una decisión única e independiente, sino de una serie de decisiones e implementación de acciones a lo largo del tiempo.

De este modo, los análisis de políticas públicas en las diferentes dimensiones buscan alcanzar objetivos públicos previamente establecidos, es decir, adaptar los medios a los fines. Souza (2006) afirma: "La política es una acción intencional, con objetivos a alcanzar". (p.17)

Según Rua (2009) la evaluación consiste en procedimientos para juzgar los resultados de la política según criterios de valor. Si bien los ajustes son modificaciones a realizar para obtener los resultados esperados. Teixeira (2002) afirma: "Hacer política pública significa definir quién decide qué, cuándo, con qué consecuencias y para quién". (p.02)

Según Matias-Pereira (2010) la política pública vista como una acción intencional del Estado hacia la sociedad, debe evaluarse sistemáticamente teniendo en cuenta su importancia y adecuación a las necesidades sociales. Para esto es importante: medir, comparar, promover y juzgar una acción determinada en función de un valor, con la participación efectiva de los actores involucrados en lo que se está evaluando. Todo con el propósito de evaluación, identificando los aspectos positivos, negativos, erróneos y distorsionados de una política pública para permitir que se refine o reformule.

Rua (2009) destaca que la evaluación tiene dos dimensiones: La técnica (caracterizada por producir o recolectar, según los procedimientos reconocidos) y la evaluativa (examen de la información con criterios específicos, con el fin de extraer las condiciones sobre el valor de la política, programa o proyecto). La intención de este estudio fue buscar la comprensión entre las dos dimensiones.

1.2 Uso del agua a lo largo de la evolución de la urbanización

Con el fin de entender mejor la relevancia de las políticas de saneamiento ambiental adecuadas para el área de estudio, buscaremos comprender la importancia del uso del agua a lo largo de la evolución de la urbanización.

Según Piterman y Grego (2005) las civilizaciones antiguas, desde los primeros tiempos, a través de experiencias con la agricultura, construyeron sus formas de organización en torno a las cuencas hidrográficas, formando posteriormente las ciudades. El agua era un elemento vital para todas las culturas, donde era objeto de veneración y miedo. Se han creado mitos y símbolos para explicar las fuerzas de la naturaleza. El dominio del agua siempre fue un objetivo al que se debía alcanzar, ya que dependía de su supervivencia. Con el tiempo adquirieron técnicas de riego, plomería, desvío, construcción de diques y otros.

En los últimos 6.000 años, la humanidad ha alterado los cursos de agua con trabajos de ingeniería, así como los contaminó y contamina con descargas directas de efluentes sin tratamiento o por fuentes difusas. Actualmente los residuos agrícolas, industriales, de alcantarillado doméstico e industriales se han vuelto comunes en las redes de drenaje, comprometiendo el uso de ambientes acuáticos, especialmente en áreas urbanas, impidiendo el uso directo del agua para el suministro público y el riego.

Según Mota (2008) la urbanización ha causado varios impactos en los cursos de agua, tanto en parámetros cuantitativos como cualitativos. A medida que avanza el proceso, los cuerpos de agua se estancan y sus aguas se degradan. Los ríos ubicados en perímetros urbanos han alterado los regímenes de agua, principalmente debido a intervenciones antrópicas.

Para Tucci (1997) el desarrollo urbano a lo largo del tiempo implica dos actividades conflictivas, que es la creciente demanda de agua con calidad adecuada y la degradación de las fuentes de agua urbanas por la contaminación de los residuos industriales y urbanos. Este desarrollo se caracteriza por la contaminación de las redes de drenaje de aguas pluviales por la descarga de aguas residuales, lo que provoca la inviabilidad de las fuentes naturales.

Conforme Tucci (1997) es preocupante la contaminación de los cursos de agua especialmente en las grandes ciudades. La necesidad de abastecimiento de agua de calidad es vital para el funcionamiento de las actividades humanas. Por ello, se ve como solución la utilización de agua proveniente de lugares cada vez más alejados del perímetro urbano, ya que las aguas superficiales urbanas se encuentran en pésimo estado de conservación, requiriendo así el uso de equipos cada vez más tecnológicos que, a su vez, encarecen el tratamiento del agua y de las aguas residuales.

Según Tucci (2010) algunos otros aspectos negativos relacionados con la urbanización de los recursos hídricos en grandes ciudades son: las inundaciones; cambios en el ciclo hidrológico; la contaminación de los ambientes acuáticos por la liberación de aguas residuales domésticas o por la falta de redes de recolección de aguas residuales.

Conforme Tucci (2010) los ríos urbanos son importantes proveedores de servicios ecosistémicos, entre ellos los aspectos de cantidad, como la regulación de las inundaciones y la calidad, como la purificación del agua para el consumo. Sin embargo, la gama de servicios de los ecosistemas es muy amplia, no se limita a los más evidentes, sino que incluye servicios como la preservación del hábitat, la recuperación de los procesos de degradación, la reducción de áreas de vulnerabilidad, la mejora de la calidad del aire, la regulación del clima, reducción de procesos de erosión y sedimentación.

1.3 Ciudades sostenibles y salud humana

Los temas de las ciudades saludables se han convertido en un paradigma deseado en la agenda de gestión de distintas ciudades. Con respecto al tema de la sostenibilidad en las ciudades, surgen diversos temas, como vivienda, movilidad urbana, áreas verdes, calidad del aire, saneamiento, gestión de residuos sólidos, suministro de agua y otros.

Conforme Mendes (2000) la preocupación por la preservación del medio ambiente comenzó en la década de 1970, en Canadá, donde hubo un intenso debate sobre el proceso de salud-enfermedad. Se encontró que el medio ambiente y el estilo de vida influyeron en las condiciones de salud de las personas.

Según Brandão (2010) en 1986 en la I Conferencia Internacional sobre Promoción de la Salud, en Ottawa-Canadá, se reconocieron los parámetros y requisitos de salud. Entre ellos se concibieron: un ecosistema estable y recursos sostenibles, así como vivienda, paz, educación, justicia social y equidad. Estos principios fueron nombrados de La Carta de Ottawa.

La Carta de Ottawa menciona la importancia de crear entornos propicios para la promoción de la salud, asumiendo la complejidad y la interrelación de la sociedad, y destaca que la conservación de los recursos naturales del mundo debe ser una responsabilidad global.

Desde el tema de la sostenibilidad en las ciudades y la relación que tiene con la salud de la población, se emplearon parámetros para que pudieran ser deseados y logrados por las ciudades, en un intento por obtener ciudades mejores y más sostenibles, que propusiera condiciones de salud física y mental a sus habitantes.

Conforme Boff (2012) en 1987 fue publicado por las Organizaciones de las Naciones Unidas el informe "Nuestro Futuro Común", conocido como "Informe Brundtland", conteniendo los principios fundamentales para guiar a la humanidad hacia el desarrollo sostenible. Desde entonces, se ha introducido en diferentes lugares del mundo el pensamiento orientado a la sostenibilidad, estipulando parámetros ambientales en las políticas urbanas.

De acuerdo a Limonad (2013) la propuesta de ciudades sostenibles por parte de las Naciones Unidas a principios de la década de 1990 es evidencia palpable de la convergencia entre la planificación urbana y los supuestos de sostenibilidad. Según Jacobi y otros (2015) para alcanzar la sostenibilidad ambiental en los grandes centros urbanos debe tener como premisa inicial el diseño de políticas para la recuperación de los recursos hídricos.

Diferentes conferencias mundiales sobre el medio ambiente se han realizado desde entonces. Se destaca la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Rio-92, donde se demostró la preocupación sobre ciudades sostenibles. Se aprobó en la ocasión el documento titulado Agenda 21, que establece el compromiso de cada país a reflexionar, global y localmente, sobre la

forma en que gobiernos, empresas, organizaciones no gubernamentales y todos los sectores de la sociedad podrían cooperar en el estudio de soluciones a los problemas socio ambientales.

Conforme Boff (2012) a partir del desarrollo de la Agenda 21 la ONU entiende que las ciudades y los actores involucrados, deben establecerse como ciudades sostenibles, buscando el equilibrio entre crecimiento económico, equidad social y preservación ambiental.

En el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Río + 20), realizada en 2012 en la Ciudad del Rio de Janeiro-Brasil, fueron creados los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS (Agenda de Desarrollo Sostenible-ODS 2030), conteniendo 17 objetivos globales y 169 metas para promover la inclusión social, el desarrollo sostenible y la gobernanza democrática en todo el mundo entre 2016 y 2030. Estas metas van acompañadas por un conjunto de indicadores para que los gobiernos, la sociedad civil y las empresas revisen sus acciones y prioridades en favor de un nuevo modelo de desarrollo.

Conforme ODS-ONU (<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>) en el ODS 6 expresan las siguientes metas para 2030:

6.2: Hasta 2030, alcanzar el acceso al saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos, y acabar con la defecación a cielo abierto, con especial atención a las necesidades de las mujeres y niñas y de aquellos en situación de vulnerabilidad; 6.3: Hasta 2030, mejorar la calidad del agua, reduciendo la contaminación, eliminando el vertido y minimizando la liberación de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad la proporción de aguas residuales no tratadas y aumentando sustancialmente el reciclaje y la reutilización segura globalmente; y 6.b: Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales para mejorar la gestión del agua y del saneamiento.

1.4 Problemática sanitaria de las ciudades brasileñas

Entre el 80 y 90% de la población de Brasil actualmente está inserta en las ciudades, según apunta Tucci, Hespanhol y Cordero Netto (2003). Esa distribución está ocasionando cambios sustanciales en las fuentes de abastecimiento de aguas por contaminación química, física y biológica, producto de la expansión desordenada de las ciudades, que sufren por problemas de saneamiento ambiental, por la deposición de efluentes domésticos y pluviales y el no tratamiento ni la recolección adecuada de residuos generados.

El acceso a los servicios de saneamiento básico es uno de los aspectos importantes para la promoción de la salud pública y para la mejora de la calidad de vida de la población, y es entendido por la Ley Federal brasileña n.11.445 / 2007 - Ley Nacional de Saneamiento Básico, estableciendo las directrices nacionales para el saneamiento básico como: "conjunto de servicios, infraestructuras e instalaciones operacionales de abastecimiento de agua, alcantarillado sanitario, limpieza urbana y manejo de residuos sólidos y drenaje y manejo de las aguas pluviales, limpieza y fiscalización preventiva de las aguas en las redes urbanas "

La Ley Federal n.11.445 (2007) versa sobre la universalización del saneamiento, conceptuada como la ampliación progresiva del acceso al saneamiento básico para todos los domicilios ocupados, o sea, la oportunidad de que todos los brasileños accedan a los servicios de saneamiento, sin ninguna barrera de accesibilidad, ya sea legal, económica, física o cultural.

Conforme Trata Brasil (2018) tanto el acceso al agua potable como la recolección y el tratamiento de aguas residuales son factores que tienen un impacto positivo en la salud pública.

Conforme CNI (2017) comparando el Producto Interno Bruto - PIB de Brasil en relación a las inversiones realizadas en saneamiento básico con el de otros países que poseen PIB menor o equivalente, se verifica que el país invierte poco en esta infraestructura, pudiendo alcanzar mejores índices en el caso de incrementarse la inversión en este aspecto.

Observando la Figura 1 se analiza la asociación entre PIB per cápita y tratamiento de aguas residuales. De acuerdo con el monto alcanzado por Brasil, sería posible un mejor índice de cobertura de tratamiento de aguas residuales.

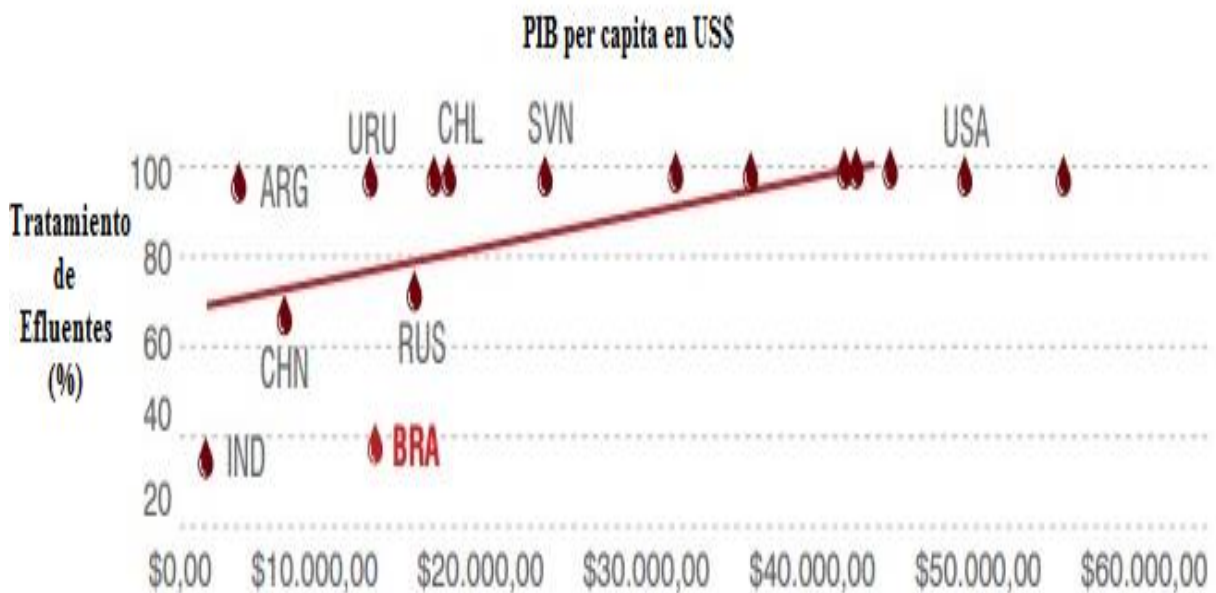


Figura 1 - Comparaciones entre PIB per cápita y servicio de tratamiento de aguas residuales prestadas en diferentes países. Fuente: *Comparações internacionais: uma agenda de soluções para os desafios do saneamento brasileiro*, p. 26(CNI, 2017). Adaptado por el autor.

Conforme CNI (2017) el Plan Nacional de Saneamiento Básico (Plansab) definió directrices, metas y acciones para que Brasil alcance la universalización del saneamiento básico en los próximos 20 años (2014-2033). El plan prevé alcanzar en todo el territorio nacional un 93% de alcantarillado sanitario, siendo el 96% en la región sudeste, donde está inserta la ciudad de *São Paulo*, conforme a la Figura 2.

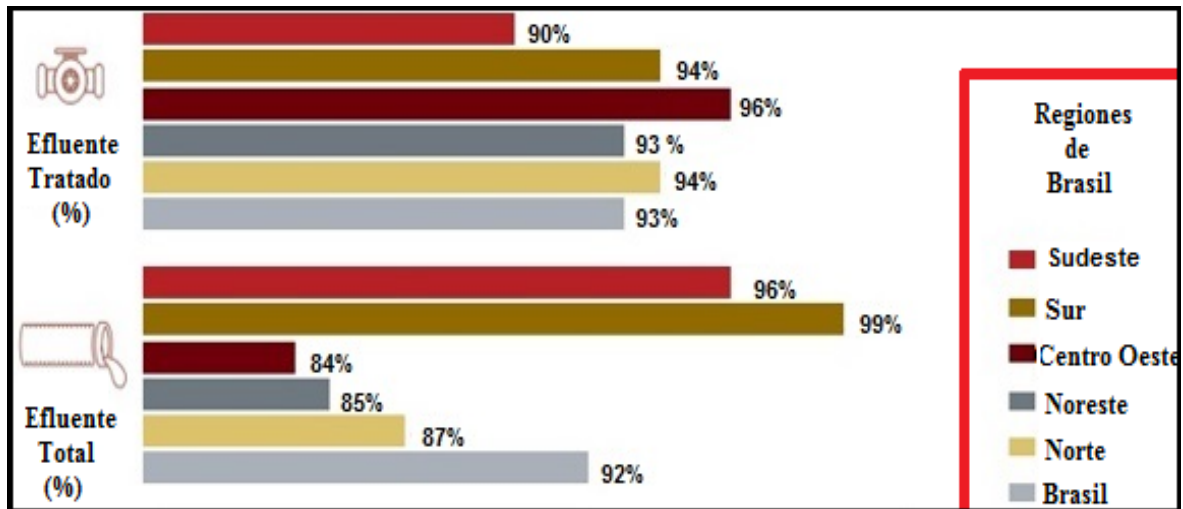


Figura 2 - Previsión de cobertura de los servicios de alcantarillado sanitario conforme al Plansab (2013). Fuente: *Comparações internacionais: uma agenda de soluções para os desafios do saneamento brasileiro*, p. 27(CNI, 2017). Adaptado por el autor.

Conforme CNI (2017) en el contexto actual del saneamiento brasileño, los niveles efectivos están muy por debajo de las metas del Plansab. La Figura 3 muestra los principales indicadores. Cerca de la mitad de la población brasileña (55,2%) tiene acceso al servicio de recolección de aguas residuales y sólo el 42,7% del alcantarillado generado es tratado. En la Figura 3, se observa la comparación entre la situación actual y el previsto por el Plansab (2033) respecto de los servicios de alcantarillado sanitario.

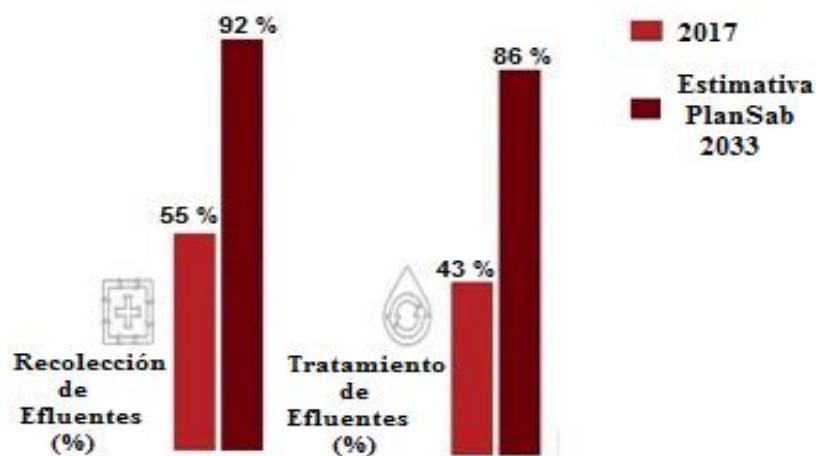


Figura 3 - Comparación de eficiencia de los niveles de servicios de saneamiento básico prestado y lo previsto en Plansab (2013). Fuente: *Comparações internacionais: uma agenda de soluções para os desafios do saneamento brasileiro*, p. 27(CNI, 2017). Adaptado por el autor.

1.5 Enfoque a nivel de cuenca hidrográfica

Para un correcto manejo de los recursos hídricos se requiere considerar las cuencas hídricas en su conjunto. Diversas definiciones de cuenca hidrográfica se han formulado a lo largo del tiempo. Sin embargo, las definiciones que involucran las subdivisiones de la cuenca hidrográfica (subcuenca y microcuenca) presentan enfoques diferentes, considerando factores que van desde lo físico a lo ecológico.

Conforme Barrella (2001) las definiciones propuestas para cuenca hidrográfica son el conjunto de tierras drenadas por un río y sus afluentes, formada en las regiones más altas del relieve por divisores de agua, donde las aguas de las lluvias, o fluyen superficialmente formando los arroyos y ríos, o se infiltran en el suelo para la formación de manantiales y de la capa freática.

Según Santana (2003) las cuencas pueden ser divididas en microcuencas, dependiendo del punto de salida considerado a lo largo de su eje o canal colector. Cada cuenca hidrográfica se interconecta con otra de orden jerárquico superior, constituyendo, en relación a la última, una microcuenca. Las microcuencas son las áreas de drenaje de los tributarios del curso de agua principal.

Conforme la Ley nº 9.433 (1997) - Política Nacional de Recursos Hídricos, para gestores e investigadores la comprensión del concepto de cuenca hidrográfica y de sus subdivisiones es de gran importancia. La Ley nº 9.433 (1997) incorpora principios y normas para la gestión de recursos hídricos, adoptando la definición de cuencas hidrográficas como unidad de estudio y gestión.

1.6 Caso de estudio: Arroyo Mirassol

En el presente trabajo se aborda el estudio del Arroyo *Mirassol* y su microcuenca, siendo un afluente de los ríos *Tamanduateí* y *Tietê*, que son considerados, junto con el *Pinheiros*, los principales ríos de la ciudad de *São Paulo*, formando la Cuenca del *Alto-Tietê*.

1.6.1 Situación sanitaria del Estado de São Paulo

Conforme FABHAT (2017) el río *Tietê* es un curso de agua que atraviesa, a lo largo de sus 1 100 kilómetros de extensión, prácticamente todo el estado de *São Paulo*, de este a oeste, además de marcar la geografía urbana de la mayor ciudad del Brasil. El río *Tietê* nace en el municipio de *Salesópolis*, a 22 km del Océano Atlántico, y corre hacia el interior de *São Paulo*. Fue muy utilizado por los pobladores originarios y exploradores para acceder al interior del actual Estado de *São Paulo*.

Conforme FABHAT (2017) al examinar los índices de alcantarillado sanitario para el período comprendido entre 2012 a 2016 para la Cuenca Hidrográfica del *Alto Tietê* (Tabla 1), se verifica de manera general, que estos son desfavorables. Los índices de recolección de efluentes cloacales son inferiores al 90% y de tratamiento cerca del 50%. La eficiencia de los sistemas existentes es considerada la 4ª peor del estado con resultados que llegan apenas al 43,5% (2016).

Año	2012	2013	2014	2015	2016
Recolección de efluentes cloacales (%)	88,3	88,5	88,6	88,8	83,2
Tratamiento de efluentes cloacales (%)	53,6	53,8	52,7	53,4	52,0
Eficiencia del sistema (%)	39,1	42,5	46,7	48,1	43,5

Tabla 1 - Panorama de los servicios de saneamiento básico en la Cuenca Hidrográfica del Alto Tietê. Fuente: *Relatório de situação dos recursos hídricos – Bacia Hidrográfica do Alto Tietê– Ano Base 2016*, p. 43, (FABHAT, 2017).

Conforme a la Tabla 2, al analizar específicamente la ciudad de *São Paulo*, se verifican los resultados de los servicios de saneamiento básico ofrecidos, siendo: 87,8% de recolección de efluentes cloacales y sobre este valor, solamente el 65,8% de los efluentes recogidos reciben tratamiento. Se observa que se considera como cuerpos hídricos receptores de estos efluentes a los ríos *Tietê, Pinheiros y Tamanduateí*.

Ciudad	Recolección de efluente doméstico	Efluente doméstico tratado	Cuerpo hídrico receptor
<i>São Paulo</i>	87,8 %	65,8 %	<i>Rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí</i>

Tabla 2 - Índices de recolección y tratamiento de alcantarillas de la ciudad de *São Paulo*. Fuente: *Relatorio de situação dos recursos hídricos – Bacia Hidrográfica do Alto Tietê– Ano Base 2016*.(FABHAT, 2017).

Según Von Sperling (2011) los organismos patógenos, cuyo origen en las aguas residuales es predominantemente humano, reflejan directamente el nivel de salud de la población y las condiciones de saneamiento básico de la región.

La Constitución Federal Brasileña (1988) en el inciso V del Art. 30 establece: "Compete a los municipios organizar y prestar, directamente o bajo régimen de concesión o permiso, los servicios públicos de interés local", lo que incluye los servicios de saneamiento básico. En la ciudad de *São Paulo* estos servicios son concedidos a la Compañía de Saneamiento Básico de *São Paulo* - SABESP.

La Constitución Federal de Brasil (1988) afirma: "Art. 225: todos tienen derecho al medio ambiente ecológicamente equilibrado, bien de uso común del pueblo y esencial a la sana calidad de vida, imponiéndose al Poder Público ya la colectividad el deber de defenderlo y preservarlo para las presentes y futuras generaciones "

Conforme Maricato (2000) la década de los años 50 del siglo XX estuvo marcada por el fuerte éxodo rural que hubo en Brasil. Las ciudades crecieron de manera desordenada, sin infraestructura y sin servicios urbanos adecuados para enfrentar este contingente poblacional que recibieron, sin capacidad de garantizar y atender las demandas sociales, ambientales y de saneamiento ambiental. Esta desorganización causó la degradación ambiental, deteriorando recursos imprescindibles para la existencia y el mantenimiento de la vida, como el agua, el suelo y el aire.

De acuerdo a la Agenda 21 Local (1996) *São Paulo* enfrenta graves problemas de degradación ambiental, consecuencia de una expansión urbana que no consideró, durante toda su historia, la perspectiva de planificación y, principalmente, los aspectos ambientales en las acciones de promoción del desarrollo.

Según la Agenda 21 Local (1996) el rápido crecimiento del municipio, no teniendo en cuenta las limitaciones y los condicionantes naturales, sin la planificación y las inversiones necesarias en infraestructura, saneamiento ambiental, vivienda social, resultó en serios problemas ambientales. La lógica del crecimiento de *São Paulo* fue también cruel desde el punto de vista humano, atrayendo y segregando un porcentaje elevado de la población.

Conforme Beltrame (1994) hay una tendencia a cambios en los valles aluviales y los lechos de los cursos de agua en áreas urbanas, en vista a la necesidad de ocupación de espacios. Este hecho es preocupante, pues la eliminación de la vegetación en estas áreas en detrimento de actividades antrópicas, ha acelerado el proceso de erosión, sedimentación y contaminación por diferentes residuos.

1.6.2 Situación sanitaria del Arroyo *Mirassol*

Tanto en Brasil como en el resto de América del Sur el establecimiento de asentamientos precarios e irregulares en llanuras aluviales es bastante habitual, no siendo la realidad del Arroyo *Mirassol* algo inédito.

En el asentamiento poblacional alrededor del Arroyo *Mirassol*, llamado "*Passagem Três*", los servicios públicos de saneamiento básico son inexistentes o precarios. Se puede observar cloacas a cielo abierto además de acumulación de basura. Conforme Trata Brasil (2018) estos factores contribuyen a una mayor vulnerabilidad social y susceptibilidad de esa población a problemas de salud pública, así como la contaminación del medio ambiente.

Es común encontrar en esta área situaciones de conexiones clandestinas a las redes de abastecimiento de agua y alcantarillado sanitario. Conforme Trata Brasil (2018) en el caso de Brasil, estas conexiones clandestinas resultan en altos niveles de internaciones hospitalarias y enfermedades (diarreas, la hepatitis A, leptospirosis, enfermedades por parásitos, los problemas de piel, entre otros) debido al consumo o al contacto con el agua contaminada y las aguas servidas, y también en mayores pérdidas financieras. Esto deriva también en la contaminación del suelo, del ambiente doméstico y de los cuerpos hídricos.

Las viviendas precarias y clandestinas a lo largo del curso de agua se ubican en áreas ambientalmente vulnerables y de protección ambiental, las llamadas Áreas de Protección Permanente (APP), definidas por el art. 3º del Código Forestal – Ley Federal Brasileña nº 12.651 (2012).

Ser un APP acarrea restricciones de construcción y bandas fijas de protección, que están dispuestas en los artículos 7 a 9 del Código Forestal y en la Resolución nº 303 (2002), del Consejo Nacional del Medio Ambiente – CONAMA, que definen y delimitan estas bandas de protección.

Conforme Antunes (2015) hay jurisprudencia y se han establecido discusiones sobre el establecimiento de APP en Brasil. Hubo casos juzgados para que hubiese el mantenimiento de APP en áreas urbanas, se hizo necesario un estudio para comprobar que el área influía en la mejora o mantenimiento de la calidad ambiental. Sin embargo, otros intereses fueron considerados como prioritarios y tomados en cuenta, como por ejemplo, el derecho a la vivienda. En especial para el *Arroyo Mirassol*, conforme al Código Forestal (Ley nº 12.651 / 2012), debería existir una franja de 30 metros de protección de APP, debido a la anchura del lecho del Arroyo que actualmente es menor a 10 metros.

1.7 Evaluación de la calidad del agua y gestión de los recursos hídricos

De acuerdo con Mendonça y Leitão (2008), el problema de la calidad del agua y de la gestión de los recursos hídricos consiste en uno de los más graves de la sociedad contemporánea. Conocer la calidad de los recursos hídricos es importante para inferir las condiciones de determinado curso de agua.

Conforme Trindade y otros (2017) la calidad del agua de un río en cualquier punto se basa en la interacción de diferentes factores, como la litología de la cuenca, las condiciones climáticas y las interferencias antropogénicas. Los cuerpos de agua superficiales se caracterizan por ser los más vulnerables a la contaminación debido a la facilidad de acceso a la descarga de aguas residuales industriales y domésticas, principalmente en las cuencas urbanas.

Según Tucci (1997) desde un punto de vista temporal, las oscilaciones de la calidad del agua pueden reflejar las formas de uso y ocupación del suelo. En los ecosistemas acuáticos, los diferentes resultados de la calidad del agua pueden verse influenciados principalmente por la contribución natural positiva de la cuenca (conocida como *background*) y por la magnitud de los impactos antropogénicos negativos, como el consumo de agua, el vuelco de efluentes domésticos e industriales y la escorrentía superficial de las zonas urbanas.

Conforme Braga y otros (2006) realizar la evaluación y monitoreo de las características físicas, químicas y microbiológicas y el comportamiento durante diferentes condiciones climáticas es fundamental para fijar metas claras de saneamiento ambiental. El monitoreo implica un conjunto de procedimientos que tiene como objetivo analizar ciertas características de un sistema, siempre correlacionándolo con el objetivo establecido, que puede ser tanto el mantenimiento como la recuperación de la calidad del agua.

Según Guedes y otros (2012) el monitoreo de la calidad del agua es uno de los principales instrumentos de sustentación de una política de planificación y gestión de recursos hídricos, ya que funciona como un sensor que posibilita el acompañamiento del proceso de uso de los cuerpos hídricos, representando sus efectos sobre las características cualitativas de las aguas, con el objetivo de proveer información que posibilite la planificación de acciones de control ambiental.

Según Silva, A. L. P.; Angelis, C. F.; y Machado, I. A. T. (2008) la precipitación es una información importante en el análisis de la calidad del agua. Incide directamente sobre el caudal y la calidad de un cuerpo de agua. La precipitación desencadena procesos erosivos que aumentan la turbidez, el color y el contenido de materia orgánica en las aguas, ya que durante las precipitaciones predominan las entradas de agua de escurrimiento superficial de las calles del entorno del arroyo.

Conforme Silveira, G. L.; Tucci, C. E. M.; y Silveira, A. L. L. (1998) es de suma importancia realizar el análisis del caudal de un curso de agua para definir la calidad, pues su medición es importante porque influye en los parámetros analizados, los organismos que en ella viven y sus hábitats. El caudal es influenciado por el clima, aumentando durante los períodos lluviosos y disminuyendo durante los períodos secos. También puede ser influenciado por las estaciones del año, siendo menor cuando las tasas de evaporación son mayores. La cantidad de sedimentos en la columna de agua también es influenciada por el caudal. Asimismo, los ríos con alto caudal presentan en general mayores concentraciones de oxígeno disuelto que ríos de menor caudal pues tienen una mejor aireación.

De acuerdo con Nozaki, Marcondes, Lopes, Santos y Larizzatti (2014) la evaluación de la calidad de los recursos hídricos es de suma importancia y debe ser probada de acuerdo con la particularidad de la región a fin de proponer medidas adecuadas para la preservación de la diversidad biológica.

De acuerdo a Martins (2010) el CONAMA considera la necesidad de crear instrumentos para la clasificación de las aguas de los ríos y control de la contaminación, además se crearon metas progresivas obligatorias para atender las necesidades de la población para mejorar la calidad del agua.

1.7.1 Clasificación de la calidad del agua del Arroyo *Mirassol*

El Arroyo *Mirassol* se enmarca, según CONAMA (2005) debido a sus características organolépticas: olor a huevo podrido, formación de espuma y basura flotante, en cuerpo de agua de clase 4: "V - clase 4: aguas que pueden ser destinadas: a) a la navegación; y b) la armonía paisajística".

En CONAMA (2005) en su Art. 17 dispone:

Las aguas dulces de clase 4 cumplen las siguientes condiciones y estándares: I - materiales flotantes, incluso espumas no naturales: virtualmente ausentes; II - olor y aspecto: no objetables; III - Aceites y grasas: se toleran iridiscencias; IV - sustancias fácilmente sedimentables que contribuyan al asentamiento de canales de navegación: virtualmente ausentes; V - fenoles totales (sustancias que reaccionan con 4 - aminoantipirina) hasta 1,0 mg / L de C₆H₅OH; VI - OD, superior a 2,0 mg / L O₂ en cualquier muestra; y VII - pH: 6,0 a 9,0.

Existen otras formas de clasificación de la calidad de agua, entre ellos el ICA - Índice de Calidad del Agua, aplicado por la CETESB - *Companhia Ambiental do Estado de São Paulo*. Conforme Cetesb (2017) desde la década de 1970 el índice es utilizado. Sin embargo, ninguno ha sido aplicado hasta el momento para la clasificación de la calidad del agua del Arroyo *Mirassol*.

Para que los estudios de la presente tesis fueran posibles, se realizaron los análisis de calidad del agua con la colaboración del *Projeto IPH - Índice de Poluição Hídrica*. Desarrollado en 2010 por la *Universidade Municipal de São Caetano do Sul*, bajo la coordinación de la profesora MSc Marta Angela Marcondes. El mencionado proyecto pretende evaluar la cantidad de contaminantes volcados en los cuerpos hídricos de la Cuenca del Río *Tamanduateí*, *Represa Billings* y otros, analizando diferentes parámetros físico-químicos y microbiológicos, en puntos seleccionados de ríos, embalses y arroyos.

Con el presente trabajo se pretende contribuir a la composición del Banco de Datos del *Projeto IPH*, así como, iniciar una serie histórica de estudios de este cuerpo de agua, que no venía siendo realizada por la gestión pública.

Capítulo II

2.1 Problema

El Arroyo *Mirassol* es un espacio poco valorado tanto por la comunidad local como por la gestión pública, por años viene sufriendo el descuido de ambas partes, no existiendo una planificación futura para lograr un ambiente ecológicamente equilibrado. Las primeras preguntas que surgen son: ¿La previsión legal ambiental está siendo cumplida? ¿Cuál es la efectividad entre lo previsto y lo ejecutado? Para ello es necesario analizar:

2.2 Objetivo General

Identificar y analizar los parámetros de la calidad del agua del Arroyo *Mirassol* bajo los aspectos técnicos y jurídicos, y verificar la efectividad de los servicios de saneamiento ambiental prestados.

2.3 Objetivos específicos

a) verificar si las políticas de saneamiento ambiental en la microcuenca del Arroyo *Mirassol* están siendo efectivas;

b) monitorear la calidad del agua del Arroyo *Mirassol*, con base en la evaluación físico-química y microbiológica de sus aguas, en relación a factores ambientales;

c) producir datos para las planificaciones futuras y contribuir a la efectiva aplicación de la legislación vigente.

2.4 Justificación

Conforme a la Agenda 21 Local (1996) la participación popular para la mejora de las condiciones ambientales locales es fundamental dentro del proceso de desarrollo sostenible. Como residente de la región del Arroyo *Mirassol*, se percibe el deterioro del recurso y la urgente necesidad de análisis del área, una vez que, conforme consultada a SABESP vía Ley de Acceso a la Información el 30 de agosto de 2018, en el área de estudio existen 14.315 residencias, siendo que 13.173 poseen la recolección de aguas residuales, totalizando el 92% de atención. Sin embargo, no existe tratamiento del alcantarillado generado.

2.5 Hipótesis

Hipótesis 1: El promedio de domicilios atendidos con la red de cloacales en la microcuenca del Arroyo *Mirassol* es menor que la media de la Cuenca del *Alto Tietê* y de la ciudad de *São Paulo*.

Hipótesis 2: Los parámetros físico-químicos y microbiológicos medidos en el Arroyo *Mirassol* empeoran aguas abajo de los asentamientos poblacionales.

Hipótesis 3: El régimen de lluvias es un factor para definir la calidad del agua del Arroyo *Mirassol*.

Capítulo III - Área de estudio

El Arroyo *Mirassol* se trata de un curso de agua urbano, que durante la urbanización de la ciudad de *São Paulo* pasó por diferentes procesos de transformación. Actualmente, según SIURB (2011) presenta una longitud aproximadamente de 1932 metros, ubicado en la división de los Distritos del *Cursino*, al Oeste, y al Este del *Sacomã*. Ambos, junto con el Distrito de *Ipiranga* están insertos en la subprefectura de *Ipiranga*, la cual es responsable por la gestión pública que abarca los diferentes barrios ubicados en estos tres distritos, conforme se observa en los mapas de las Figuras 5 y 10.

Según GeoMapas (2018) (http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx) - Interfaz digital de consulta de datos espaciales del Ayuntamiento de São Paulo implementada en 2015, el arroyo *Mirassol* desemboca en el Arroyo *Moinho Velho* en forma de canal subterráneo que pasa por debajo de la Avenida Tancredo Neves. Este segundo sigue su curso por la Avenida das *Juntas Provisórias* y recibe la contribución de otros afluentes además del Arroyo *Mirassol*, desembocando en el curso medio del Río *Tamanduateí*, conforme se observa en los mapas de las Figuras 5 y 14.

Conforme FABHAT (2017) la cuenca hidrográfica comprendida en el área de estudio es la Cuenca Hidrográfica del *Alto-Tietê*, que corresponde a 36 municipios de la zona metropolitana de *São Paulo*, la mayor del país, que alberga aproximadamente 20 millones de habitantes y tiene una superficie de 5868 km².

Conforme GeoSampa (2018) (http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx) el Arroyo *Mirassol* está ubicado en las coordenadas Latitud 23 ° 38'09.5 "S / Longitud 46 ° 36'38.1" O. Con altimetría variable de 820 m en la cabecera y 740 m en la desembocadura, alternando su fisonomía entre galerías subterráneas, canales abiertos con márgenes y fondo naturales. También hay tramos en canal abierto rectangular con fondo y laterales de hormigón o gavión.

3.1 Condiciones fisiográficas

Para estudiar el clima en la región donde se inserta el Arroyo *Mirassol* se considerará la Cuenca Hidrográfica del *Alto-Tietê*. Según Bicudo y otros (2002) la Cuenca del *Alto-Tietê* está delimitada por las latitudes 23° 08'S a 24° 15'S y por las longitudes de 45° 30'W a 47° 30'W.

Las influencias marítimas del Océano Atlántico afectan el área de estudio debido a su ubicación, estando su punto central a 60 Km de la costa marítima. Se caracteriza por su transición brusca entre litoral y tierras altas, lo que determina muchos fenómenos climatológicos locales, estando expuesta directamente a corrientes atmosféricas con orientación SE para NO.

3.2 Climatología

Según Bicudo y otros (2002) debido a la altitud de la Cuenca del *Alto-Tietê* le confiere un clima templado y según la clasificación climática de Köppen en la denominación Cwb, que significa clima templado, con régimen de lluvias en el verano, invierno seco, temperatura media del mes más caliente por debajo de 22°C y la del mes más frío 18°C. En el interior de la cuenca, las altitudes varían en promedio de 700 a 800m.

De acuerdo a Nimer (1977), en América del Sur se encuentran dos centros de alta presión (anticiclones) sobre los océanos Pacífico y Atlántico, estando prácticamente tangentes al Trópico de Capricornio. Estos anticiclones se consideran permanentes debido a las altas presiones atmosféricas en el Pacífico y el Atlántico. Los dos son fuentes de masas de aire marítimo, siendo la MTa - Masa Tropical Atlántica y MTp - Masa Tropical Pacífica. A menudo el anticiclón del Atlántico avanza sobre el continente e influye en el clima del área de estudio.

Según Nimer (1977) la Cuenca Hidrográfica del *Alto-Tietê* está directamente influenciada por las MTa - Masa Tropical Atlántica, MEc - Masa Ecuatorial Continental y MPa - Masa Polar Atlántica. La variación ocurre durante el año y de acuerdo a las estaciones climáticas. De esta forma, constantemente los frentes

(separación entre ellas) causan variaciones en el tiempo. La cuenca está inserta en una zona inestable entre las masas de aire Ta - Tropical Atlántica y Ec-Ecuatorial Continental, estando en la mayoría del año bajo mayor influencia de la primera, por la proximidad a la costa marítima.

Según Nimer (1977) en los meses de septiembre, octubre y noviembre hay mayor ocurrencia de frentes fríos que en otros meses del año. En estos meses, los vientos alcanzan mayor velocidad, principalmente los de SE. Hay grandes nubosidades debido a frentes estacionarios, precipitaciones constantes, entrada de frentes fríos, siendo un período irregular de transición entre invierno y verano.

Según Nimer (1977) en los meses de diciembre, enero y febrero el predominio es de la MEc, que se caracteriza por altos valores de humedad relativa del aire, temperatura, lluvias, tormentas y nubosidad. Hay una atenuación debido a la altitud, pero el clima se asemeja al clima ecuatorial. Hay ocurrencias de frentes calientes estacionarios, siendo responsables por gran pluviosidad. Al final del verano la MTa predomina y entonces permite la entrada de frentes estacionarios fríos. En el otoño es el período de transición de la MTa a la entrada de la Mpa, con lo que hay gran frecuencia de perturbaciones. Durante toda la estación el predominio es de la MTa, siendo caliente y húmedo. De marzo a abril, hay gran frecuencia de frentes fríos.

Conforme Nimer (1977) en los meses de junio, julio y agosto hay predominio de la MTa, pero son frecuentes las apariciones de frentes fríos polares estables, secos, característicos de la MPa. Con ello, hay disminución en la temperatura, mayor estabilidad y buen tiempo, con tormentas rarísimas y pocas perturbaciones atmosféricas.

En la Figura 4 se observa el mapa de América del Sur, con el movimiento de las masas de aire en las estaciones del verano e invierno. Destacándose el área de estudio con un círculo color verde.

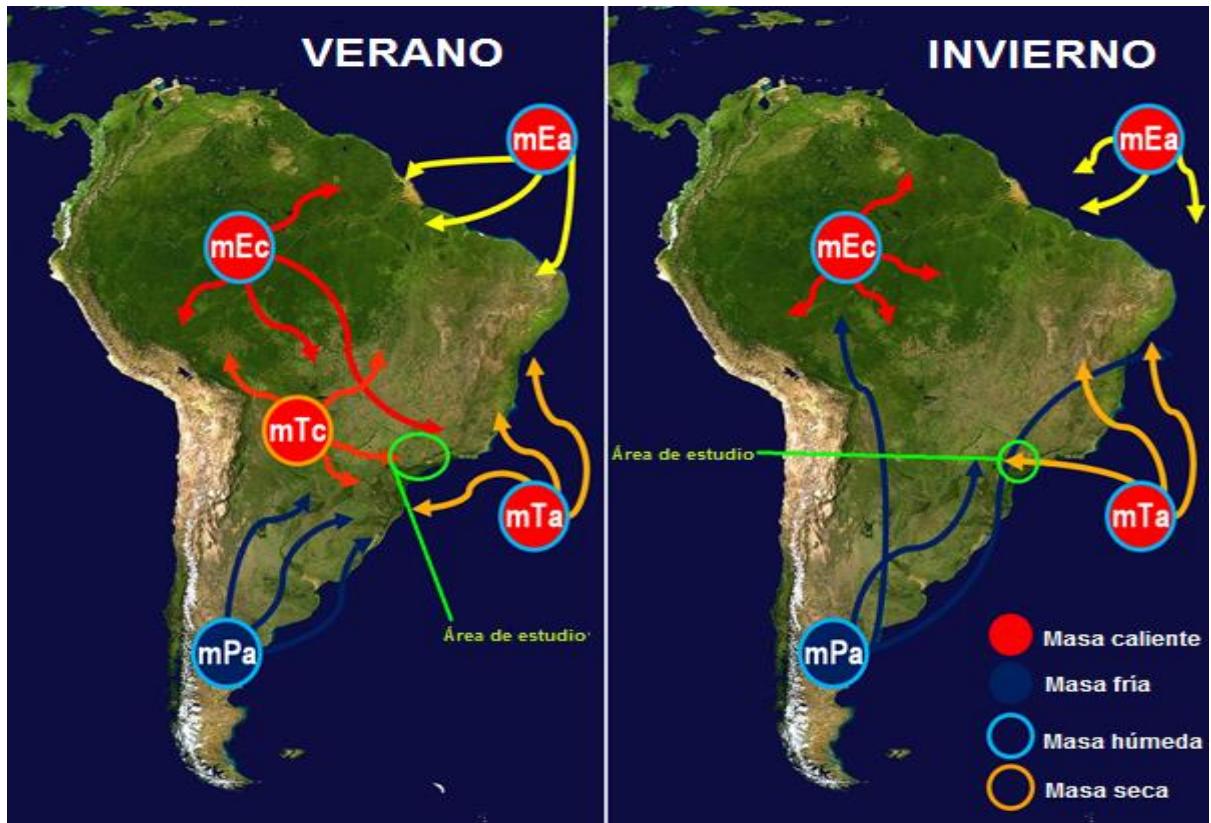


Figura 4 - Mapa del movimiento de las masas de aire en Brasil durante el verano e invierno. Fuente: Recuperado de [https:// www.geografiaopinativa.com.br/2016/03/massas-de-ar-que-atuam-no-brasi.html](https://www.geografiaopinativa.com.br/2016/03/massas-de-ar-que-atuam-no-brasi.html). Adaptado por el autor.

En la Tabla 3 se verifican los índices de precipitación mensual medidos en mm / m² de acuerdo con diferentes períodos históricos. Destacándose los meses de toma de muestras.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Normal (1933-1960)	198,5	178,7	149,4	74,2	53,5	45,9	34,6	38,3	71,0	114,9	108,7	170,8	1238,5
Normal (1961-1990)	223,0	222,2	159,1	91,0	75,7	57,9	47,6	40,5	74,7	129,2	137,4	184,7	1442,9
Média (1991-2017)	279,0	236,8	183,7	85,3	63,9	58,5	51,1	35,6	92,4	117,9	155,4	199,1	1558,6
Média Climatológica (1933-2017)	232,7	212,5	163,7	83,6	64,6	54,1	44,4	38,2	79,1	120,9	133,7	184,7	1412,3

Tabla 3 - Serie histórica de precipitación mensual en la *Estação Meteorológica do IAG/USP* Fuente: Instituto de Astronomia e Geofísica da Universidade de São Paulo [IAG/USP] (2017) - *Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP*, p. 22. Adaptado por el autor.

Conforme IAG / USP (2017) hay temperaturas que oscilan entre 16°C y 38°C, con lluvia abundante en verano e invierno seco. El mes más cálido del año es febrero (23,2 ° C) y el más frío es julio (16,7 ° C). La precipitación media es de 1412 milímetros (mm) anuales, concentrados principalmente en el verano, siendo enero el mes de mayor precipitación (232,7 mm) y agosto el de menor (38,2 mm). Las estaciones del año son relativamente bien definidas: el invierno es ameno y subseco, y el verano, moderadamente caliente y lluvioso. El otoño y la primavera son estaciones de transición. La humedad relativa del aire es en promedio de 75% a 85%.

3.3 Geología

Según Hasui y otros (1981) el Arroyo *Mirassol* se ubica en una región de contacto entre los sedimentos de la Cuenca Sedimentaria de *São Paulo* y de rocas pre-cámbricas. Las últimas forman parte del Complejo *Embú*, donde se constituye el Grupo *Açungui* de edad Neoproterozoica.

Según los mapas proporcionados por GeoSampa (2018) (http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx) la llanura aluvial y el propio lecho del río se asientan sobre sedimentos cuaternarios y se identifican depósitos de probable edad terciaria sobre basamentos de rocas pre-cámbricas, conforme Bicudo y otros (2002).

3.4 Geomorfología

Según Bicudo y otros (2002) la microcuenca del Arroyo *Mirassol* está inserta en la Provincia del Planalto Atlántico, Zona del Planalto Paulistano. La última es definida como una región que posee tierras altas, principalmente dominada por rocas cristalinas pre-cámbricas, siendo cortadas por rocas intrusivas y alcalinas, debido al contacto en el período Mesozoico-Terciario. Hay también influencia de las formaciones sedimentarias del período cuaternario de depósitos aluviales, de las formaciones cubiertas por la Cuenca Sedimentaria de *São Paulo* y *Taubaté*.

3.5 Hidrología

Conforme Atlas Ambiental de São Paulo (2002) existen en la ciudad de São Paulo aproximadamente 287 ríos y arroyos. Debido a la expansión urbana de la ciudad y a la falta de planificación que contempla la preservación de estos cursos de agua, en su mayoría están canalizados a cielo abierto, en canales subterráneos y galerías pluviales o cloacales, donde no pueden ser observados por las personas.

En la Figura 5 verificamos el mapa hidrológico de la ciudad de São Paulo, con todos sus drenajes oficiales catalogados. En particular, observamos el distrito de Ipiranga, lugar del área de estudio. Destacado en el color verde, también se observa la microcuenca del *Arroyo Mirassol*. En la red hidrográfica de la ciudad de São Paulo, se puede observar la ubicación del *Arroyo Mirassol*, que se trata de un pequeño curso de agua.

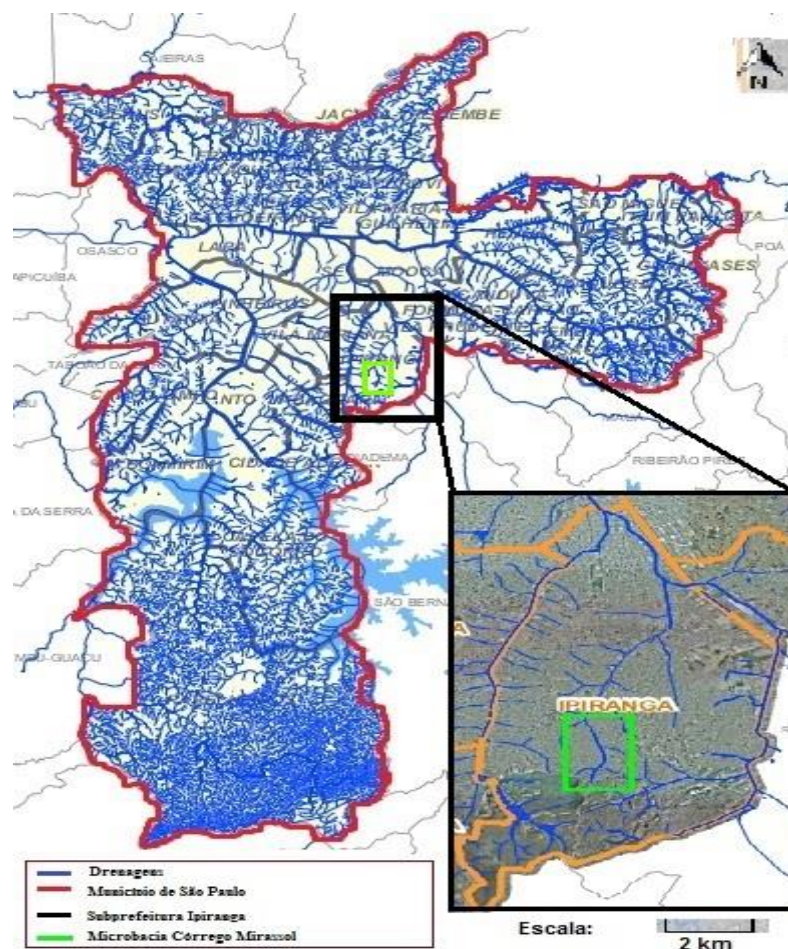


Figura 5 - Mapa Hidrológico de la Ciudad de São Paulo. Recuperado de: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx Adaptado por el autor.

3.6 Población

São Paulo es la capital del estado más poblado de Brasil (*São Paulo*), situándose en la latitud 23 ° 33'01 " sur y en la longitud 46 ° 38'02 " oeste. El área total del municipio es de 1.521 km², de acuerdo con el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística – IBGE (2010), siendo la mayor área urbana del país. En la Figura 6 se observa el mapa de localización del área de estudio.



Figura 6 - Mapa de localización de la ciudad de *São Paulo* Recuperado de: <http://www.mapeiasp.sp.gov.br/Mapa>. Adaptado por el autor.

3.7 Aspectos históricos - Etapas de poblamiento de la ciudad de *São Paulo*

En 1554 había un poblado que ocupaba la región que hoy se considera como la ciudad de *São Paulo*. Esta fecha entonces, es la fecha de fundación de la ciudad. La privilegiada posición geográfica en relación al río *Tietê* y sus afluentes fue factor preponderante para la consolidación de la ciudad. Los ríos eran utilizados como fuente de comunicación y plantación en sus zonas bajas, áreas muy fértiles.

La abundancia del agua era considerable, teniendo diversos usos en la época, según Faria (2004).

Según Massara (2012), la confluencia entre los ríos *Tamanduateí* y *Anhangabaú* fue elegida para la instalación del colegio indigenista, siendo como un marco para la expansión urbana de la ciudad, la cual hasta el siglo XVIII no se había desarrollado mucho.

Conforme Santos (2011) la ciudad desde su creación tuvo su dinámica directamente ligada a los ríos, siendo canales de confluencia de la capitanía hacia el interior, las comunicaciones y transportes se establecían a través de los cursos de agua. Los márgenes eran lugares de descanso, asentamiento, puntos de parada para aquellos que deseaban ir a la Sierra del Mar.

Conforme a la *Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo* - SMDU (2007) en 1810 la urbanización se limitaba solamente al área central de la ciudad, demostrando que las periferias de la ciudad eran poco habitadas hasta ese período y con poco valor representativo, al punto de no ser asignadas en los mapas.

Según Azevedo (1958) las modificaciones más expresivas y alteraciones reales en la conformación de la ciudad se percibieron a partir del siglo XIX, expandiéndose desde entonces. Las décadas de 1870 y 1880 fueron momentos clave para un acelerado crecimiento, teniendo como factores principales la expansión de la cultura cafetera, el aumento de ferrocarriles, ligando el interior al Puerto de *Santos*, la inmigración europea y migrantes venidos de otros estados y municipios, atentos al movimiento de la economía local y también a las inversiones del capital extranjero en construcción de hidroeléctricas, líneas de tranvía, industrias y viviendas.

Assunção (2009) señala que desde el siglo XIX no había sistemas de saneamiento y abastecimiento de agua, lo que exigía que los habitantes constantemente fueran obligados a desplazarse y así poder adquirir agua para el consumo.

Conforme a Pereira y Pires (2008) entre 1901 y 1920 se definieron las estructuras de la ciudad que perduran hasta la actualidad. Las partes más altas de la ciudad eran destinadas a los barrios más nobles y las más bajas a los barrios populares, cercanos a las tierras bajas y las planicies aluviales, lugares donde era normal la presencia de animales venenosos. Con ello, el valor de los inmuebles en las zonas bajas eran menores, pues la insalubridad y los peligros estaban cercanos.

En los lugares más alejados como por ejemplo, *Vila Maria*, *Pinheiros* y otros, se instalaban núcleos dispersos, pues en la región central los valores de los terrenos eran muy elevados, haciendo que los más pobres buscasen los suburbios como solución, constituyendo los barrios actuales.

Según Assunção (2009) hasta la década del 40 este modelo de expansión se mantuvo, donde el operario para vivir cerca de las industrias buscaba los barrios ubicados cerca de ellas, siendo el *Brás*, *Ipiranga*, *Bom Retiro* y *Barra Funda*, donde existían los conventillos de los inmigrantes europeos, que pasarían a ser llamados actualmente de favelas, siendo uno de los mayores problemas de las ciudades.

En la Figura 7 se observa que el área de la microcuenca del Arroyo *Mirassol* y sus entornos antes de 1950 no era considerada área urbanizada, así como la mayoría de los barrios más poblados de la ciudad, representados en color roja. Se verifica con eso que la ciudad creció demasadamente en pocas décadas, no permitiendo una correcta planificación urbana.

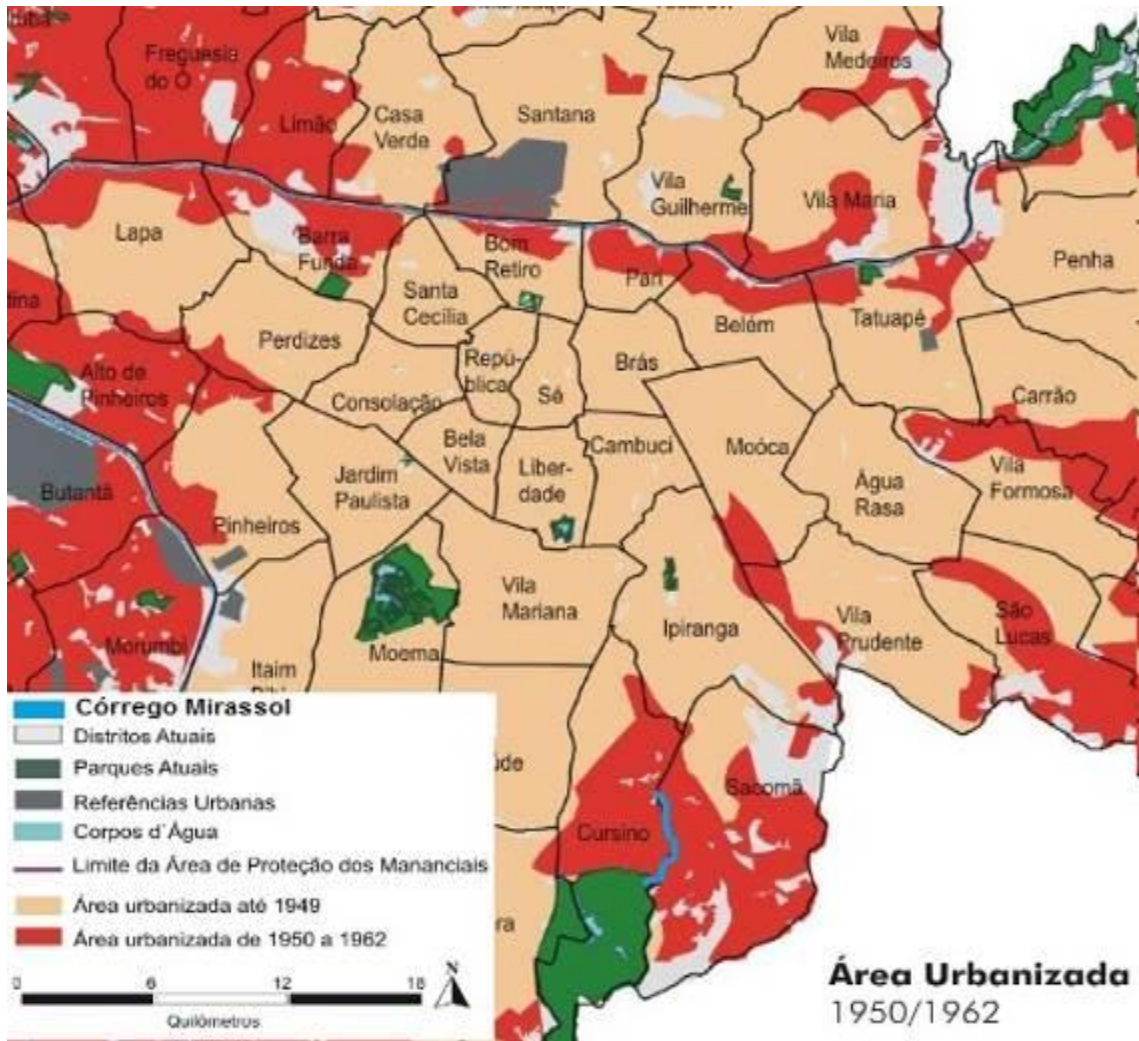


Figura 7 - Mapa de la urbanización de la ciudad de São Paulo. Recuperado de: http://smul.prefeitura.sp.gov.br/historico_demografico/img/mapas/urb-1950-1960.jpg
Adaptado por el autor.

3.8 Las primeras intervenciones en los ríos de la ciudad de *São Paulo*

Al observar la ciudad de *São Paulo*, se verifica que su rápido crecimiento no respetó los regímenes naturales de los ríos, obligando a modificarlos estructuralmente, canalizándolos o entubándolos.

En 1848 se registró la primera intervención en un río de *São Paulo*, en el Río *Tamandateí*. La intervención fue planeada por la *Comissão de Saneamento de São Paulo* en 1821, pero no fue ejecutada por falta de recursos financieros en la época, conforme Santos (2011) y Assunção (2009).

Entre los años de 1896 a 1914 ocurrió la segunda intervención estructural en el río *Tamanduateí*, que consistió en el rectificando de un tramo cerca del centro de la ciudad. El objetivo principal era el flujo de desechos y aguas estancadas, que representaban enorme perjuicio por las inundaciones y la proliferación de enfermedades de transmisión hídrica, según Santos (2011).

En 1903 hay registros de disminución de la calidad de las aguas de ríos, como el *Tietê*, donde las alcantarillas eran arrojadas sin tratamiento o eran encaminadas a ríos subterráneos, confirmando que la degradación ambiental era creciente, según Sant'Anna (2004).

3.9 Rectificación de ríos y construcción en llanuras aluviales

Según Jorge (2011) Saturnino de Brito fue un sanitarista brasileño responsable por grandes proyectos de hidráulica a mediados de principios del siglo XX, siendo sus proyectos ejecutados en diferentes ciudades brasileñas. Sus proyectos contemplaban el respeto a la naturaleza de los regímenes de los ríos, lo que contrariaba los intereses inmobiliarios y desarrollistas de la época. Con ello, sus proyectos fueron alterados y aprovechados parcialmente, omitiendo o modificando datos importantes que fueron fundamentales para que, los márgenes de los ríos fueran ocupados por la construcción de avenidas.

En los tres principales ríos de la ciudad: *Tietê*, *Pinheiros* y *Tamanduateí*, se hicieron rectificaciones y apertura de canales, para que las aguas fluyeran con mayor caudal, evitando que los efluentes quedaran estancadas, como en particular el río *Pinheiros*. La velocidad de las aguas fue aprovechada para fines hidroeléctricos, a partir de la instalación de la *Usina Hidroelétrica de Henry Borden*, ubicada en *Cubatão*, municipio ubicado en la *Baixada Santista* a los pies de la Sierra del Mar, según Jorge (2011) y Oliveira (2014).

Conforme Oliveira (2014) otro personaje importante para la ciudad de *São Paulo* fue el arquitecto y posteriormente alcalde Prestes Maia, que propuso el Plan de Avenidas en 1930, el cual poseía la concepción que las grandes avenidas de la ciudad debían ser construidas en las planicies aluviales, siendo el terreno menos accidentado de la ciudad.

La canalización de los ríos *Tietê* y *Tamanduateí*, representaron en la época un gran mejoramiento suburbano, ya que aprovecharan las zonas bajas de los ríos como emprendimientos inmobiliarios, trayendo el desarrollo a la ciudad y mejores condiciones de movilidad por la construcción de las avenidas para los automóviles, que representaban avances tecnológicos, según Maia (2010).

Sin embargo, la canalización de los ríos y arroyos afluentes representó lo opuesto a todo lo que se imaginaba, pues el incremento en la velocidad de las aguas hizo que la incidencia de inundaciones aumentase, pues no se conseguía escurrir a tiempo las aguas de los ríos *Tietê* y *Pinheiros*. La eliminación de los meandros hizo que se redujera la autodepuración, haciendo que la materia orgánica no alcanzase a descomponerse, aumentando la incidencia de contaminación. Estos ríos están ubicados en áreas de baja pendiente, o sea, son ríos lentos, incidiendo en constantes inundaciones. A medida que más afluentes de las cabeceras eran canalizados, las aguas se desplazaban con más velocidad y las inundaciones eran más frecuentes, según Travassos y Grostein (2013).

Entre los años 1938 y 1945 en la gestión del alcalde Prestes Maia, las avenidas en planicies aluviales ganaron mayor protagonismo, los ríos y arroyos eran considerados solamente como drenajes de alcantarillas y contaminación, relegando a segundo plano en todas las nuevas construcciones de la ciudad, resultando grandes cambios en sus cursos naturales, según Travassos (2015).

3.10 Arroyo *Mirassol*: El arroyo “invisible” a los ojos de la urbanización

El Arroyo *Mirassol* es poco conocido por ese nombre y, probablemente, tampoco por los otros dos de los que hay registros como *Moinho Velho* y *Vermelho*. La gente que está de paso por el barrio, e incluso moradores más antiguos menos atentos, no saben que bajo esas callejuelas y calles tortuosas pasa un arroyo.

Según Google Earth (2018) la microcuenca del *Mirassol* tiene su área de aproximadamente 1,86 km². Aun así pasa “invisible”, pues ninguna avenida fue trazada sobre él. Sin embargo, calles importantes del barrio como las avenidas *Nossa Senhora da Saude* y *Dom Vilares*, enlaces al *ABC Paulista* cruzan sobre puentes y están contenidos en su cuenca.

Como se verifica en registros anteriores, la formación de los barrios de la microcuenca se dio a principios de los años 50 y debido al rápido crecimiento poblacional durante los años 1960 a 1980, los terrenos vacíos y loteados para construcción de viviendas se establecieron en el entorno del Arroyo *Mirassol*. Los más pobres así como ocurrió en otras áreas de la ciudad de São Paulo, por necesidad de vivir en lugares más baratos, buscaron los márgenes de los ríos y arroyos.

La falta de infraestructuras básicas ya era noticia en la década de 80 y era motivo de reivindicación popular, según afirmó el concejal de *São Paulo*, Almir Guimarães en sesión del Ayuntamiento de *São Paulo*, registrado en DOM-32 (1987):

El Arroyo *Vermelho* que tiene su nacimiento en la *Vila Moraes*, pasando por *Vila Brasilina*, *Vila das Mercês*, hasta la *Rua Dom Vilares*. A partir de ahí ya está canalizado hasta el inicio del *Moinho Velho*. Este, ya canalizado tiene sobre su lecho la *Avenida Presidente Tancredo Neves*. El Arroyo *Vermelho* con cualquier lluvia desborda, haciendo que los habitantes de sus márgenes

vivan momentos de angustia a cualquier señal de cambio del tiempo pronosticando lluvias. Destacamos entre estos moradores los que habitan la *Favela da Passagem Três*, en las inmediaciones de la calle *Simão Lopes* en *Vila das Mercês*, hay un conjunto de casuchas que están amenazadas de ser arrastradas por las avalanchas del Arroyo *Vermelho*, pues estos barracones, muchas veces, son construidos casi dentro del propio arroyo. (p. 42)

En otra oportunidad el concejal reafirma reivindicaciones sobre mejoras a los habitantes del entorno del arroyo, subrayando la necesidad de atención sobre los residentes de la *Favela Passagem Três*, según afirma en DOM-33 (1988):

Ya hablamos en esa tribuna sobre los problemas que afligen a los moradores residentes a orillas del Arroyo *Vermelho*, que nace en *Vila Moraes*, haciendo divisa entre la *Vila das Mercês* y la *Vila Brasilina*, totalmente obstruido y asustado con la gran cantidad de basura y escombros que es lanzado en su lecho, así como el matorral y el campuzal que crecen en sus márgenes. [...]

En la región ribereña del Arroyo *Vermelho*, aledaños a la calle *Simão Lopes*, cerca del SESI, en la *Vila das Mercês*, se encuentra la favela *Passagem Três*, con sus casuchas corriendo riesgo de caer como consecuencia de las constantes inundaciones y desbordamientos, poniendo en peligro la vida de sus humildes habitantes. (p. 38)

Los problemas ambientales siguieron creciendo, hubo un aumento de la población en el entorno de las márgenes llevándolos a una situación de total vulnerabilidad social, según el *Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS* (2010)

A lo largo de las investigaciones se verificó que el Arroyo *Mirassol* está registrado como Arroyo *Vermelho* y *Moinho Velho*, de acuerdo con cada órgano consultado, lo que dificulta las investigaciones y no desarrollan el sentimiento de *topofilia*, que es crear vínculos entre el lugar que se habita y sus pobladores, pues hace el medio ambiente algo sin identificación, sin sentimiento de pertenencia a la comunidad.

Para la geografía humanista valorar la relación entre personas y el espacio es fundamental, pasando por la percepción y representación espacial, sus culturas y las relaciones sociales. Para Tuan (1980): "el medio ambiente puede no ser la causa directa de la *topofilia*, pero proporciona el estímulo sensorial que, al actuar como imagen percibida, da forma a nuestras alegrías e ideales" (p.129).

En la Figura 8, se observa las viviendas construidas en situaciones precarias sobre el lecho y los márgenes del *Arroyo Mirassol*. Se observa que conforme DOM-32 (1987) desde el 1987 ya habían registros oficiales del establecimiento de viviendas en esas condiciones.



Figura 8 - Foto aérea de viviendas construidas sobre el lecho del Arroyo *Mirassol*. Fuente: Foto aérea ejecutada por Drone Modelo Phantom IV.- Foto: *Coordenadoria de Defesa Civil de São Paulo* (2018).

3.11 Situación actual del Arroyo *Mirassol*

3.11.1 Aspectos Sociales

Conforme IPVS (2010) la vulnerabilidad social es un concepto que caracteriza la condición de grupos e individuos que se encuentran en condiciones desfavorables, es decir, personas o familias que están en proceso de exclusión social, principalmente por factores socioeconómicos.

Algunas de las características principales que marcan el estado de vulnerabilidad social son las condiciones precarias de vivienda y saneamiento, los medios de subsistencia inexistentes y la ausencia de un entorno familiar, por ejemplo. Todos estos factores constituyen la etapa de riesgo social, es decir, cuando el individuo deja de poder disfrutar de los mismos derechos y deberes de otros ciudadanos, debido al desequilibrio socioeconómico establecido.

Conforme Monteiro (2011) las personas que se consideran en el marco de la vulnerabilidad social son aquellas que están perdiendo su representatividad en la sociedad y, en general, dependen de la ayuda de terceros para asegurar su supervivencia. La vulnerabilidad social está relacionada no solo con un factor, sino con un conjunto de condiciones que se refieren a la fragilidad de la situación socioeconómica de un grupo o individuo en particular.

Con base en los resultados obtenidos por el último Censo Demográfico de 2010 del *IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, la *Fundação Sistema Estadual de Análises de Dados - SEADE*, del *Governo do Estado de São Paulo*, aplicó el *Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS*, identificando las diferentes situaciones de exposición a la vulnerabilidad, indicadores de renta y otros referentes al ciclo de vida familiar y escolaridad.

El IPVS utiliza dos factores: Los socioeconómicos (ingreso domiciliar per cápita, ingreso promedio de la mujer responsable por el domicilio, porcentaje de domicilios con ingreso per cápita de 1 a 4 salarios mínimos, porcentaje de personas alfabetizadas responsables del domicilio). El segundo factor son los aspectos demográficos evaluándose: el porcentaje de las personas responsables de 10 a 29 años; el porcentaje de las mujeres responsables de 10 a 29 años; la edad media de las personas responsables; y el porcentaje de niños de 0 a 5 años de edad.

En la Figura 9 se observa el mapa de la microcuenca del *Arroyo Mirassol* contemplado por el análisis del IPVS (2010). De acuerdo con el índice, se verifica que en los márgenes del Arroyo hay áreas evaluadas como de alta y muy alta vulnerabilidad social, coincidiendo el área en rojo con de las Figuras 8, 9 y 10.

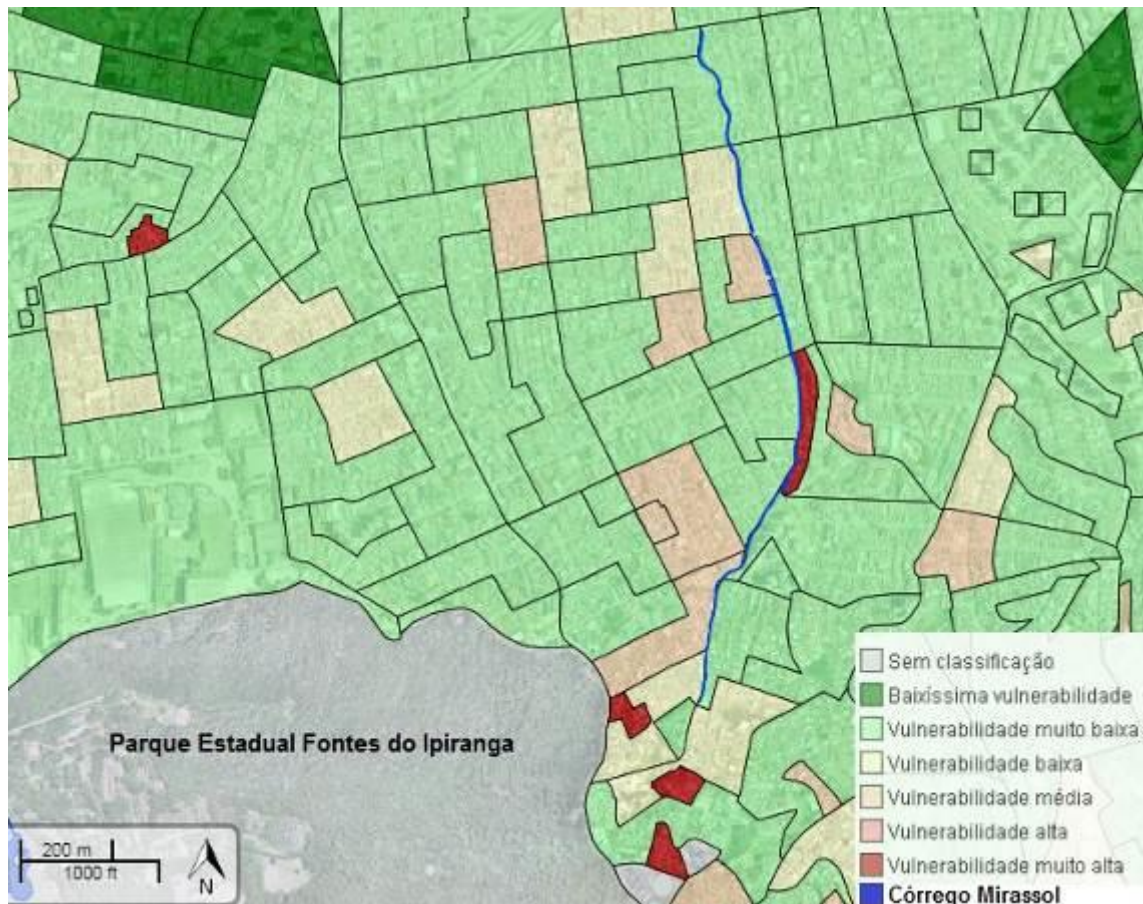


Figura 9 - Mapa de Vulnerabilidad Social del Arroyo *Mirassol* - IPVS (2010). Recuperado de: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx Adaptado por el autor.

3.11.2 Proyección de población año 2030

Según SEADE (2014) entre 2014 y 2030, se proyecta que la población de la ciudad de São Paulo aumentará de 7.569,41 a 8.048,78 habitantes por km², lo que representa un incremento del 6,33% en este período. En los distritos del área de estudio (*Sacomã, Cursino e Ipiranga*), se observa aumentos constantes de población, lo que puede representar una mayor población en la Microcuenca del Arroyo *Mirassol*.

La Tabla 4 expresa una proyección de la población de la ciudad de São Paulo y de los distritos del área de estudio, referente a los años desde 2014 hasta 2030.

Distritos	Población Total		Tasas anuales de incremento (%)	Densidad demográfica (hab / Km ²)	
	2014	2030	2014/30	2014	2030
Município de São Paulo	11.513.836	12.242.971	0,38	7.569,41	8.048,76
Ipiranga	109.220	114.251	0,28	9.920,07	10.377,02
Cursino	111.252	114.845	0,20	9.232,53	9.530,71
Sacomã	254.728	272.842	0,43	17.459,08	18.686,91

Tabla 4 - Proyección de la población de São Paulo y el distrito de Ipiranga desde 2014 a 2030. Adaptado por el autor de: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados [SEADE]. (2014) SP Demográfico. *Resenha de Estatísticas Vitais do Estado de São Paulo*. Ano 14, 1, 17p.

3.11.3 Riesgo Geológico

Según IPT (2010) el riesgo geológico para el caso en estudio se relaciona con la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de inestabilidad, que se estima a partir de la identificación y el análisis de las características del terreno, lo que indica un mayor o menor grado de susceptibilidad, ya sea natural o inducida, por las formas de uso y ocupación del suelo.

Conforme IPT (2010) con respecto al daño potencial, es una estimación de la magnitud de los efectos dañinos (personas muertas y edificios destruidos), por la probabilidad de que ocurran deslizamientos de tierra en el área de riesgo. A los efectos del análisis de riesgo, se estima el número de viviendas que podrían alcanzarse en caso de deslizamientos de tierra.

Según Brasil (2007) los accidentes geológicos y geotécnicos son fenómenos masivos asociados con movimientos conjuntos de suelo y / o roca, que causan daños al hombre y / o sus propiedades. En el contexto de las áreas urbanas brasileñas, hay varios municipios con áreas de riesgo de deslizamientos de tierra que involucran asentamientos precarios, cuyas comunidades son vulnerables a cualquier posibilidad de pérdida o daño, ya sea social o económico, como es el caso del Arroyo *Mirassol*.

Conforme IPT (2010) para clasificar los grados de riesgo indicados en la Figura 10, se utilizó el concepto de análisis de riesgo utilizando el siguiente modelo:

$$R \sim P (A) \times C (V)/G$$

La expresión muestra que el riesgo (R) es la probabilidad (P) de que ocurra un accidente asociado con un peligro o amenaza particular (A), que puede tener consecuencias (C), perjudiciales para las personas o la propiedad, debido a la vulnerabilidad (V) del ambiente expuesto al peligro y que puede tener sus efectos reducidos por el grado de gestión (G) puesto en práctica por el poder público y / o por la comunidad.

En 2010 el *Instituto de Pesquisas Tecnológicas* - IPT mapeó el área de estudio, donde confeccionó un informe señalándola como área de riesgo geológico. Desde la confección del informe en cuestión, pocas acciones fueron efectivas en el área para evitar la exposición de las personas al ambiente de vulnerabilidad y riesgo. Al contrario, aumentaron el número de casas en la margen del arroyo y la gestión pública concretamente poco realizó.

Según IPT (2010), en la Figura 10 se verifican las áreas analizadas como de riesgo, en distintos grados, que varían de R1 como menor a R4 como de mayor grado de riesgo. Se destaca que hay existencia del más alto grado estipulado - Riesgo Muy Alto - R4.



Figura 10 - Mapa de áreas de riesgo en la microcuenca del Arroyo *Mirassol*: Recuperado de: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx Adaptado por el autor.

La situación de los residentes en el área de estudio es de extrema vulnerabilidad, siendo expuestos diariamente a enfermedades y contaminación. Como se observa en la Figura 11, las residencias se han instalado sobre el lecho del Arroyo, lo que según apunta IPT (2010), consta como área de solapamiento.



Figura 11 - Foto realizada en trecho del Arroyo *Mirassol* clasificado como área con grado de riesgo alto (R3). Fuente: Relatório Técnico Nr 119.614-205 (2010), p. 71. Instituto de Pesquisas Tecnológicas [IPT] São Paulo.

En el mismo año se aprobaron obras de canalización del Arroyo *Mirassol*. Las obras se iniciaron en octubre de 2010 y se paralizaron entre 2012 y 2016. En agosto de 2017 se reanudaron las obras. El total de la obra es 1.932 m en galerías (cerrada y abierta - toda extensión del arroyo). De 2010 a 2012 fueron ejecutados los proyectos y 292 m en tubo de diámetro de 1,50 m y 70 m en canal abierto. La actual gestión municipal ejecutó 322 m en canal abierto. La previsión de conclusión de los 1.248 m restantes era marzo de 2019. Sin embargo, hasta Julio/2019 no ha sido ejecutada.

En la Figura 12 podemos analizar uno de los fragmentos ejecutados de la obra, según SIURB (2011), a través de consulta pública de la Ley de Acceso a la Información el 8 de agosto de 2018. Se observa el tramo ya ejecutado comprendido entre las calles *Simão Lopes* y *Engenheiro Silva Braga*.



Figura 12 - Foto aérea del tramo ejecutado de la obra realizada en marzo de 2018 por *Drone Modelo Phantom IV*. Foto: *Coordenadoria de Defesa Civil de São Paulo* (2018).

En la Figura 13 se observa que según datos proporcionados por Sabesp (2018) y según consulta pública vía Ley de Acceso a la Información se verifica que las redes de drenaje de efluente sanitario representadas en el color marrón drenan por pendiente hacia el *Mirassol*. Actualmente todas las residencias ubicadas en la microcuenca arrojan sus efluentes, de manera clandestina o no, directamente en el Arroyo.



Figura 13 - Mapa de redes colectoras de alcantarillado de la microcuenca del Arroyo Mirassol. Fuente: Sabesp - *Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo* (2018).

Cabe resaltar que la Constitución del *Estado de São Paulo* (1989) establece en su Art. 208 que: "Queda vedado el lanzamiento de efluentes y alcantarillas urbanas e industriales, sin el debido tratamiento, en cualquier cuerpo de agua."

Capítulo IV - Materiales y métodos

4.1 Tipo de investigación

Para que los objetivos de esa investigación fueran alcanzados, se adoptó el método de investigación descriptiva y correlacional, con abordaje cuantitativo.

4.2 Muestreo

Los parámetros físico-químicos que fueron analizados para clasificar la calidad del agua del Arroyo *Mirassol* fueron: temperatura, sulfuros, fósforo total, amonio, oxígeno disuelto, pH y turbidez.

Conforme Cetesb (2018) para los análisis microbiológicos se utilizaron las técnicas de tubos múltiples, siendo considerada la más tradicional para el análisis de coliformes totales y termotolerantes. Esta metodología permite la cuantificación por número más probable (NMP) de microorganismos y unidades formadoras de colonia (UFC).

Para los análisis de las aguas del Arroyo *Mirassol* se tomaron muestras en tres fechas; que se corresponden con el mes más seco (25 Ago 2018), mes más lluvioso (30 Ene 2019) y un mes de transición (31 Oct 2018), según IAG / USP (2017). En cada fecha se realizaron muestreos en 4 sitios: Punto 1, Punto 2, Punto 3 y Punto 4.

4.2.1 Unidades de análisis

Para los análisis de las aguas del Arroyo *Mirassol*, se recogieron muestras en cuatro puntos. Se utilizó el Datum WGS 84, de Google Earth para localización de las coordenadas geográficas de los puntos analizados, estando dispuestas conforme a la Tabla 5.

Muestras	Latitud (Sul)	Longitud (Oeste)
Punto 1	23°38'18.7"	46°37'14.9"
Punto 2	23°38'09.5"	46°36'38.1"
Punto 3	23°37'54.1"	46°36'33"
Punto 4	23°37'30.9"	46°36'40.2"

Tabla 5 - Coordenadas geográficas de los puntos de recolección de muestras.

En la Figura 14 se observa el mapa de la microcuenca del Arroyo *Mirassol* con la ubicación de los puntos de muestreo.



Figura 14 - Mapa de puntos de recolección en la microcuenca del Arroyo Mirassol. Fuente: Google Earth (2018) – Elaborado por el autor.

4.2.1 Descripción de los puntos de muestreo

4.2.1.1 Punto 1: *Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)*

Con el objetivo de caracterizar un sitio de bajo impacto (area *background*) y poder comparar con el resto de los sitios, se seleccionó un sitio dentro de la Unidad de Conservación (PEFI). También, para permitir verificar si hay impactos sobre la calidad de las aguas del PEFI.

En el punto 1 conforme la Figura 15, se observa un lago que conforme Bicudo, D. C; Forti, M. A. y Bicudo, C. E. M (2002), es el resultado de la naciente Nr 24 del PEFI. En el lugar es común la presencia de monos de la especie *Alouatta-guariba* (bugio-rojo). Hay preservación de la fauna y flora del sitio, no habiendo basura ni mal olor en las aguas.



Figura 15 – Local de recolección del Punto 1. Fuente: Foto del autor (25 Ago 2018).

Conforme Bicudo y otros (2002) el Parque fue creado el 12 de agosto de 1969 por el Decreto Estatal 52.281 y se extiende por 526 hectáreas. El área surgió a finales del siglo XIX con la expropiación de las granjas de café de la región, con la propuesta de a partir de entonces, pasar a suministrar agua, que allí existía en

abundancia, a la población que ya en la época empezaba a crecer notoriamente, con el desarrollo urbano de la ciudad.

Bicudo y otros (2002) afirman que el Parque se ubica en medio altamente urbanizado siendo una gran área verde, teniendo su vegetación natural aún preservada en su mayoría. Considerada una de las mayores áreas verdes de las metrópolis en América Latina, estando a 9 km de distancia del Marco-cero de *São Paulo*, la *Praça da Sé*, y a sólo 2 km del Área de Manantiales de la Región Metropolitana de la ciudad de *São Paulo*, resultante del *Parque Estadual da Serra do Mar*, siendo un importante refugio ecológico para diferentes especies.

Conforme Bicudo y otros (2002) el Parque está ubicado en la subprefectura del *Ipiranga*, lugar de gran importancia histórica para la ciudad y país, por el hecho que las nacientes del Arroyo *Ipiranga*, en cuyas márgenes la Independencia de Brasil fue declarada en 1822 por *Dom Pedro I*, se encuentran en el mencionado Parque.

Según Bicudo y otros (2002) hay en el Parque 24 puntos catalogados oficialmente como nacientes. De estos puntos, muchos se encuentran contaminados debido a la proximidad del Parque con las comunidades del entorno, así depositando residuos sólidos y líquidos con conexiones clandestinas de efluentes.

De acuerdo a GeoMapas (2018) (http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/Paginas_Publicas/_SBC.aspx) por diferencias de pendiente y localización del exutorio de la microcuenca del *Mirassol*, no hay posibilidades naturales de contaminación de las aguas del PEFI con las aguas del *Mirassol*, a diferencia de otros afluentes del entorno del parque que posibilitan que esto ocurra.

Según Barbosa y otros (2002) el Parque es un área de gran importancia ambiental y social, destacándose aquí su papel como repositorio de biodiversidad, laboratorio natural para investigaciones básicas y aplicadas, factor moderador del microclima local y de la capa freática, laboratorio natural para desarrollo de programas de educación ambiental en diversos niveles y área de ocio esencial para la comunidad del entorno.

4.2.1.2 Punto 2

El Arroyo *Mirassol* actualmente tiene sus nacientes en canales subterráneos, no siendo posible acceder a ellas para recoger las muestras. En el punto 2 se observa el primer lugar donde el *Mirassol* se presenta a cielo abierto, en canal rectangular de hormigón.

En este punto al observar la Figura 16, se verifican muchos residuos de diferentes tipos en el entorno, las aguas del Arroyo recibiendo directamente alcantarillas domésticas, aguas pluviales y aguas grises provenientes de las residencias del entorno, aparentemente de forma clandestina.



Figura 16 - Lugar de recolección del punto 2. Fuente: Foto del autor (25 Ago 2018).

4.2.1.3 Punto 3

El punto 3 corresponde al área ubicada aguas abajo del asentamiento poblacional "*Passagem Três*". En ese punto el objetivo de la recolección fue verificar los parámetros en el curso medio del arroyo. También, analizar el efecto de la desembocadura de las alcantarillas domésticas del asentamiento sobre la calidad de agua del arroyo.

En la Figura 17 se observa el lugar de recolección del Punto 3. En ese lugar es posible verificar muchos residuos, desembocadura de alcantarillas domésticas, aguas pluviales y aguas grises de forma clandestina y también en galerías de SABESP. Se observa que en ese punto, el lecho y las márgenes no están canalizados.



Figura 17 - Lugar de recolección del punto 3. Fuente: Foto del autor (25 Ago 2018).

4.2.1.4 Punto 4

En el punto 4 se observa el último punto del Arroyo *Mirassol* en el que es posible realizar la toma de muestras. A partir de este punto, el Arroyo retorna su curso hacia canales subterráneos hasta su desembocadura, a la altura de la *Avenida Presidente Tancredo Neves*.

El objetivo de realizar la recolección en ese punto es la verificación de las condiciones de los parámetros de calidad de las aguas antes de ser canalizado en forma subterránea. Se resalta que entre el punto 3 y 4 hay trechos en canal rectangular de hormigón ya ejecutados y también en construcción.

En la Figura 18, se observa que las situaciones de deposición de residuos, mal olor, desembocadura de efluentes domésticos, aguas pluviales y grises. Las márgenes poseen gaviones.



Figura 18 – Local de recolección en el Punto 4. Fuente: Foto del autor (25 Ago 2018).

4.3 Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua

De acuerdo con la ANA (2011) la metodología utilizada para la recolección fue de muestreo simple y superficial, cabe resaltar que de acuerdo a la Guía Nacional de Recolección y Preservación de Muestras los ejemplos de agua superficial son considerados aquellas que se encuentran en los primeros 30 cm de la lámina de agua.

Es importante señalar que esta metodología se determinó por el hecho de que en el arroyo estudiado, la profundidad no supera los 2,0 m. Las recolecciones fueron hechas con baldes plásticos autoclavables y las muestras colocadas en frascos de vidrio en color ámbar, transportados y refrigerados en cajas térmicas con hielo, conservando a una temperatura de hasta 4° C. Tanto los baldes como los frascos fueron previamente preparados, es decir, esterilizados en autoclave y pasados por protocolo de limpieza establecido por ANA (2011) lo que evita la contaminación.

Las muestras fueron llevadas al *Laboratório de Análise Ambiental* de la *Universidade Municipal de São Caetano do Sul*, donde se realizaron los análisis. *In situ* se verificaron los siguientes parámetros: temperatura y humedad relativa del aire, temperatura del agua, pH y oxígeno disuelto.

4.3.1 Instrumentos de análisis: descripción de los aparatos

Para los análisis de los parámetros: amonio, sulfuro, fosforo total y turbidez se utilizó el Colorímetro Multiparámetros digital portátil modelo MD 600 de la marca Lovibond.

Para los análisis de temperatura del agua, oxígeno disuelto y pH se utilizó el Medidor Multiparámetros modelo SensoDirect 150, marca LoviBond.

Para los análisis de temperatura y humedad relativa del aire se utilizó el Termo-higrómetro digital marca Incoterm modelo TTH100.

En la Figura 19 se observan el Colorímetro MD 600 Lovibond; Multiparámetros SensoDirect 150 Lovibond; y Termo-higrómetro TTH 100 Incoterm.



Figura 19 - Instrumentos de medición. Fuente: Adaptado por el autor. Colorímetro recuperado de: <https://www.enviropro.co.uk/entry/43874/Lovibond-Tintometer/MaxiDirect-MD600-portable-photometer/>. Multiparâmetros recuperado de: <http://helligedobrasil.com.br/produto/sensodirect-150-lovibond/>. Termo-higrômetro recuperado de: <https://www.incoterm.com.br/solucoes-em-medicao/termo-higrómetro+digital+incoterm+tth100>.

4.3.2. Análisis Microbiológicos

Los análisis se realizaron según la metodología descrita por APHA (2005). El examen microbiológico incluyó el recuento de los coliformes totales y fecales por el método del número más probable (NMP) y por el esparcimiento en superficie (*spread-plate*) para la verificación de las unidades formadoras de colonias - UFC.

La identificación de los grupos de bacterias presentes en las muestras fue realizada por la utilización de medios de cultivo selectivos para la confirmación e identificación.

Para los análisis inicialmente las muestras fueron sometidas a la dilución seriada hasta la serie 10^{-3} (1:1000). El agua de dilución (1%) se preparó con peptona bacteriológica de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Para el estudio se tuvieron en cuenta sólo las diluciones 1:10, 1:100 y 1:1000. Una vez obtenidas las diluciones necesarias, se iniciaron las inoculaciones en medio de pre-enriquecimiento para la realización de la metodología del Número Más Probable (NMP), así como también para la verificación de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Después de la dilución cada muestra fue inoculada y triplicada en Caldo Lactosado (medio no selectivo, para restaurar bacterias injuriadas, a una condición fisiológica estable) y también para ser utilizadas para la verificación del número más probable - NMP, fueron incubadas por 24-48 horas en una incubadora a 35-37°C.

Para el análisis de coliformes totales y termotolerantes se utilizó la técnica de tubos múltiples con tres series de tubos conteniendo caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), obteniendo los resultados en NMP / 100mL. La incubación fue a una temperatura entre 35-37°C durante 24-48 horas. Después de este período se verificó si hubo presencia de turbidez y gas que caracterizan un crecimiento, es decir, resultado positivo para la prueba presuntiva. Una vez obtenido la cantidad de tubos positivos se utilizó la tabla para la obtención del código para la verificación y luego aplicada la fórmula para ese fin.

Después del período de incubación de las muestras en Caldo Lactosado, las muestras positivas (cuando se forma gas dentro del tubo de Duran invertido y el medio se turbia) se retiraron las alícuotas de 1mL e inoculadas en 10mL de caldo

Verde Bile Brillante (VBB) Caldo EC. Los tubos se incubaron durante 24 horas, a una temperatura de 37°C y 42-43°C.

A partir del crecimiento microbiano en los tubos que contenían caldo verde bile brillante, y caldo EC – *Escherichia coli*, fueron retiradas alícuotas del medio con el auxilio de un ansa de níquel-cromo y estriadas en tres placas de Petri conteniendo los medios selectivos agar *Salmonella-Shigella* (SS), agar Eosina Azul de Metileno (EMB) y agar verde brillante (VB). Estas fueron incubadas por 24-48 horas a 35-37°C.

A continuación, se observó en cada placa, la morfología de las colonias en los medios *Salmonella-Shigella*, Eosina Azul de Metileno, Verde brillante. La identificación bacteriana se basó en la bacterioscopia por coloración Gram.

Conforme Funasa (2013) es importante señalar que Caldo Bile Verde Brillante, es recomendado para la confirmación de pruebas presuntivas para organismos coliformes en análisis bacteriológicos de agua, aguas residuales, alimentos, leche y productos lácteos. El agar Eosina Azul de Metileno (EMB) es un medio para diferenciación ligeramente selectivo utilizado para el aislamiento y diferenciación de bacilos entéricos gram-negativos. El agar *Salmonella-Shigella* (SS AGAR) es un medio para seleccionar y aislar especies de *Salmonella* y *Shigella*, en muestras de heces, alimentos y agua. El agar Verde Brillante (VB) es un medio selectivo y adecuado para el aislamiento de *Salmonella* sp.

Para el conteo de las Unidades formadoras de colonias, el volumen de 1 ml o 0.1ml de las diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} (después de homogeneizadas) de las muestras de agua fue pipeteado sobre el medio de cultivo sólido Agar Plate (PCA) y esparcida con ansa de Driglaui por toda la superficie del agar, y fue incubada durante 24-48 horas en invernadero bacteriológico a una temperatura entre 35-37°C, después de ese período se realizó el conteo en un contador de colonias y se

estableció la regla básica para cada dilución, y se anotó en la tabla específica. Para confirmar el número de microorganismos en una muestra, se realizó un cálculo basado en el número de colonias encontradas.

4.3.3 Conteo en placas

4.3.3.1 Unidades Formadoras de Colonia– UFC

Conforme Guerra (2016) el conteo en placas es el método más común de conteo de microorganismos utilizado en los laboratorios de microbiología. Se basa en la capacidad de los microorganismos para reproducirse cuando están en medio de cultivo apropiado y en la temperatura óptima de crecimiento. La multiplicación microbiana, después de un período de tiempo de 24 a 48 horas, alcanza miles de millones de bacterias. La acumulación de estas bacterias en un solo sector de la placa forma una colonia visible al ojo humano. El resultado se expresa como UFC (unidad formadora de colonia) por unidad (peso, volumen, área, etc.). Para expresar el resultado, es necesario contar las unidades formadoras de colonias.

Según Guerra (2016) en una placa de Petri, es posible contar hasta aproximadamente 300 UFC. Los manuales de análisis y las legislaciones específicas para la microbiología estipulan un límite máximo y un mínimo de recuento. Normalmente, el límite es entre 25 y 250 UFC, pero algunos otros límites se pueden utilizar para algunos análisis como, 15 - 150 o 30 - 300 UFC / placa. El límite máximo de recuento se estipula debido a la dificultad de recuento de placas que contienen muchas UFC y el límite mínimo, debido a la significancia estadística del ensayo. El cálculo se obtiene mediante la siguiente ecuación expresada en la ecuación:

$$\text{Resultado} = \text{Media} \times \frac{1}{\text{Nivel dilución}} \times \frac{1}{\text{Volumen alícuota}}$$

Media = Media aritmética de los resultados del conteo de UFC en los análisis en triplicado

Nivel dilución = 10^{-1}

Volumen alícuota = 10^{-3}

4.3.3.2 Cálculo del valor del Número Más Probable (NMP)

Conforme a Maturin (2012), el cálculo de la densidad de bacterias del grupo probado se basa en el número de tubos positivos de cada dilución, en la Prueba Confirmativa (o completa). El resultado se da con un límite del 95% de confianza. Se necesitan 3 diluciones para formular el código que permite la lectura en la tabla del NMP. El número de código tiene 3 dígitos, cada uno, el número total de tubos positivos en cada dilución y en orden decreciente de volumen de inóculo, basado en números definidos por la Tabla de NMP, de acuerdo con Maturin (2012). El valor del NMP se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{NMP} = \text{NMP Tabla X} \frac{10}{\text{Mayor cantidad testada}}$$

4.4 Cálculo del caudal del Arroyo *Mirassol* - Medición por el Método del Flotador

Conforme Palhares y otros (2007) caudal o descarga de un río es el volumen de agua que pasa entre dos puntos por un determinado período de tiempo. Normalmente, se expresa en metros cúbicos por segundo (m^3 / s).

En este caso, se utilizó un flotador (botella PET completada con $\frac{3}{4}$ de agua) y la lanza en medio del arroyo y se mide el tiempo que transcurre para que el mismo cruce una distancia de 6 metros de longitud. La prueba fue realizada 3 veces para obtener el promedio de tiempo.

Para la medición del caudal se utilizó la ecuación:

$$\text{Caudal (Q) (m}^3 / \text{s)} = (A \times L) / T$$

Donde:

A = media del área del río (m^2) (distancia entre los márgenes multiplicada por la profundidad del río).

L = longitud del área de medición (utilizando la longitud de 6,0 m).

T= tiempo (s) transcurrido en el desplazamiento del objeto entre los puntos definidos

4.5 Estimación de la precipitación acumulada

Según Xavier (2005) el flujo del agua de la lluvia aporta materiales orgánicos e inorgánicos suspendidos o solubles a los manantiales aumentando significativamente su carga de contaminantes cuyo origen es diverso. La precipitación influye directamente en el flujo y la calidad de un cuerpo de agua.

En intervalos con mayor frecuencia de lluvias, puede ocurrir dilución de contaminantes. Conforme Belluta y otros (2011) para los análisis de los índices de coliformes termotolerantes, es importante verificar las tasas de pluviosidad de los sitios muestreados, pues las concentraciones pueden variar de acuerdo con la precipitación.

Según IAG / USP (2017), la Estación Meteorológica del IAG / USP está ubicada en el *Parque Estadual Fontes do Ipiranga* (PEFI), latitud 23,6512°S, longitud 46,6224°W y altitud de 799,2 metros. Las informaciones se transmiten en los horarios SYNOP a la Organización Meteorológica Mundial (OMM) a través del Instituto Nacional de Meteorología (INMET), bajo el número 83004.

4.6 Análisis estadístico

Para los análisis estadísticos se utilizaron los programas PAST versión 2.17 (PCA y HCA) y para correlación entre microbiología y parámetros fisicoquímicos el programa R versión 3.3.2.

4.6.1 Análisis multivariado

De acuerdo con Moura y otros (2006) los métodos estadísticos multivariados consideran las muestras y las variables en su conjunto, permitiendo extraer informaciones complementarias que el análisis univariado no logra evidenciar. Uno de los objetivos en la utilización del análisis multivariado es reducir la representación dimensional de los datos, organizándolos en una estructura que facilita la visualización de todo el conjunto de datos.

Según Souza y otros (2006) las dos técnicas de análisis multivariado más conocidas son los análisis de agrupamiento jerárquico (HCA) y el análisis de componentes principales (PCA). La PCA y la HCA son metodologías exploratorias que apuntan a evidenciar similitudes o diferencias entre muestras en un determinado conjunto de datos. De este modo, se vuelve perfectamente aplicable en los experimentos de trazabilidad.

En particular, en el caso estudiado en la tesis por medio de la PCA y HCA es posible verificar cuales de los parámetros analizados poseen mayor participación en la baja calidad del agua del Arroyo *Mirassol*.

Capítulo V - Resultados

5.1 Precipitación acumulada

Se tuvieron en cuenta las precipitaciones acumuladas 3 días antes de la toma de muestras. Se observa en la Tabla 6 los datos de precipitación acumulada del período de las tomas de muestras.

	Agosto/2018	Octubre/2018	Enero/2019
3 días anteriores a la toma de muestra.	22 Ago	28 Oct	27 Ene
	0,0	1,5	0,2
	23 Ago	29 Oct	28 Ene
	0,1	0,0	0,0
	24 Ago	30 Oct	29 Ene
	0,0	0,0	0,4
	25 Ago	31 Oct	30 Ene
7,3	3,0	0,2	
Acumulado en el mes (mm)	43,6	152,2	268,0
Normal climatológica (1933-2002) (media en mm)	39,1	125,5	219,8
Días de precipitación en el mes	15	25	20

Tabla 6 – Datos de precipitación de tres días anteriores a la toma de muestra. Fuente: IAG/USP (2019). Elaborado por el autor.

Cabe resaltar que según IAG/USP (2019) se observa en la Tabla 7 que en el muestreo del 25 de agosto/2018 hubo precipitación antes de la toma de muestra. En los muestreos de octubre/2018 y enero/2019, la precipitación ocurrió después de la toma de muestra, por lo tanto no se consideró la precipitación de ese día en el cálculo de precipitación acumulada de 3 días anteriores.

Fecha/Hora de toma de muestras	Período de precipitación	Precipitación diaria (mm)
25 Ago 18 (08h00-12h00)	2h00 - 7h00	7,2
	14h00 – 15h00	0,1
31 Oct 18 (12h00-15h00)	16h00 - 20h00	3,0
30 Ene 19 (14h00-17h00)	5h00 - 6h00	0,1
	19h00 - 20h00	0,1

Tabla 7 – Fecha y horarios de precipitación en la toma de muestras.

Para que fuera posible una comparación de precipitación, el Gráfico 1 expresa la sumatoria de la acumulación de tres días anteriores y de los meses de las tomas de muestras.

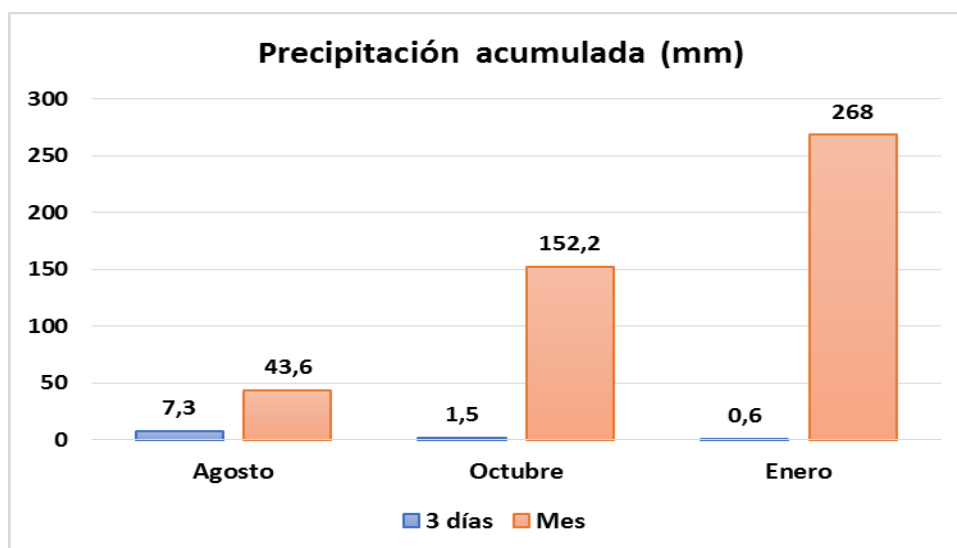


Gráfico 1 – Precipitación acumulada de tres días anteriores a la toma de muestra. Fuente: IAG/USP (2019). Elaborado por el autor.

5.2 Cálculo del caudal medio de las aguas del Arroyo *Mirassol*

Conforme a los métodos descritos se obtuvieron, siguiendo la Tabla 8, los siguientes datos de caudal en el tramo correspondiente a las coordenadas geográficas de Latitud: 23° 38'06.3 "S y Longitud: 46°36'35.7" O (cercano al Punto 2). El ancho de: 2 m. La altura de: 1,5 m en canal rectangular.

Fecha	Media de altura del agua (metro)	Velocidad media del agua (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
25/08/2018	0,06	0,6	0,13	0,08
31/10/2018	0,09	0,7	0,18	0,12
30/01/2019	0,09	0,8	0,18	0,14

Tabla 8 - Parámetros medidos para estimar caudal promedio del Arroyo *Mirassol*.

Para comparar las diferentes medidas de caudal encontradas en el Arroyo *Mirassol*, se observa el Gráfico 2.

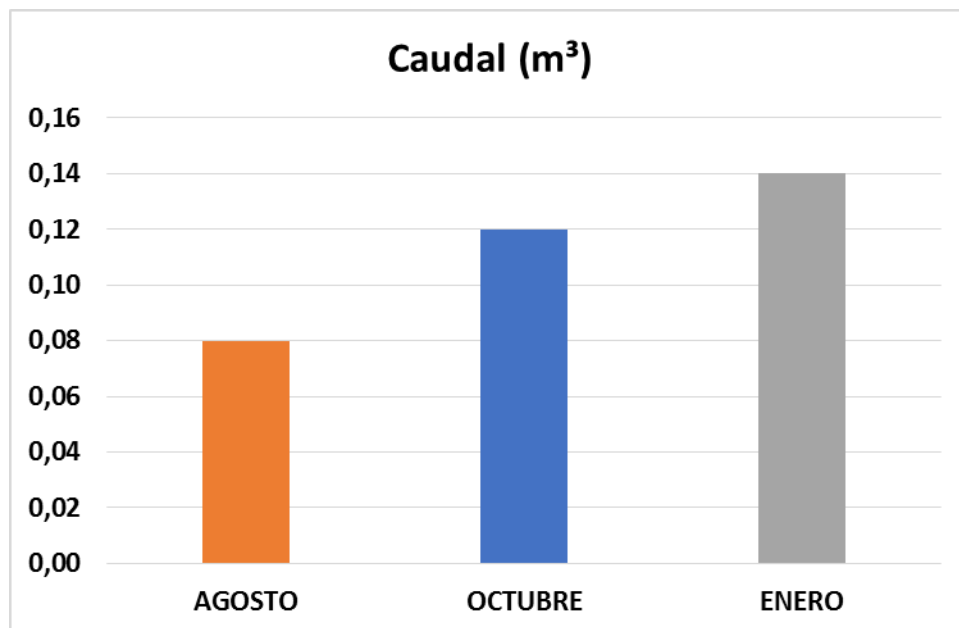


Gráfico 2 – Comparación de medidas de caudal estimadas en el Arroyo *Mirassol*.

Se observa al comparar el Gráfico 1 con el Gráfico 2, que en las medidas de caudal efectuadas en las fechas de recolección, el volumen de precipitación mensual ocurrido puede haber influenciado más que la precipitación acumulada de 3 días anteriores para los resultados.

5.3 Análisis fisicoquímico

Para los análisis fisicoquímicos de las aguas del Arroyo *Mirassol* se seleccionaron los parámetros verificados en la Tabla 9, la cual se observan los límites establecidos para aguas dulces entre las Clases I a III, de acuerdo con la Resolución 357/2005 - CONAMA.

Las clases del agua son destinadas para los siguientes usos:

Clase 1: destinado al suministro doméstico después de un tratamiento simple; protección de las comunidades acuáticas; recreación del contacto primario (natación, esquí y buceo); riego de verduras y frutas crudas consumidas que crecen cerca del suelo y se ingieren sin retirar la película; Cultivo natural y / o intensivo (acuicultura) de especies destinadas al consumo humano.

Clase 2: aguas destinadas al abastecimiento doméstico después del tratamiento convencional; protección de las comunidades acuáticas; recreación del contacto primario; riego de hortalizas y frutas; Cría natural y / o intensiva de especies destinadas al consumo humano.

Clase 3: aguas destinadas al consumo humano después del tratamiento convencional; riego de árboles, cereales y forrajes; alimentos para animales.

Parámetro	Unidad	Patrones		
		Clase 1	Clase 2	Clase 3
pH		6 a 9	6 a 9	6 a 9
Turbidez	NTU	40	100	100
Sulfuro total	mg / L	0.02	0.02	0,3
Fósforo total	mg / L	0.1	0.050	0,075
Amonio	mg / L	3,7	3,7	13,3
Oxígeno disuelto	mg / L	> 6	> 5	> 4
Coliformes totales	NMP / 100 ml	1000	5000	20000
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	200	1000	4000

Tabla 9 – Valores Máximos Permitidos (VMP) de aguas dulces – Resolución 357/2005 – CONAMA. Elaborado por el autor.

En la Tabla 10, se observa los parámetros fisicoquímicos del Arroyo *Mirassol* registrados el 25 Ago 2018.

Fecha	Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
25 Ago 18	OD (mg/L)	8,5	5,5	4,1	3,9
	Temperatura agua (° C)	17,0	22,7	21,5	21,5
	pH	8,8	7,6	7,3	9,1
	Sulfuros (mg/L)	0,6	1,9	1,4	1,4
	Amonio (mg/l)	0.32	44.2	35.4	36.4
	Turbidez (NTU)	7	152	174	123
	Fosforo total (mg/L)	0,02	0,83	0,83	0,75
	Clima	19,4° C HR 85 %	22,8° C HR 66 %	24,4° C HR 57 %	26,7° C HR 54 %

Tabla 10 – Resultados de los parámetros fisicoquímicos del 25 Ago 2018.

En la Tabla 11, se observa los parámetros fisicoquímicos del Arroyo *Mirassol* registrados el 31 Oct 2018.

Fecha	Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
31 Oct 18	OD (mg/L)	4,5	5,5	4,6	2,1
	Temperatura agua (° C)	21,3	23,2	22,8	22,5
	pH	8,2	7,2	7,8	7,8
	Sulfuros (mg/L)	0,5	4,6	4,7	3,0
	Amonio (mg/L)	0,72	17,7	24,7	19,1
	Turbidez (NTU)	9	234	203	96
	Fosforo total (mg/L)	0,03	0,83	0,83	0,79
	Clima	25,2° C HR 71 %	29,5° C HR 66 %	24,4° C HR 57 %	26,7° C HR 54 %

Tabla 11 – Resultados de los parámetros fisicoquímicos del 31 Oct 18.

En la Tabla 12, se observa los parámetros fisicoquímicos del Arroyo *Mirassol* registrados el 30 Ene 2019.

Fecha	Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
30 Ene 19	OD (mg/L)	5,1	4,8	1,7	1,6
	Temperatura agua (° C)	26,8	28,0	28,2	30,3
	pH	8,2	8,9	8,7	8,2
	Sulfuros (mg/L)	0,7	4,0	1,5	2,5
	Amonio (mg/L)	2,4	27,7	17,6	20,3
	Turbidez (NTU)	6	133	33	58
	Fosforo total (mg/L)	0,03	0,83	0,83	0,83
	Clima	29,2 °C HR 71%	33,5 °C HR 46%	35,4 °C HR 37%	34,2 °C HR 34%

Tabla 12 - Resultados físico-químicos de 30 Ene 19.

5.3.1 Turbidez

Conforme ANA (2018) Turbidez es la medida de la dificultad de un haz de luz atravesar cierta cantidad de agua. Es causada por materiales sólidos en suspensión (arcilla, coloides, materia orgánica, etc). El color del agua también interfiere negativamente en la medida de turbidez debido a su propiedad de absorber luz.

En el Gráfico 3 se observa la comparación entre el Valor Máximo Permitido (VMP) y los parámetros de Turbidez (NTU) analizados entre los meses de agosto y octubre de 2018 y enero de 2019, en cada uno de los 4 puntos de recolección. Se observa que la Turbidez aumentó significativamente del Punto 1 al Punto 4. En el muestreo de enero se obtuvieron los menores valores de turbidez en concordancia con el mayor caudal que ejerció un efecto dilutorio sobre esta variable.

Este hecho es preocupante pues es un indicador que existe una serie de elementos en el agua que impiden la entrada de luz en la columna de agua y esto disminuye la posibilidad de realización de fotosíntesis de los organismos responsables del mantenimiento de la tasa de oxígeno disuelto. Sólo el Punto 1 se mantuvo por debajo del valor máximo permitido. Esto puede ser un indicador de que existe un importante ingreso de materia orgánica, o incluso, un aporte mayor de materiales flotantes como arena, tierra, sedimentos y otros, entre los sitios 2 a 4.

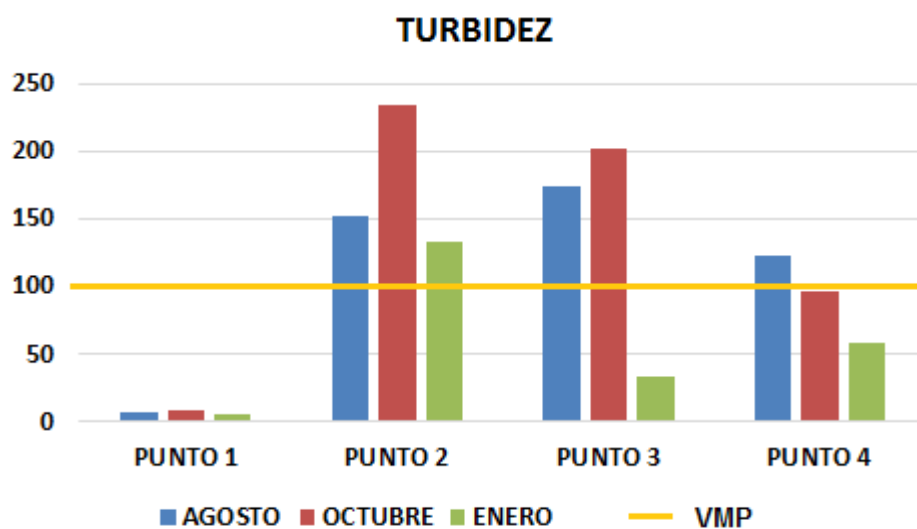


Gráfico 3 – Comparación de los Valores de Turbidez (NTU) y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase II - Res. CONAMA 357/2005. Elaborado por el autor.

5.3.2 Sulfuro Total

Según Esteves (1998) es común la detección de sulfuros en efluentes provenientes de procesos industriales, por ejemplo de fábricas textiles y de papel, de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica y, principalmente, de la producción bacteriana en medios pobres de oxígeno, y pueden estar presentes en aguas geotérmicas y dónde haya vuelcos de efluentes cloacales. El sulfuro de hidrógeno o gas sulfhídrico (H_2S) procedente de los desechos origina olores desagradables en el medio ambiente. Es un gas muy tóxico, irritante a los ojos, piel, mucosas y del aparato respiratorio.

En el Gráfico 4 se observa la comparación entre el valor máximo permitido (VMP) y los parámetros de Sulfuro Total (mg / L) analizados entre los meses de agosto y octubre de 2018 y enero de 2019, en cada uno de los 4 puntos de recolección. Se observa que en todos los puntos analizados presentaron una cantidad superior al VMP. Sin embargo, en relación al Punto 1 se puede inferir que los valores están relacionados a la descomposición de materia orgánica y no a los desechos de las aguas residuales no tratados, a diferencia de los Puntos 2 a 4 que presentan olor a huevo podrido característico. Los mayores valores se registraron en el segundo muestreo.

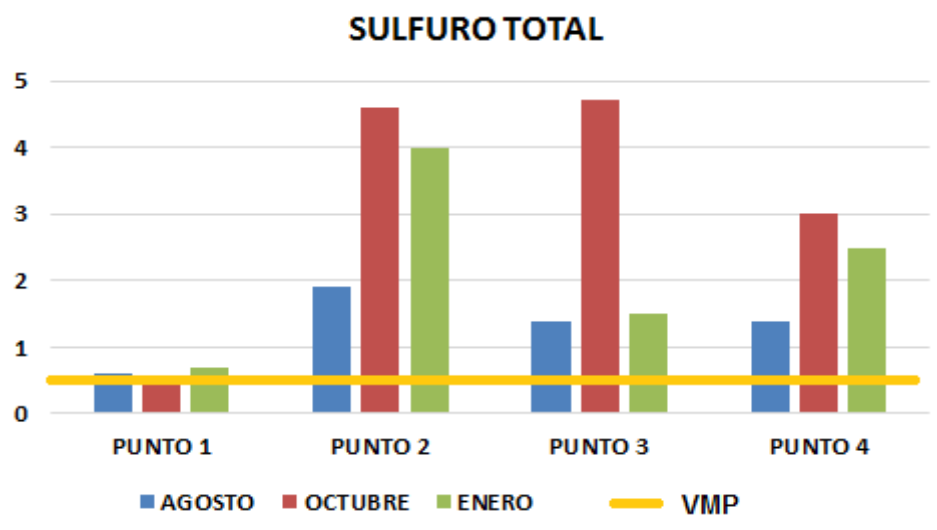


Gráfico 4 – Comparación de los Valores de Sulfuro Total (mg/L) y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase II - Res. CONAMA 357/2005. Elaborado por el autor.

5.3.3 Amonio

En los estudios de Alaburda y Nishihara (1998) el Amonio puede estar presente naturalmente en aguas superficiales o subterráneas, siendo que usualmente su concentración es bastante baja debido a la fácil absorción por partículas del suelo o a la oxidación a nitrito y nitrato. Sin embargo, la ocurrencia de concentraciones elevadas puede ser resultado de fuentes de contaminación

próximas, como oriundas de la orina encontrada en los lanzamientos de efluentes domésticos, así como de la reducción de nitrato por bacterias o por iones de hierro presentes en el suelo.

En el Gráfico 5 se observa la comparación entre el Valor Máximo Permitido (VMP) y los parámetros de Amonio (mg / L) analizados entre los meses de agosto y octubre de 2018 y enero de 2019, en cada uno de los 4 puntos de recolección. Es importante resaltar la alta concentración de Amonio en los Puntos 2 a 4, estando muy por encima del VMP, siendo un indicador de grandes cantidades de alcantarillado doméstico no tratado que es lanzado en las aguas del Arroyo. Se observa también los resultados del Punto 1, que puede ser determinada por diferentes factores naturales, incluyendo la presencia de individuos de la especie *Alouatta-guariba* en el interior del PEFI.

Según Schmidt-Nielsen (1996) todos los animales excretan una pequeña porción de los compuestos nitrogenados en forma de amonio. Sin embargo, la excreción en este caso es en forma de amoniaco (NH_4^+), es decir, la molécula de amonio (NH_3) necesita ganar un hidrógeno más y pasar el amonio para poder ser excretado. En general, el amonio se convierte en urea o ácido úrico en el hígado y solo una pequeña parte puede ser recolectada por los riñones, así siendo desechado naturalmente en el suelo o en el agua a través de la orina, lo que puede influenciar los análisis. Los mayores valores de amonio registrados corresponden al mes de agosto, en respuesta al efecto concentrador producto del menor caudal.

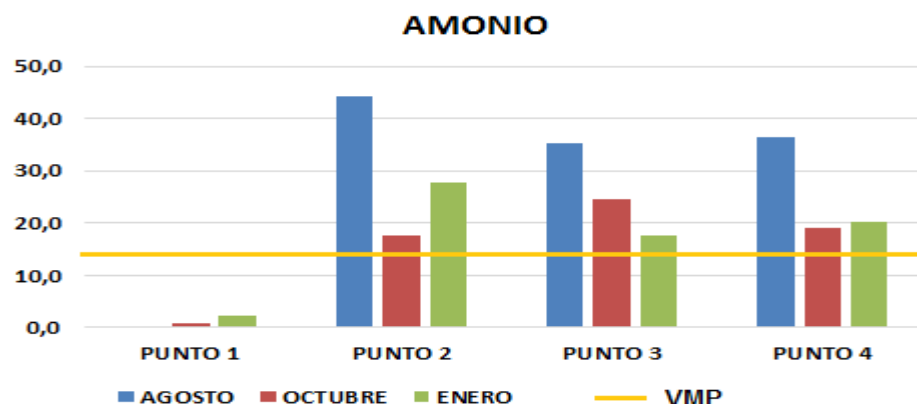


Gráfico 5 – Comparación de los Valores de Amonio (mg/L) y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase III - Res. CONAMA 357/2005. Elaborado por el autor.

5.3.4 Potencial de Hidrogeno – pH

Según Esteves (1998) el pH puede ser considerado como una de las variables ambientales más importantes, al mismo tiempo una de las más difíciles de interpretar en función del gran número de factores que pueden influenciarlo. En la mayoría de las aguas naturales el pH del agua es influenciado por la concentración de iones H^+ originados de la ionización del ácido carbónico que genera valores bajos de pH, pues aumenta la concentración hidrogeniónica, y de las reacciones de iones carbonato y bicarbonatos con el agua, que elevan valores de pH para la banda alcalina, pues aumentan la concentración hidroxiniónica.

Conforme Esteves (1998) el pH es muy influenciado por la cantidad de materia orgánica muerta que se descompone, siendo que cuanto mayor sea la cantidad de materia disponible menor el pH, pues, la descomposición de ese material produce ácidos.

En el Gráfico 6 se observa la comparación entre el rango permitido (VMP) y los parámetros de pH analizados entre los meses de agosto y octubre de 2018 y enero de 2019, en cada uno de los 4 puntos de recolección. Se percibe que los valores se mantienen dentro del rango permitido.

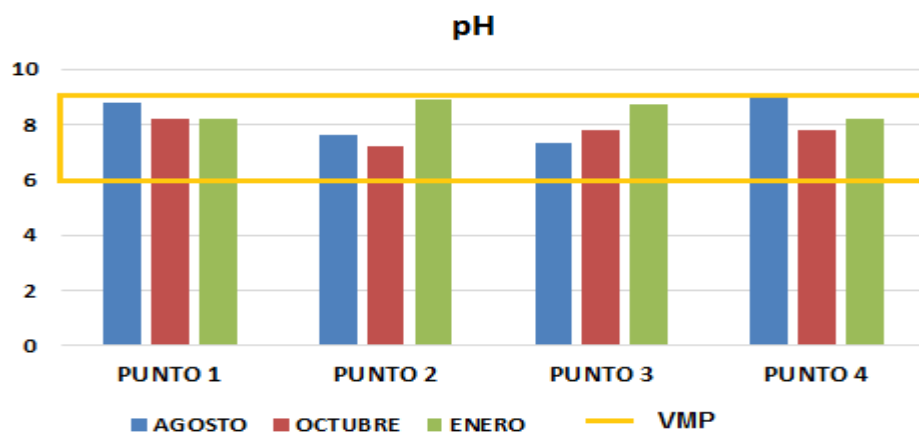


Gráfico 6 – Comparación de los Valores de pH y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clases I a III - Res. CONAMA 357/2005. Elaborado por el autor.

5.3.5 Temperatura

Conforme Von Sperling (2011) la importancia del estudio de este parámetro está en el hecho de que la temperatura es un determinante de la disponibilidad de oxígeno disuelto, pero también que interfiere en el aumento o disminución de la actividad metabólica de bacterias y otros microorganismos.

La temperatura del agua es un factor primordial para que pueda trazarse paralelos de todos los indicadores y parámetros medidos, pues, interfiere directamente en el Oxígeno disuelto, uno de los principales indicadores de la posibilidad de vida en el agua que impacta diversos otros indicadores de calidad del agua, según su variación. Esto se debe a que la solubilidad de los gases en general, y del oxígeno en particular, disminuye al aumentar la temperatura del agua, por lo tanto, para la misma masa de agua la concentración de oxígeno disuelto será inferior a una temperatura más elevada.

Según Palma-Silva (1999) la temperatura del agua sufre influencia de la temperatura del aire, en que las variaciones de ésta implican en las variaciones de la temperatura del agua, con menor intensidad, hecho este constatado en el presente estudio. En el punto 1 se observaron algunos factores que ayudaron en la disminución de la temperatura, como la vegetación más densa, reduciendo la incidencia de rayos solares en el cuerpo hídrico. De esta forma, el uso del suelo parece haber afectado el comportamiento de la temperatura del agua una vez que, hubo una tendencia de la temperatura presentar menores valores en el punto 1 y mayores valores en los puntos 2 a 4.

En el Gráfico 7 se observa la comparación de los parámetros de temperatura ($^{\circ}$ C) analizados entre los meses de agosto y octubre de 2018 y enero de 2019, en cada uno de los 4 puntos de recolección.

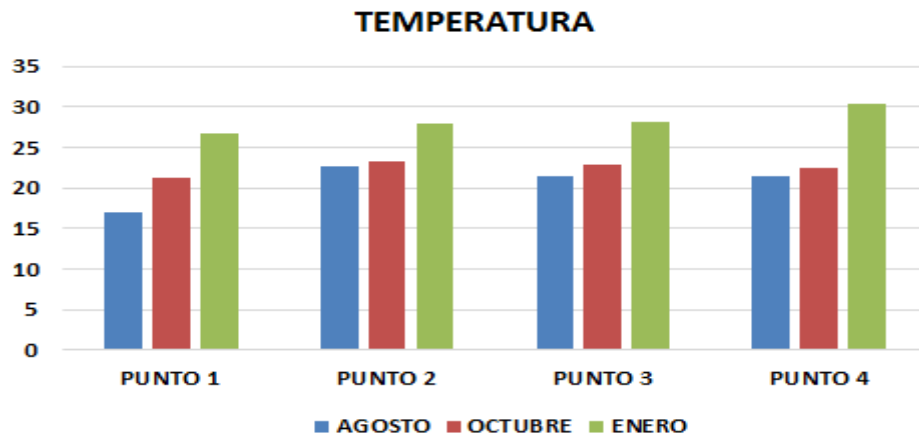


Gráfico 7 – Comparación de los valores de Temperatura (° C). Elaborado por el autor.

5.3.6 Oxígeno Disuelto

En los estudios de Vinatea-Arana (1997) el oxígeno disuelto es vital para la preservación de la vida acuática, ya que varios organismos (por ejemplo, peces) necesitan oxígeno para respirar. Las aguas contaminadas por alcantarillas presentan una baja concentración de oxígeno disuelto, ya que se consumen en el proceso de descomposición de la materia orgánica. Por otro lado, las aguas limpias presentan concentraciones de oxígeno disuelto más elevadas, generalmente superiores a 5mg/L, excepto si existen condiciones naturales que causan bajos valores de este parámetro.

En el Gráfico 8 se observa la comparación entre el Valor Mínimo Permitido (VMP) y los parámetros de Oxígeno disuelto (mg / L) analizados entre los meses de agosto y octubre de 2018 y enero de 2019, en cada uno de los 4 puntos de recolección. Se verifica el comportamiento del oxígeno disuelto y se puede verificar que hubo una disminución significativa entre el punto 1 y los puntos 2 a 4, esto puede deberse al hecho de que existen microorganismos consumiendo ese gas para descomponer el exceso de materia orgánica proveniente de las alcantarillas domésticas. Los menores valores de OD medidos en enero se relacionan con la mayor demanda biológica del gas en los procesos de biodegradación producto de las mayores temperaturas. Los valores de OD medidos en el sitio 4 fueron inferiores al valor mínimo permitido por CONAMA (4 mg/L) en los 3 muestreos, lo cual limita la vida de la mayoría de los organismos aeróbicos.

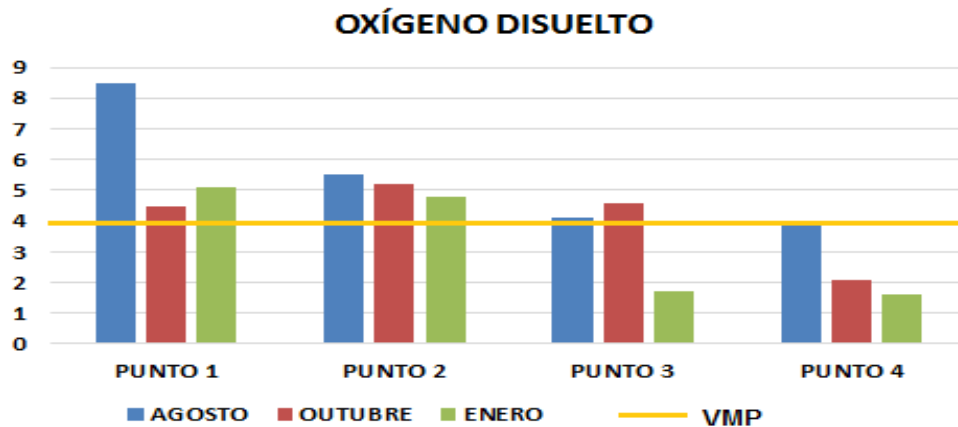


Gráfico 8 – Comparación de los valores de Oxígeno Disuelto (mg/L) y el Valor Mínimo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase III - Res. CONAMA 357/2005. Elaborado por el autor.

5.3.7 Fósforo Total

Conforme ANA (2018) la presencia de Fósforo en el agua está relacionada a procesos naturales (disolución de rocas, descomposición de materia orgánica, lluvia) o antropogénicos (vertido de alcantarillas, detergentes, fertilizantes, pesticidas). El vuelco de desechos ricos en fosfatos en un curso de agua puede, en ambientes con buena disponibilidad de nutrientes nitrogenados, estimular el crecimiento de micro y macro-organismos fotosintetizadores, desencadenando floraciones indeseables y oportunistas, que pueden llegar a disminuir la biodiversidad del ambiente (eutrofización).

Entre las fuentes de fósforo se destacan las alcantarillas domésticas, por la presencia de los detergentes fosforados y de la propia materia fecal. El drenaje pluvial de áreas urbanas también es una fuente significativa de fósforo para los cuerpos de agua (contaminación difusa).

En el Gráfico 9 se observa la comparación entre el Valor Máximo Permitido (VMP) y los parámetros de Fósforo Total (mg / L) analizados entre los meses de agosto y octubre de 2018 y enero de 2019, en cada uno de los 4 puntos de recolección. Se observa la gran diferencia en comparación con el punto 1 y los puntos 2 a 4. Siendo muy superior a los VMP en los sitios 2 a 4 independientemente de la fecha de muestreo.

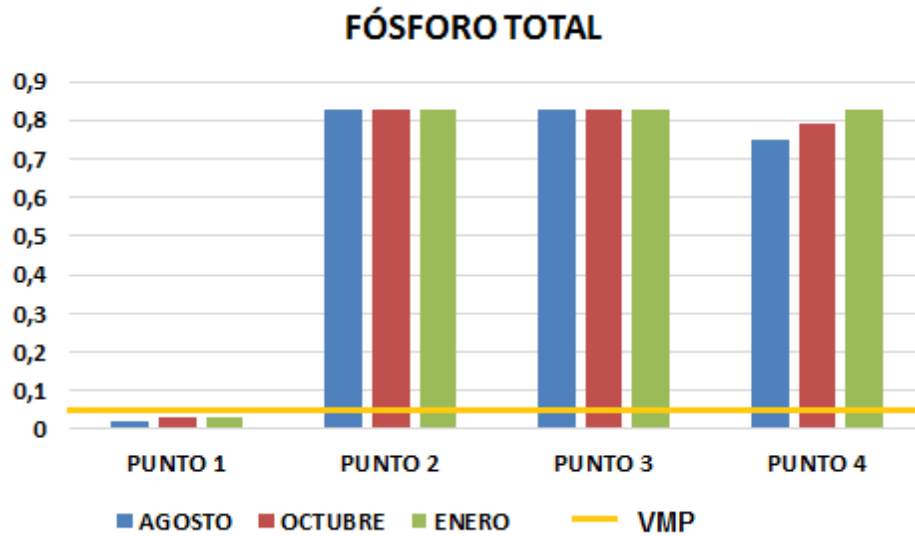


Gráfico 9 – Comparación de los valores de Fósforo Total (mg/L) y el Valor Máximo Permitido (VMP) – Establecido para aguas dulces – Clase III - Res. CONAMA 357/2005. Elaborado por el autor.

5.4 Análisis Microbiológico

Conforme Funasa (2013) el objetivo del examen microbiológico del agua es proporcionar evidencias sobre la condición patogénica. Para esto, prueba la existencia o ausencia de riesgo de ingestión o contacto con microorganismos causantes de enfermedades, generalmente provenientes de la contaminación por heces humanas y otros animales de sangre caliente (coliformes fecales). Es importante resaltar que los microorganismos presentes en las aguas naturales son, en su mayoría, inofensivos a la salud humana. Sin embargo, en la contaminación por alcantarillado sanitario están presentes microorganismos que pueden ser perjudiciales para la salud humana.

5.4.1 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) – Coliformes Fecales

En la Tabla 13 se observa los resultados analizados entre los meses de agosto y octubre de 2018 y enero de 2019, en cada uno de los 4 puntos de recolección.

	AGOSTO	OCTUBRE	ENERO
PUNTO 1	25.000	4.310.000	0
PUNTO 2	7.380.000	3.270.000	4.030.000
PUNTO 3	3.380.000	3.520.000	2.760.000
PUNTO 4	3.286.000	1.200.000	2.416.000

Tabla 13 – Resultados de Coliformes Fecales. Elaborado por el autor.

Para que fuera posible la comparación entre los valores obtenidos en los meses de recolección, se calculó el logaritmo en base 10 de los números incluidos en la Tabla 12, expresando los resultados en el Gráfico 10. La línea naranja muestra el Valor Máximo Permitido (VMP) de Coliformes Totales - Agua Dulce Clase II, conforme a la Resolución 357/2005 - CONAMA.

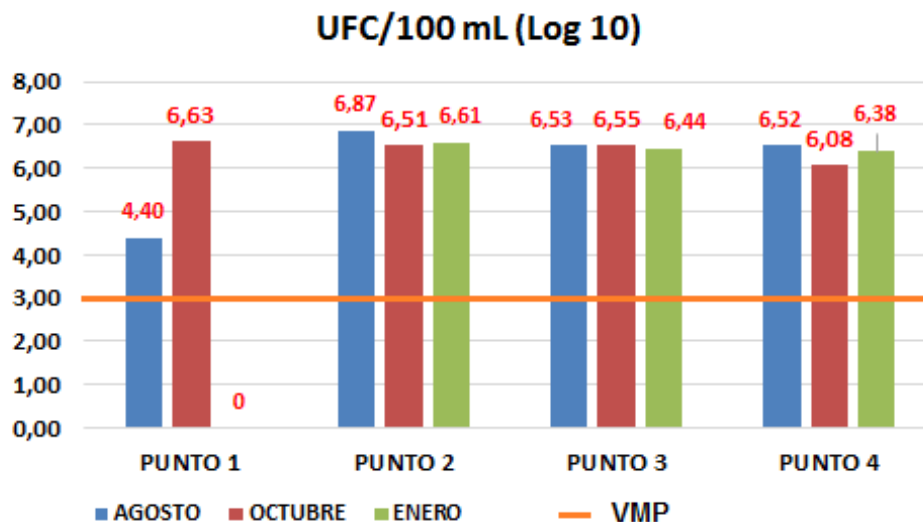


Gráfico 10 – Comparación de los resultados de Coliformes Totales (UFC). Elaborado por el autor.

5.4.2 Número Más Probable – NMP

En la Tabla 14 se observa los resultados analizados entre los meses de agosto y octubre de 2018 enero de 2019, en cada uno de los 4 puntos de recolección.

	AGOSTO	OCTUBRE	ENERO
PUNTO 1	92.000	11.000.000	0
PUNTO 2	11.000.000	2.400.000	11.000.000
PUNTO 3	11.000.000	11.000.000	11.000.000
PUNTO 4	11.000.000	11.000.000	11.000.000

Tabla 14 – Resultados de Coliformes Totales (NMP). Elaborado por el autor.

Los números obtenidos en la Tabla 14 se basan según Maturin (2012) y de acuerdo con la Figura 20, constando los respectivos NMP e Intervalo de Confianza comprobados.

Número de Tubos Positivos			NMP/g ou mL	Intervalo Confianza (95%)	
0,1	0,01	0,001		Inferior	Superior
2	0	0	9,2	1,4	38
3	3	0	240	42	1000
3	3	3	>1100	420	∞

Figura 20 - Tabla NMP e Intervalo de Confianza. Fuente: Maturin (2012). Adaptado por el autor.

Para que fuera posible la comparación entre los valores obtenidos en los meses de recolección, los números expresados en la Tabla 13, se calculó el logaritmo en base 10, estando representados por el Gráfico 11. La línea naranja muestra el Valor Máximo Permitido (VMP) de Coliformes Totales - Agua Dulce Clase II, conforme a la Resolución 357/2005 - CONAMA.

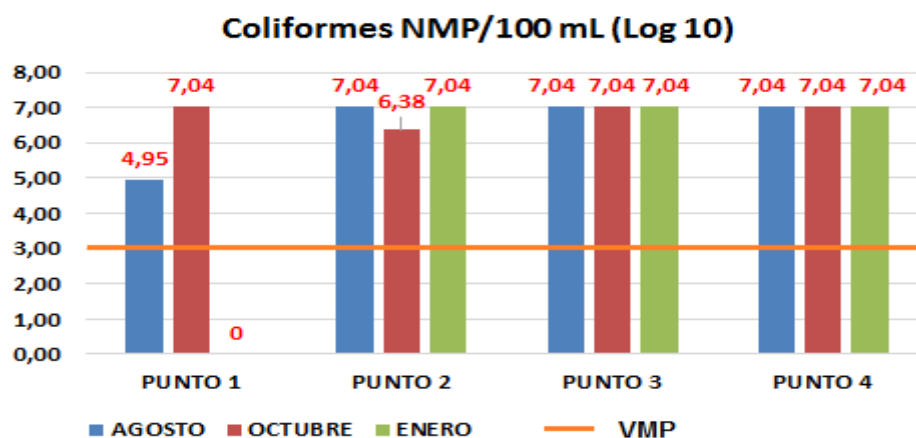


Gráfico 11 – Comparación de los resultados de Coliformes Totales (NMP). Elaborado por el autor.

5.5 Bacterias encontradas

Conforme Reis y otros (2011) en las alcantarillas desechadas pueden encontrarse bacterias patógenas (*Salmonella* sp., *Shigella* sp. y *Escherichia coli*) causantes de diferentes enfermedades. Tales enfermedades presentan diversas formas de contagio como la ingestión de agua y alimentos contaminados e incluso por contacto directo con el agua contaminada y / o con el alcantarillado.

Segundo Pope y otros (2003) los coliformes fecales, más específicamente *E. coli*, forman parte del microbiota intestinal del ser humano y otros animales de sangre caliente. Si bien no todas las cepas de *E. coli* son patógenas, la detección de estos microorganismos en una muestra de agua proporciona evidencia directa de contaminación fecal reciente, ya su vez pueden indicar la presencia de otros patógenos entéricos, como la *Salmonella*.

Conforme Figuerêdo (2008) la *Salmonella* es un microorganismo perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, ampliamente distribuido en la naturaleza, siendo el tracto gastrointestinal de los seres humanos y de muchos animales su principal hábitat. De acuerdo con Tortora y otros (2005) todas las especies de *Salmonella* se consideran bacterias patógenas en algún grado, causando *salmonellosis* o *gastroenteritis*.

Según Foley y Linne (2008) la infección puede ocurrir por el contacto directo con las heces de animales infectados o con agua y alimentos contaminados, siendo caracterizada por fiebre, dolor abdominal, diarrea, náuseas y algunas veces vómitos. En algunos pacientes (niños, ancianos, gestantes e individuos con sistema inmunológico comprometido) la infección puede ser más grave y asociada a la deshidratación puede ser fatal.

Con el fin de expresar la cantidad de bacterias encontradas en los análisis por triplicado, se convirtió en porcentajes el número de diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}), de las cuales hubo crecimiento de los coliformes analizados. Es decir, hubo un total de 9

placas (100%) analizadas en cada dilución. Por lo tanto, los porcentajes representan resultados positivos de bacterias dentro del alcance de cada muestra.

En el Gráfico 12 se observa de acuerdo con los meses y puntos de recolección analizados diferentes porcentajes de incidencia de Salmonella sp. identificada en las muestras. Los resultados de los gráficos están presentados según la observación de los análisis hechos en triplicado.

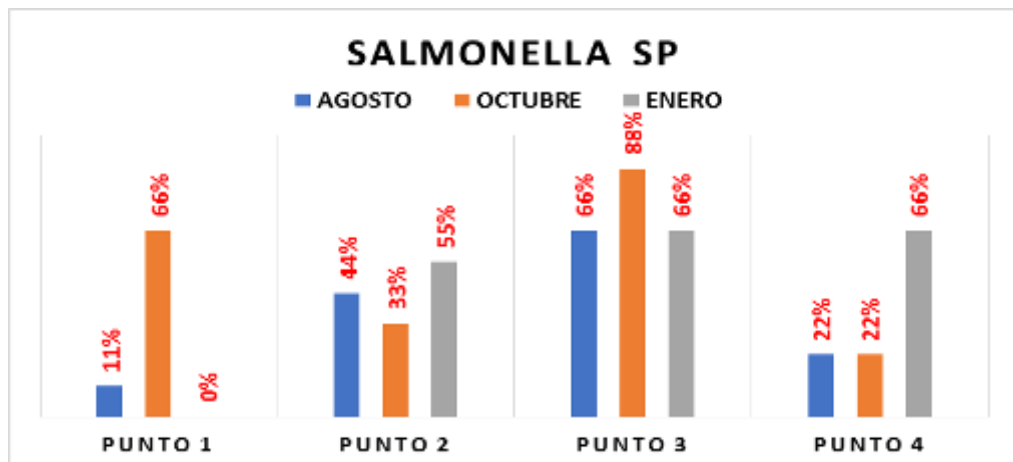


Gráfico 12 – Resultados de la identificación de Salmonella sp.

En el Gráfico 13 se observa de acuerdo con los meses y puntos de recolección analizados diferentes porcentajes de incidencia de Shigella sp. identificada en las muestras. Los resultados de los gráficos están presentados según la observación de los análisis hechos en triplicado.

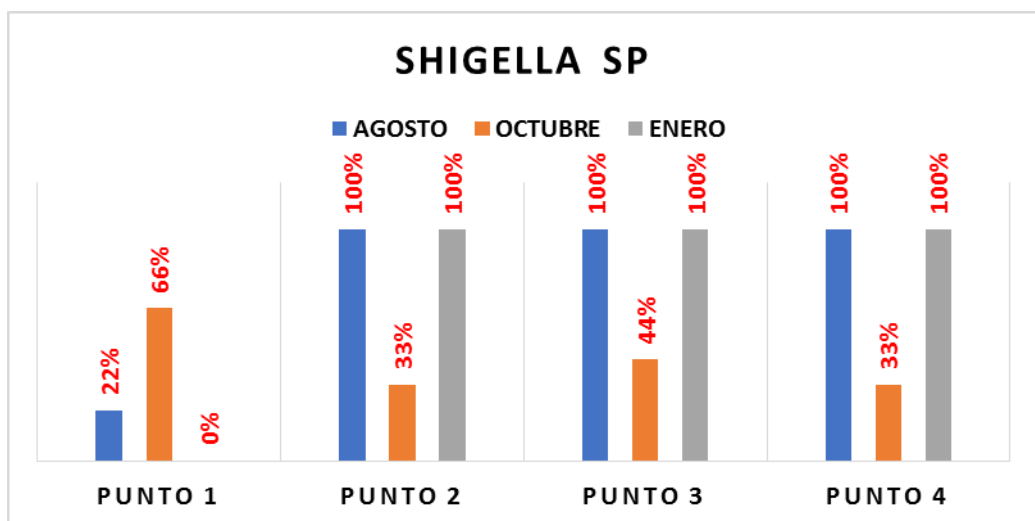


Gráfico 13 – Resultados de la identificación de Shigella sp.

En el Gráfico 14 se observa de acuerdo a los meses y puntos de recolección analizados diferentes porcentajes de incidencia de Escherichia coli identificadas en las muestras. Los resultados de los gráficos están presentados según la observación de los análisis hechos en triplicado.

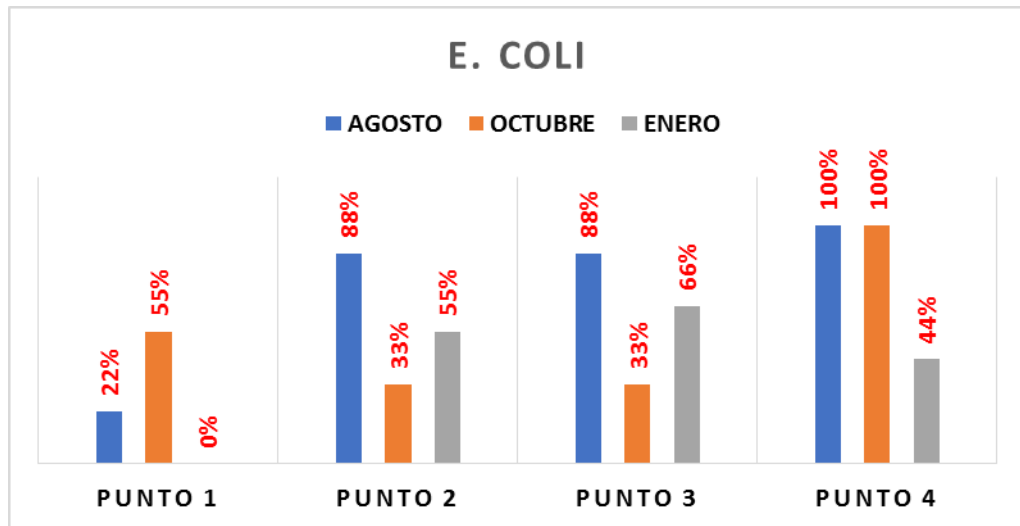


Gráfico 14 – Resultados de la identificación de E. coli.

En Brasil, solo existen regulaciones con respecto al establecimiento de límites de NMP de coliformes totales y termotolerantes, no existiendo una disposición legal que trate los niveles seguros sobre las bacterias encontradas.

El mayor problema de estas bacterias en las aguas estudiadas es el hecho de que en tiempos de inundaciones estas aguas pueden llegar a las casas, calles y a las personas que viven en estos lugares.

5.6 Análisis de Componentes Principales – PCA

De acuerdo con Oliveira y otros (2006) los datos fueron previamente normalizados, antes de ser sometidos a correlación, análisis de componentes principales y análisis de agrupamiento jerárquico, una vez que hay una gran

variación de respuestas de las diversas variables, o sea, difieren en el orden de magnitud, asignándose así un mismo peso para todas las variables.

Conforme Ferreira y otros (2002) el análisis de componentes principales (PCA) es un método de análisis multivariado utilizado para proyectar datos N-dimensionales en un espacio de menor tamaño, es decir, la información contenida en el espacio de dimensión N se comprime por combinaciones lineales de las variables originales a un espacio generalmente de orden 2 o 3.

Para Panero y da Silva (2008) el PCA es un método exploratorio porque ayuda en la elaboración de hipótesis generales a partir de los datos recolectados. Es también capaz de separar la información importante de la redundante y aleatoria. En un análisis de componentes principales, la agrupación de muestras define la estructura de los datos por la construcción gráfica de *scores* y *loadings*, cuyos ejes son componentes principales (PC) en los que se proyectan los datos.

De acuerdo con Beebe y otros (1997) las puntuaciones (*scores*) proveen la composición de las PCs en relación a las muestras, mientras que los *loadings* proporcionan esa misma composición en relación a las variables. Como las PC son ortogonales, es posible examinar las relaciones entre muestras y variables con los gráficos de las puntuaciones y de las cargas. El estudio conjunto de *scores* y *loadings* permite aún estimar la influencia de cada variable en cada muestra.

Por medio del Análisis de Componentes Principales se ordenaron los datos utilizando 2 componentes con autovalores mayores a 1, y que representan más del 70,0% de la Varianza total (72,66%). Con el fin de interpretar los resultados, se consideraron “altas” aquellas contribuciones de las variables mayores o iguales a 0,7. El componente I explica el 48,31% de la varianza total y las variables Sulfuros, Amonio, Turbidez y Fosforo tuvieron una alta participación positiva y pH negativa.

El componente II explica el 24,535% de la varianza total con una alta participación positiva del OD y negativa de la temperatura. Los componentes I y II

incluyen variables relacionadas con la contaminación orgánica de origen antropogénico.

El gráfico de dispersión de los escores de los dos primeros componentes basados en la matriz de correlaciones junto con los respectivos autovectores se muestra y se denomina *biplot*, siendo una representación bidimensional de datos multivariados.

Los indicadores (pH, Sulfuros, Amonio, Turbidez, Fosforo, Temperatura y OD) son identificados por sus nombres, mientras que los autovectores permiten representar las variables. Cada observación es representada por el par de escores de los dos primeros componentes principales (Y_{1i}^* , Y_{2i}^*), $i = 1, \dots, n$. Cada variable es representada por un vector en la dirección conectando los puntos $(0,0)$ e (e_{1j}, e_{2j}) , $j = 1, \dots, p$.

Las longitudes de estos vectores son proporcionales a las varianzas de las variables. Los ángulos entre los vectores están relacionados a las correlaciones entre las variables, siendo que cuanto menor el ángulo, más correlacionadas están. Las posiciones de los puntos (indicadores) en el gráfico indican similitudes y diferencias entre ellos.

5.6.1 Grafico *Biplot*

Por el gráfico de *Biplot* (Gráfico 15) podemos observar que las variables Turbidez, Amonio, Sulfuros y Fósforo están positivamente correlacionadas. Las variables OD y la temperatura se correlacionan de forma negativa. En el gráfico *Biplot* es posible observar que el pH está correlacionado negativamente con las variables Turbidez, Amonio, Sulfuros y Fósforo.

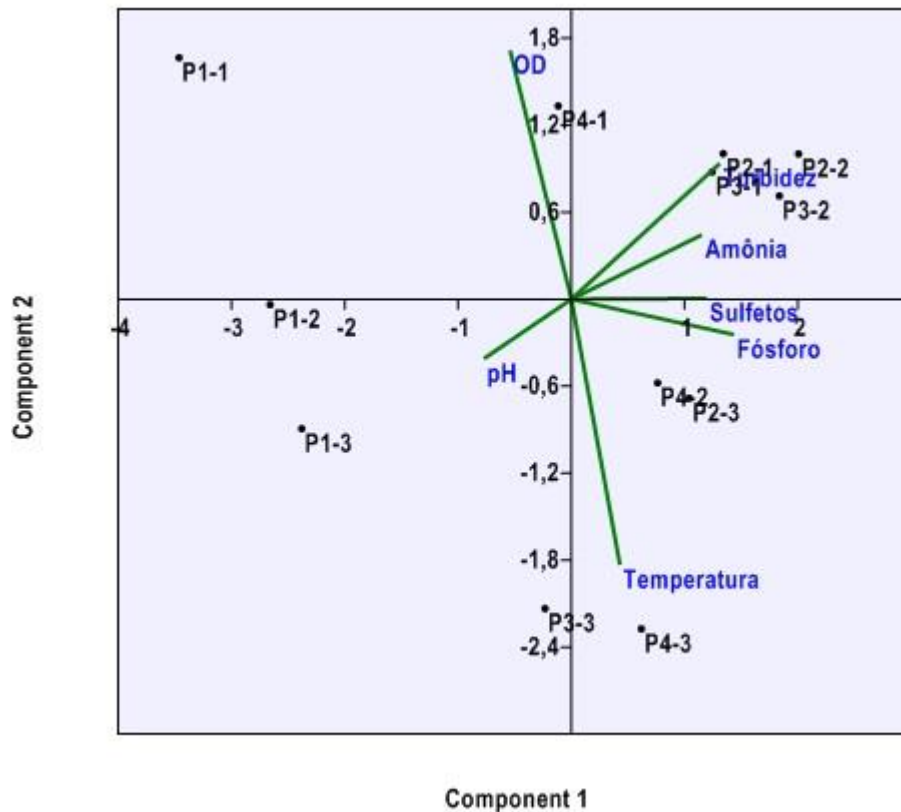


Gráfico 15 – Gráfico *Biplot* resultado del Análisis de Componentes Principales (PCA). Elaborado por el autor.

Es posible observar la concentración de los puntos de recolección y su correlación con los parámetros fisicoquímicos analizados. Los puntos 2 y 3 en los muestreos de agosto y octubre (P2-1, P2-2, P3-1 y P3-2) presentaron los peores estados respecto de la contaminación de las aguas y se verifican agrupados en cuanto a los mayores valores de Turbidez, Amonio, Sulfuros y Fósforo, todos demostrando contaminación por alcantarillas domésticas.

El punto de recolección 1, representado por P1-1, P1-2 y P1-3 demuestra un alejamiento de los parámetros de contaminación dados por Turbidez, Amonio, Sulfuros y Fósforo, estando concentrados en los mejores índices de oxígeno disuelto. Se observa que el punto 4 en la recolección de agosto (P4-1) fue representado en un punto de alta concentración de oxígeno disuelto. Conforme Janzen y otros (2008), se trata de un parámetro que sufre diferentes influencias, como el movimiento de las aguas, por ejemplo, que puede aumentar la turbulencia y

consecuentemente la concentración de oxígeno. Sin embargo, el punto 4 presentó valores de OD debajo de los VMP en las otras colectas, evidenciando la baja calidad del agua encontrada.

Por el hecho de la mayor temperatura del agua en enero, los puntos de recolección 3 y 4 (P3-3 y P4-3) se agruparon en ese muestreo. No se observó la incidencia de este parámetro en el sitio 1 por la presencia de árboles en sus márgenes que cooperan para disminuir la temperatura del agua.

5.7 Análisis de Agrupación Jerárquica (HCA) - Análisis Cluster.

Para la obtención del dendrograma del HCA se utilizaron la distancia euclidiana y el método de Ward.

Conforme Bem, Giacomini y Waismann (2015) el método de Ward, también denominado método de la varianza es un procedimiento de agrupamiento que comienza con todos los objetos en un solo grupo, siendo calculado como la suma de cuadrados entre los grupos sumados sobre todas las variables, y este método tiende a resultar en agrupaciones de tamaños aproximadamente iguales, debido a su minimización de variación interna. Este es el método más utilizado en los estudios de clúster. El método de Ward posibilita la representación de los resultados de los clústers en la forma gráfica, conocida como dendrograma. Los resultados del procedimiento jerárquico disponen de los conglomerados unidos en el eje horizontal y en el eje vertical a la distancia euclidiana entre los mismos.

Roses y Leis (2002) llaman la atención en el sentido de que los conglomerados obtenidos deben presentar tanto una homogeneidad interna (dentro de cada conglomerado), como una gran heterogeneidad externa (entre conglomerados). Por lo tanto, si la aglomeración tiene éxito, cuando se representa en un gráfico, los objetos dentro de los conglomerados estarán muy próximos mientras los conglomerados distintos estarán separados.

De acuerdo con Hair y otros (2005) se inicia con cada objeto en una clase por sí solo y gradualmente los diferentes objetos o variables se agrupan, creando nodos que son o disponen de características más asimiladas. A medida que se agrupan, haciéndolos aglomerados cada vez mayores, pasan a contener elementos cada vez más diferenciados.

Según Bem, Giacomini y Waismann (2015) el eje horizontal indica la distancia de dependencia entre agrupamientos (el eje vertical indica la importancia de la distancia de conexión). Por lo tanto, para cada nodo en el gráfico (donde se forma un nuevo clúster) se puede leer la distancia de criterio con la que sus elementos se han unido en un nuevo clúster. Cuando los datos contienen una "estructura" clara en términos de grupos de objetos que son similares, unos a otros, entonces esa estructura se refleja en un dendrograma como ramas distintas, como es el caso del presente estudio.

Se observa que los parámetros que demuestran contaminación por alcantarillado doméstico obtuvieron números muy similares en todos los períodos y colectas analizadas de los Puntos 2 a 4. Los subgrupos que se formaron se debieron principalmente a las diferencias en los parámetros Oxígeno Disuelto y Temperatura, donde hubo diferencias significativas. Con ello, las agrupaciones formadas por P1-1, P1-2 y P1-3, se concentraron por esa semejanza, ya que las aguas del punto se encuentran en buenas condiciones, lo que determina mejores índices de OD. Los demás puntos (P2 a P4) se agruparon por las malas condiciones de calidad del agua, a su vez, altas concentraciones en los parámetros que evidencian contaminación: turbidez, amonio, sulfuros y fósforo.

En el Gráfico 16 se observa que las tendencias verificadas a través del análisis de componentes principales (PCA) fueron confirmadas a través del dendrograma obtenido por el HCA, o sea, es posible observar la formación de dos agrupamientos destacados por líneas en el color rojo.

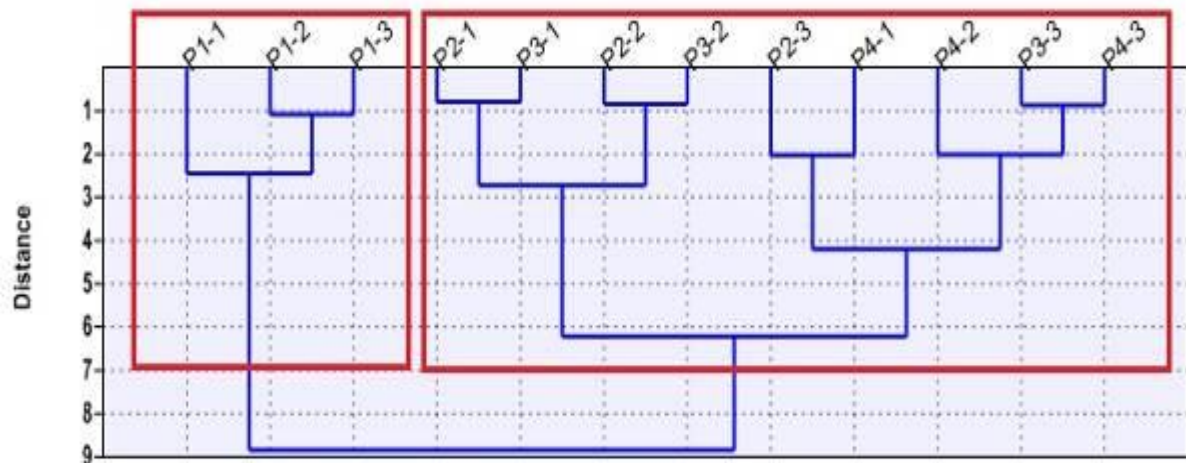


Gráfico 16 – Dendrograma resultado del Análisis de Agrupación Jerárquica (HCA).

Las muestras fueron agrupadas de acuerdo con lo esperado, mostrando que el análisis exploratorio de datos permitió la obtención de informaciones rápidas y eficientes sobre la similitud entre las muestras por la visualización gráfica. El PCA identificó la diferencia de los resultados entre los puntos de recolección en diferentes períodos y los correlacionó en relación a parámetros fisicoquímicos relevantes que determinan o no contaminación. El HCA a través del Dendrograma confirmó los resultados producidos por el PCA, teniendo en cuenta los mismos parámetros de acuerdo con los niveles de contaminación analizados, siendo discriminados dos agrupaciones (Grupo Punto 1 y Grupo Punto 2 a 4).

5.8 Correlación de Spearman (r)

Conforme Hand (2008) la evaluación del nivel de correlación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fue realizada con el test estadístico de correlación de Spearman, ya que las variables no se tuvieron una distribución normal. En resumen, el análisis de correlación cuantifica el grado de asociación entre dos o más variables medidos por el coeficiente "r", siendo convencionalmente significativo cuando $r > 0,60$ y $p < 0,05$.

El análisis de correlación se realizó a partir de los promedios aritméticos de los parámetros medidos en los sitios de recolección. No se observaron correlaciones

significativas en ningún caso, sin embargo, los valores de r y p hallados en los casos de los parámetros Turbidez, Amonio versus Unidades Formadoras de Colonia – UFC resultaron cercanos a los valores críticos ($r > 0,60$ y $p < 0,05$). Es decir, los parámetros químicos que determinan el vuelco y la presencia de alcantarillas domésticas tuvieron correlaciones cercanas a los valores críticos de r y p , en relación con el número de coliformes encontrados en las aguas analizadas.

La Tabla 15 muestra los valores de correlación (Spearman) próximos a los límites significativos destacados en los campos de color gris. De acuerdo con la Tabla 14, en términos generales, las variaciones de amonio, turbidez y fósforo se correlacionaron con las variables microbiológicas, siendo indicadores de una misma fuente de contaminación, el alcantarillado doméstico.

VARIABLES	CORRELACIÓN DE SPEARMAN (r)	VALOR p
pH x UFC	-0,17	0,5988
Sulfuros x UFC	0,18	0,5786
Amonio x UFC	0,55	0,0625
Turbidez x UFC	0,54	0,0709
Fósforo x UFC	0,56	0,0600
Temperatura x UFC	-0,14	0,6561
Oxígeno Disuelto x UFC	0,07	0,8290

Tabla 15 - Correlación de Spearman entre UFC y Parámetros Físico-Químicos.

5.9 Comprobación de Hipótesis

Hipótesis 1: El promedio de domicilios atendidos con la red de clocales en la microcuenca del Arroyo *Mirassol* es menor que la media de la Cuenca del *Alto Tietê* y de la ciudad de *São Paulo*.

Según datos de FABHAT (2017) y SABESP (2018) se verifica en el Gráfico 17 que en la microcuenca del Arroyo *Mirassol* hay una desatención cuanto a los servicios de saneamiento básico.

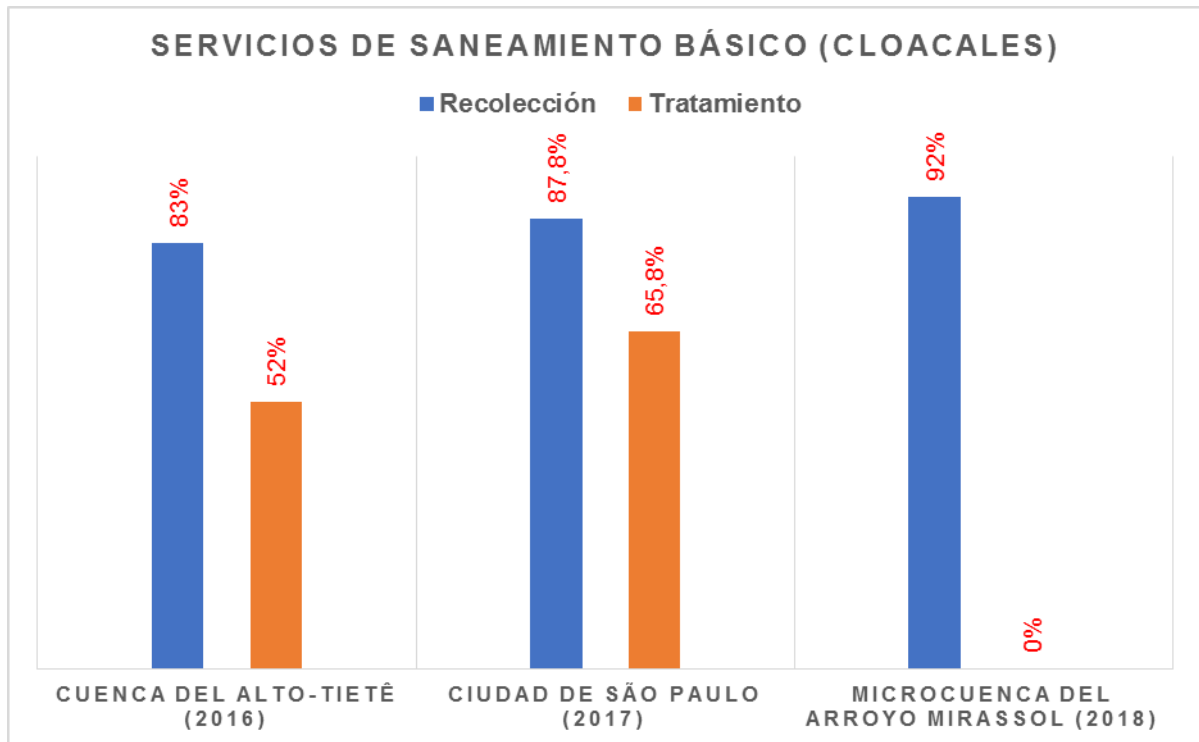


Gráfico 17 –Comparación del servicio de saneamiento básico en el área de estudio. Elaborado por el autor.

Hipótesis 2: Los parámetros físico-químicos y microbiológicos medidos en el Arroyo *Mirassol* empeoran aguas abajo de los asentamientos poblacionales.

Con los análisis de laboratorio y estadísticos se constató que hubo una agrupación entre los puntos 2 a 4 con índices malos en los diferentes períodos de recolección, concentrando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que denota la presencia de lanzamiento de alcantarillas domésticas, así como, contaminación difusa. Sin embargo, en el Punto 1 hubo una agrupación con mejores índices. El PEFI por ser considerada una Unidad de Conservación (UC) mantuvo diversos manantiales preservados, evitando que la contaminación afecte la calidad de las aguas de su interior, aunque exista una gran proximidad con la urbanización del entorno.

Hipótesis 3: El régimen de lluvias es un factor para definir la calidad del agua del Arroyo *Mirassol*.

Al analizar el parámetro Turbidez en el muestreo de enero, se verifica que la precipitación mensual acumulada pudo haber influenciado para que el agua estuviera menos turbia. La temperatura atmosférica en las colectas de enero fue la más alta registrada, lo que influye directamente en la temperatura del agua. La temperatura es un factor que influye prácticamente en todos los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el agua. Un aumento de la temperatura del agua, en general, tiene como efecto según afirma Branco (1986):

Reducción de la solubilidad de los gases en el agua, entre ellos el oxígeno disuelto, el CO₂ y el amonio. Evasión de sustancias orgánicas volátiles que pueden causar malos olores. Aumento de la velocidad de las reacciones bioquímicas, aerobias y anaerobias, de degradación de la materia orgánica. Aumento de la tasa de crecimiento de los organismos acuáticos. Evasión de gases tóxicos H₂S (sulfuros). Coagulación de proteínas que constituyen la materia viva. (p.322)

Al ser recolectadas solamente tres muestras en diferentes períodos no fue posible afirmar que hubo influencia directa de la precipitación sobre la calidad del agua. Sin embargo, se verifica influencia directa sobre los resultados del caudal y turbidez, que presentaron mayor e mejor resultado en enero (mes con más lluvia).

Los parámetros amonio y microbiológicos (UFC y E.coli) pueden haber sufrido influencia de la precipitación y temperatura del agua en la recolección de enero, que presentaron mayores resultados.

El oxígeno disuelto presentó peores resultados en el muestreo de enero, posiblemente por influencia del factor temperatura del agua (más alta). La precipitación horas antes de la recolección de agosto puede haber influenciado en los resultados del OD (turbulencia del agua), presentando mejores resultados que la precipitación mensual acumulada para este parámetro.

El comportamiento del sulfuro en octubre puede ser analizado como los mayores resultados, teniendo en cuenta que hubo menor precipitación en comparación al mes de enero. La temperatura del agua en octubre fue mayor que

agosto, estos factores ambientales pueden haber influenciado los resultados. *In situ* lo que se observó fue un peor olor en el muestreo de enero.

Capítulo VI - Conclusión y recomendaciones

El agua es un recurso abundante en la naturaleza, pero en su forma en la que puede ser consumida por la mayoría de los seres vivos, corresponde a solo el 2,5% del total existente en el planeta, según ANA (2018). Sin embargo, la cantidad de agua potable puede reducirse aún más, ya que sufre importantes cambios en la calidad, especialmente en ciudades donde no existe un servicio de saneamiento básico para todos los hogares, que descargan los efluentes directamente en los ríos y arroyos.

La demanda de agua tratada aumenta gradualmente, y la calidad y la cantidad son fundamentales para la salud y el desarrollo de la sociedad, lo que lleva a la contaminación y a costos operativos más altos para el tratamiento del agua utilizada para el suministro humano. La solución encontrada por la administración pública es buscar fuentes cada vez más distantes, en lugar de preservarlas o revertir la contaminación existente en los arroyos urbanos.

A escala global, el agua debe analizarse como un recurso esencial para el uso humano que, aunque sea renovable, necesita cada vez más un manejo cuidadoso para no escasear, debido a la degradación antropogénica en sí misma.

En este sentido, desde la década de 70, el tema ha recibido una creciente atención por parte de la comunidad política internacional, dando lugar a varios movimientos para la seguridad del agua de las naciones. En este aspecto, el agua puede ser incluida como un elemento importante para la salud y el bienestar de los habitantes.

Actualmente existen iniciativas en el mundo que buscan restaurar los ríos y arroyos urbanos al colocarlos como un elemento central en los proyectos de revitalización del entorno urbano. Sin embargo, Brasil aún se está moviendo lentamente hacia una remediación real de la contaminación de sus cursos de agua urbanos.

Desde hace años los principales ríos y cuencas de la ciudad de *São Paulo*: *Tietê*, *Pinheiros* y *Tamanduateí* están sujetos a procesos continuos de recuperación y descontaminación. Sin embargo, no es posible aún notar grandes diferencias. Continúan prácticamente sin vida, sin utilidad para la población y, en épocas de lluvias intensas, ellos y sus afluentes son causa de inundaciones y trastornos a los moradores del entorno.

En la actualidad, la visión más generalizada no valora los ríos y arroyos de la ciudad, sino que busca minimizar los efectos negativos encubriendo, estancándolos y canalizándolos para que se vuelvan invisibles a los ojos de los ciudadanos que se distancian cada vez más del aspecto beneficioso de la interacción con el agua.

La ciudad de *São Paulo* se expandió más allá de los límites naturales del territorio, extendiendo las tasas de impermeabilización sobre las áreas permeables de la ciudad, desecando los humedales de los valles aluviales de los ríos y arroyos que fueron rectificadas, áreas frágiles que deberían mantenerse para equilibrar el repuesto de la capa freática.

La ausencia de directrices ambientales en los procesos de planificación urbana desarrollados en la ciudad de *São Paulo* en el pasado y que aún siguen siendo ejecutados en el presente, de los cuales en su mayoría no contemplan el respeto al equilibrio de los ecosistemas, al implementar obras de infraestructura que producen graves intervenciones al ambiente, colaboró y colabora para que no se resguarden los recursos naturales necesarios para el bueno, hermoso y sano desarrollo de una ciudad para las personas.

En los últimos años, en la ciudad de *São Paulo*, los recursos hídricos han sido modificados por la acción antrópica, especialmente en arroyos urbanos pequeños, como en el caso del Arroyo *Mirassol*, que ha provocado una disminución de la calidad y disponibilidad del agua.

Para ejemplificar la necesidad urgente de inversiones en infraestructura, se observa que, en la ciudad de *São Paulo*, según CETESB (2018), la agencia responsable por el monitoreo de la calidad del agua, hay 39 puntos de monitoreo. Sin embargo, en la ciudad se catalogan como cursos de agua aproximadamente 300 ríos y arroyos, según Atlas Ambiental (2002). Lo que evidencia una notable falta de información sobre la calidad de aguas de los recursos hídricos superficiales.

El monitoreo de las variables de calidad del agua se puede considerar como uno de los requisitos previos para el éxito de cualquier sistema de gestión del agua, ya que el monitoreo permite obtener la información necesaria, la actualización de las bases de datos y el seguimiento del proceso de uso de los cuerpos de agua, que presenta los efectos sobre las características físicas, químicas y biológicas de las aguas, con el objetivo de subsidiar las acciones de control ambiental.

Actualmente en Brasil, la legislación solo requiere monitoreo como cumplimiento de criterios objetivos de calidad del agua para, por ejemplo: monitorear descargas de aguas residuales o para el suministro público. Esta falta de regulaciones más exigentes no contribuye a proporcionar información sobre diferentes impactos, como, por ejemplo: en la salud de los habitantes alrededor de un arroyo en particular, que tienen contacto directo y frecuente con aguas contaminadas, es decir, la información divulgada no se cruza con las relaciones de causa y efecto.

La información sobre las condiciones ecológicas y sanitarias de los ecosistemas acuáticos es esencial para respaldar las acciones en los tiempos actuales (de gestión) y futuros (de planificación). El análisis integrado de las

condiciones ecológicas, sociales y económicas en el espacio urbano es un ámbito básico de interés para la planificación y gestión urbano-ambiental.

El monitoreo del agua es muy importante ya que se integra en políticas sociales más amplias, como el saneamiento ambiental, que se traducen directamente en mejoras efectivas para la sociedad. Su función técnica de generar información y apoyar el mejoramiento de las metodologías es esencial e insustituible para la ejecución efectiva de la planificación y gestión urbano-ambiental. Por lo tanto, cualquier sistema productivo comprometido con el uso a largo plazo de los recursos hídricos debe considerar el monitoreo no como una carga, sino como una inversión vital para las generaciones futuras.

Al discutir la perspectiva futura del saneamiento básico en Brasil, el escenario es preocupante. La universalización de los servicios sólo deberá ser alcanzada en 2052: casi veinte años de desfase en relación con la meta del Plan Nacional de Saneamiento Básico (PlanSab). En comparación, países con economías menores que la brasileña ya alcanzan mejores índices, con soluciones heterogéneas para el desarrollo del saneamiento.

Hay tres factores fundamentales para el buen funcionamiento del sector: planificación, regulación y gestión. En el contexto brasileño, la mayor participación del sector privado podría resultar un factor clave para la mejora de estos tres aspectos, ya que habría mayor competencia, el Estado podría designar sus recursos en otros sectores también prioritarios, no quedando condicionado a la recaudación o a las crisis político-económicas que puedan ocurrir.

En un panorama del servicio de saneamiento básico en *São Paulo*, se verifica que es uno de los más atrasados en la infraestructura de la ciudad con elevado déficit de atención. El servicio de recolección de cloacales con apenas 82,8% y de tratamiento el 65,8% (año 2016). La realidad del Arroyo *Mirassol* es aún más deficiente cuando no hay ningún tratamiento de las aguas residuales en un área densamente habitada.

En el caso del Arroyo *Mirassol* la carencia de servicios de recolección y tratamiento de cloacales, incluso cuando hay acceso al agua tratada, son los responsables de la mala calidad del agua, evidenciada por el notorio incremento de las concentraciones de amonio, fósforo total, sulfuros y la disminución del oxígeno disuelto respecto del área *background* (*Parque Estadual Fontes do Ipiranga*). Asimismo, la presencia de *E. coli*, *Salmonella sp.* y *Shigella sp.* implican un enorme riesgo para la población de las márgenes, ya que pueden ser responsables de infecciones gastrointestinales muy graves y otras transmitidas por mosquitos y otros animales. Los problemas son generalizados, pero normalmente son graves en las márgenes de ríos y arroyos contaminados.

La exposición ambiental a las aguas servidas provoca enfermedades que afectan la salud de niños, jóvenes y adultos. Además de las implicaciones inmediatas sobre la salud y la calidad de vida de la población, la falta de recolección y tratamiento de aguas residuales tiene impacto directo sobre el mercado de trabajo y sobre las actividades económicas que dependen de buenas condiciones ambientales para su pleno ejercicio. Desde el punto de vista del mercado de trabajo, la falta de saneamiento interfiere en la productividad del trabajo y en el desempeño de los estudiantes, con efectos a largo plazo sobre la renta de las familias.

En lugares como la microcuenca del Arroyo *Mirassol*, donde los residentes que viven en los márgenes o en el lecho del Arroyo están en contacto constante con el agua contaminada, son recurrentes relatos informales de personas que debieron faltar al trabajo por infecciones gastrointestinales.

En Brasil se sabe que la extensión urbana fuera de la legislación de uso del suelo y asociada con la especulación inmobiliaria ha sido reproducida por diferentes clases sociales, lo que ha provocado la ocupación de áreas sin infraestructura sanitaria y la degradación de la calidad del agua natural.

Actualmente, la principal causa de la degradación del agua en los ríos y arroyos de *São Paulo* es la descarga de efluentes domésticos no tratados, que son ricos en materias orgánicas y nutrientes. Esto también ocurre en la cuenca del arroyo *Mirassol*.

La degradación ambiental que se produce en los arroyos periféricos de *São Paulo*, como el Arroyo *Mirassol*, está muy asociada a la degradación social. Al resignificar el panorama en estos entornos a través de la recuperación de la calidad del agua, el escenario actual de vulnerabilidad y degradación puede inicialmente revertirse.

Las viviendas precarias y clandestinas a lo largo del Arroyo *Mirassol* se ubican en áreas ambientalmente vulnerables y protegidas por la ley. Se localizan en áreas de protección ambiental, las llamadas de Áreas de Protección Permanente (APP), definidas por el art. 3º del Código Forestal (Ley nº 12.651 / 2012).

La protección acarrea restricciones de construcción y bandas fijas de protección, que están dispuestas en los artículos 7 al 9 del Código Forestal y la Resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente - CONAMA nº 303/2002, que, en concordancia con el Código Forestal, también define y delimita estas bandas de protección, en el caso del *Mirassol* debería existir 30 metros de protección en los márgenes.

Las restricciones son necesarias teniendo en cuenta que la intervención en APP de forma indebida acarrea a lo largo del tiempo problemas como: remoción de la vegetación nativa; impermeabilización del suelo; aumento del caudal del flujo superficial.

Lo que ya se ve en el Arroyo *Mirassol* es: la ocupación de áreas de inundación natural del río, lo que causa intensa degradación ambiental y riesgos a las personas con frecuentes inundaciones; confinamiento del arroyo; contaminación con lanzamiento de cloacales *in natura*; la acumulación de residuos en los márgenes, entre otros.

Los asentamientos irregulares y clandestinos del entorno del Arroyo *Mirassol* están situados en APPs, también están en desacuerdo con toda la legislación municipal respecto del uso y parcelamiento del suelo. Ante esta situación, el Municipio debe, en principio, adoptar las acciones de regularización agraria, que puede o no implicar en la remoción del asentamiento irregular. Sin embargo, lo que se verifica son conflictos de legislaciones, resultando la omisión del Poder Público que no avanza con acciones efectivas sobre el área.

En el caso de existir la intención de regularización de las viviendas por parte del Poder Público, sería necesario el correcto procedimiento acompañado de un estudio sobre los impactos ambientales en el mantenimiento del actual asentamiento irregular en área ambientalmente vulnerable.

La situación de vulnerabilidad vivenciada por los habitantes del entorno del Arroyo *Mirassol*, principalmente los pertenecientes a la comunidad "*Passagem Três*", instalados en el lugar de manera precaria desde mediados de los años 1980, donde por cierto, están habiendo registros actuales del aumento de viviendas. En el caso en cuestión, cabe por parte de la gestión pública una toma de decisión urgente en cuanto a la permanencia o reasentamiento de los residentes. Sobre todo, por la exposición al riesgo de contaminación por enfermedades, así como, el riesgo geológico donde hay posibilidades de derrumbes o solapamientos.

El gran desafío que persiste es definir la forma en la que el Poder Público debe administrar la actual situación de los asentamientos irregulares, especialmente en lo que se refiere al saneamiento básico. La discusión es compleja y muchas veces contempla un conflicto de intereses, y derechos / principios constitucionales. Por un lado, por ejemplo, la necesaria protección al medio ambiente ecológicamente equilibrado (artículo 225 de la Constitución Federal Brasileña) y, por otra, el derecho a la vivienda digna (artículo 6 de la CFB). Sin hablar de los derechos reflejos como el derecho a la salud, a la dignidad de la persona humana, derecho a la vida, a la propiedad y función socioambiental de la propiedad.

Junto a la vivienda, el Poder Público, los entes federativos, deben proveer la infraestructura necesaria para el mantenimiento de una vida digna: principalmente con el saneamiento básico. Aunque debe haber una participación colaborativa entre los entes en el trato de estas cuestiones, es sobre el Ayuntamiento de São Paulo que recae principalmente la misión de implementación de medidas con relación a este tema, debido al interés local prescrito en la CFB.

Para que el concepto de una ciudad saludable o sostenible sea eficaz, es esencial tener la visión de los problemas urbanos y ambientales como resultado del medio ambiente de su historia y sociedad, definiendo el problema a partir de las relaciones sociales y prácticas espaciales que implican directamente en las formas en que se produce y consume el territorio.

Se entiende que no es factible considerar los problemas que involucran a una ciudad en forma aislada, así como los problemas que involucran la salud de la población, ya que existe una relación entre todos los campos, exigiendo de la sociedad la interconexión de problemas complejos para resolverlos y lograr los objetivos de una ciudad saludable.

Para lograr estos conceptos, se requieren análisis constantes de los cuerpos de agua y debates en los comités de cuencas hidrográficas (herramienta de participación popular para decisiones sobre los recursos hídricos). Sugerir inserciones en programas de recuperación de arroyos y expansión de servicios de saneamiento ambiental, aumentando la importancia de los recursos hídricos dentro del concepto de Ciudad Sostenible y Saludable, fijándolos como parte del paisaje y no como un obstáculo a superar.

En este contexto, los ciudadanos deben unirse hacia objetivos comunes, como la equidad social y la búsqueda de soluciones a la insostenibilidad generada en el entorno urbano. Un conjunto de leyes no será suficiente para afrontar los problemas con tantos intereses distintos y todos con gran relevancia.

En la actualidad, uno de los mayores desafíos que enfrenta la sociedad es transformar las estrategias vinculadas al desarrollo económico en un modelo de sostenibilidad que apunta al bienestar humano y promueve la equidad social. Un nuevo modelo de desarrollo debe verse como un proceso de cambio, en el que la explotación de recursos, las inversiones tecnológicas y los cambios institucionales deben alinearse con el presente y el futuro.

El desarrollo sostenible es un proceso de aprendizaje social a largo plazo. En este sentido, es necesario reconocer que el desarrollo sostenible posiblemente se logrará cuando los intereses de todos los ciudadanos estén representados, con el objetivo de lograr el bienestar y el equilibrio de la vida en la sociedad.

El principio de una sociedad sostenible implica el desarrollo de valores sistémicos fundamentales para el mantenimiento de la vida, a través de la comprensión de la concepción de un mundo en el que todos forman parte, en una red de interrelaciones, donde cada uno depende del otro. A partir de esto, se deben cultivar valores sociales y ecológicos, como la colaboración, la cooperación, la participación democrática, el no desperdicio y el no consumismo, sumados a los valores de autonomía, solidaridad y responsabilidad, en un nuevo modelo de desarrollo.

La introducción de un enfoque y una visión ecológicos es necesaria para la ecuación de la relación hombre-naturaleza, en la que se evidencian las relaciones interdependientes entre cada ser vivo, el hombre que comprende la naturaleza integrada con su propia existencia.

En ocasiones, las leyes carecen de normas claras o mandatos necesarios. Otras no están adaptadas a los contextos locales y, por lo tanto, no abordan las condiciones sobre el terreno. Por lo general, en Brasil las reparticiones públicas encargadas de la ejecución de leyes ambientales carecen de la financiación necesaria y no tienen el mismo peso político que otras que tienen a su cargo materias de desarrollo económico. En resumen, el estado de derecho ambiental es un desafío para la gestión pública y a la población, que es responsable por su aplicación, ejecución y fiscalización.

La producción normativa y de acuerdos internacionales en materia ambiental es bastante amplia, dispersa, muchas veces confusa y de conflictos jurídicos. A cada año se aumenta este número con nuevas disposiciones, que, si bien tienen las mejores intenciones, no logran muchos resultados prácticos para la mejora de las problemáticas ambientales.

Todavía en la realidad brasileña, falta una técnica normativa que permita articular las diferentes cuestiones, con una visión integral y transversal de la dimensión ambiental existente. Que en ellas haya metas de Estado y no de gobiernos, siendo claras e independientes de intereses políticos o crisis financieras, o sea, que se mantengan inalterables a lo largo del tiempo, sean una prioridad.

6.1 Recomendaciones

Como resultado de décadas de cultura de omisión de ambas partes (gobierno y sociedad) frente al saneamiento ambiental de la Microcuenca del Arroyo *Mirassol*, se verifica que no hay acciones efectivas de control y participación social por parte de la población aledaña. Desde esta perspectiva, este trabajo comprende que es esencial entender cómo los temas de control y participación social del saneamiento ambiental están siendo discutidos en el contexto de la microcuenca. En este sentido, se sugiere que se realicen estudios futuros sobre el conocimiento de la población con respecto al servicio de saneamiento ambiental proporcionado en la microcuenca.

Se sugiere hacer un nuevo y riguroso análisis de riesgo geológico, pues se constatan algunos procesos erosivos en el suelo desde el año 2009, lo que puede acarrear en deslizamientos y tragedias, sino el Municipio tiene obligación de remover toda la población del área de riesgo.

En vista de la necesidad de establecer un equilibrio sostenible entre el necesario desarrollo económico y demográfico y la disponibilidad hídrica en cantidad y calidad, que contemple los diversos usos del agua, es fundamental el establecimiento de un programa de monitoreo hídrico cualitativo y cuantitativo que

proporcione subsidios para la evaluación de las condiciones del Arroyo *Mirassol*, para la toma de decisiones asociada a la gestión de los recursos hídricos.

Un programa de monitoreo tiene una gran contribución para clarificar varios procesos que afectan la calidad del agua, tanto los de origen natural como los que resultan de los impactos antropogénicos, inducidos por fuentes puntuales o difusas de contaminación.

Monitorear la calidad del agua es diagnosticar la salud del ambiente en que se vive. A partir de la observación y de la identificación de la condición ambiental del Arroyo, será posible reconocer y comprender los principales problemas que lo afectan, para buscar soluciones integradas que posibiliten la mejora de la calidad de vida, el uso ecológicamente correcto de los recursos hídricos, la preservación y la recuperación del medio ambiente.

También, se recomienda urgentemente que los domicilios de la microcuenca del Arroyo *Mirassol* estén conectados a las redes oficiales existentes para lanzar las alcantarillas en los colectores-troncales, encaminándolos a los interceptores y, finalmente, a las Estaciones de Tratamiento de Aguas Residuales.

En la Región Metropolitana de São Paulo existen 5 grandes estaciones de tratamiento de aguas residuales: Parque Novo Mundo, São Miguel, Barueri, Suzano y ABC. En cuanto a la última, la Microcuenca del Arroyo *Mirassol* está ubicada aproximadamente a 6 km de distancia.

Una alternativa que viene siendo implementada en diferentes ríos urbanos en el mundo son las infraestructuras verdes, como, por ejemplo, los corredores ecológicos. El área de la Microcuenca puede ser considerada un área privilegiada, pues en sus alrededores existen muchas unidades de conservación, uno de ellos es el *Parque Estadual da Serra do Mar*, un gran refugio de Mata Atlántica. A lo largo de

la ciudad existen parques urbanos que son islas de preservación en medio de la urbanización.

En el radio de 14 km alrededor de la microcuenca del Arroyo *Mirassol*, se ubican el *Parque Estadual Fontes do Ipiranga* (PEFI), *Parque da Independência*, *Parque da Aclimação* y del *Ibirapuera*, todos en la zona sur de la ciudad y rodeados de otros arroyos urbanos. Con ello, hay la oportunidad de renaturalización del *Mirassol*, así como de los demás que se encuentran canalizados en este perímetro, pudiendo recuperar ecosistemas ecológicos e integrar a las personas en lugares más sanos.

La renaturalización de los arroyos puede ser vista no sólo como una solución de drenaje urbano, sino también como una gran oportunidad para el resurgimiento de las aguas en la ciudad, en lo que se refiere a la formación de un sistema de humidificación, refrigeración y áreas verdes.

La implicación de la comunidad en un proyecto de recuperación de arroyos puede traer resultados muy positivos. Además de estimular la posterior valorización del espacio público. Las obras pueden, también, emplear a los residentes locales, generando empleo y renta, por ejemplo, al realizar cursos de jardinería y, posteriormente, contratarlos para plantación y mantenimiento de especies nativas de la Mata Atlántica incorporadas en las márgenes.

Los corredores ecológicos contribuyen con la protección de la biodiversidad, ayudan en la gestión de las aguas, proporcionan oportunidades de recreación, fortalecen la cohesión comunitaria y cultural, crean identidad, albergan la circulación de la vida silvestre y crean rutas de dispersión.

El Ayuntamiento de São Paulo puede implementar programas de educación ambiental en estas áreas. Al rescatar el vínculo de la comunidad con el agua limpia, se estimula la responsabilidad y la cohesión comunitaria. El alcantarillado (industrial y domiciliario) vertido en los ríos no es el único gran causante de contaminación. La

basura no recogida y lanzada directamente en las calles y en el Arroyo empeora la calidad de los cursos de las aguas. Cuando la población percibe que un río es patrimonio público, y lo utiliza en su beneficio, tiene placer en defenderlo.

De lo que se ha discutido, la relación de mejora en la calidad de vida mental y física de los ciudadanos puede asociarse cuando existir una mayor conexión con la naturaleza y el agua que se inserta en la ciudad, considerando como una opción para el ocio y disfrute.

Se sugiere que para un análisis más profundo sobre la calidad del curso de agua se realice más estudios en la serie de monitoreo, como el estudio de la biota acuática a lo largo del curso de agua. Realizar colectas en un espacio mayor de tiempo, a fin de comprender la influencia de la estacionalidad y de los factores temporales sobre la calidad del agua.

Por último, se recomienda también verificar los motivos por los cuales hubo aumento del caudal en períodos con menor precipitación, lo cual podría deberse al ingreso de efluentes. Con esto, poder determinar los patrones de variabilidad del Arroyo *Mirassol*.

6.2 Conclusión

El crecimiento poblacional de la ciudad de *São Paulo* y de la microcuenca del Arroyo *Mirassol* en especial, registra índices de aumento significativo de la población, lo que evidencia un grave problema que genera una gran preocupación y demanda acción inmediata del Poder Público en cuanto a medidas para mejorar las condiciones ambientales y urbanas. En caso de omisión en la toma de decisiones en el presente, en un futuro no distante, pueden ocurrir graves daños y delitos ambientales en el Arroyo *Mirassol* y a sus habitantes.

La gestión eficaz de la calidad del agua en los ríos y arroyos urbanos requiere información sobre la influencia de las actividades dentro de toda la cuenca. Sin embargo, los programas tradicionales de monitoreo de la calidad del agua llevados a cabo generalmente se refieren a objetivos específicos.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo se pudo verificar que en la microcuenca del Arroyo *Mirassol* hay un notorio incumplimiento de las leyes de protección al medio ambiente. Las falencias tienen lugar a la hora de aplicar y hacer cumplir la normativa siendo uno de los mayores problemas para reducir la contaminación y evitar la pérdida generalizada de especies y hábitats a escala local.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos permitió verificar, de manera general, la mayoría de los valores encontrados en los puntos 2 a 4, no están condicionados con los valores preconizados según la Resolución 357/2005 - CONAMA. Por lo tanto, el agua del Arroyo *Mirassol* no es propicia para ningún uso que no sea los establecidos para las aguas dulces de Clase IV.

El punto que se mostró más discrepante en todos los resultados fue el Punto 1, presentando datos divergentes de los demás, pudiendo clasificarlo conforme a la Resolución 357/2005 - CONAMA, como agua dulce Clase I. Esto puede ser explicado por el hecho de que ese punto esté en el interior del PEFI, Unidad de Conservación donde no hay contaminación por las aguas residuales domésticas, a diferencia de los demás que hubo alteración por intervención antrópica luego de la urbanización del entorno sin la debida planificación de saneamiento básico.

Es posible verificar que la microcuenca del Arroyo *Mirassol* está sufriendo diariamente diferentes degradaciones ambientales: ocupación irregular de márgenes, supresión de vegetación, modificación del curso de agua y el vuelco de efluentes domésticos. Estos factores están afectando drásticamente la calidad del agua, en relación con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados.

Es importante resaltar que a pesar de que los análisis fisicoquímicos y microbiológicos sean fundamentales para la caracterización de la calidad del agua, no fue posible una evaluación de los efectos de la contaminación sobre los seres vivos, cabiendo estudios específicos sobre el tema. Además, se realizan de forma puntual y medidas instantáneamente en los puntos de muestreo y, por lo tanto, necesitan un gran número de mediciones para que se obtenga una mayor precisión en los resultados.

Capítulo VII - Bibliografia

- Agenda 21 Local (1996) *Compromisso do Município de São Paulo*. Grupo de Trabalho Inter secretarial. – 2a ed. rev.- São Paulo: A Secretaria. 165 p
- Alaburda, J. Nishihara, L (1998). Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Rev. Saúde Pública* [online]. n.2, vol.32, pp.160-165.
- American Public Health Association [APHA], (2005) *Standard Methods the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Parte 9000.
- Antunes, P. B. (2015) Áreas de Preservação Permanente Urbanas: O Novo Código Florestal e o Judiciário. *Revista de Informação Legislativa*, 52(206), p. 83 – 102.
- Assunção, P. (2009). *As condições urbanas da cidade de São Paulo no século XIX*. [Las condiciones urbanas de la ciudad de São Paulo en el siglo XIX] Recuperado de: <http://www.historica.arquivoestado.sp.gov.br>.
- Atlas Ambiental do Município de São Paulo (2002), Prefeitura Municipal de São Paulo/Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente/Secretaria Municipal de Planejamento, São Paulo. Recuperado de: <http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br>
- Azevedo, A. (Coord.) (1958) *A cidade de São Paulo: estudos de geografia urbana*. São Paulo. [La ciudad de São Paulo: estudios de geografia urbana. São Paulo].Companhia Editora Nacional, 40 p.
- Barbosa, L. M; Potomati, A y Peccinini, A. A. (2002) O PEFI.: histórico e legislação. En: Bicudo, D. C; Forti, M. A. y Bicudo, C. E. M. (orgs). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. [Parque Estadual de las Fuentes del Ipiranga: unidad de conservación que resiste a la urbanización de São Paulo.]Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 16-28. Cita en el texto: Barbosa y otros (2002).
- Barrella, W. y otros. (2001) As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. En: Rodrigues, R.R.; Leitão FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2a.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Beebe K. R., R. J. Pell, M. B, Seasholtz (1997). *Chemometrics: a practical guide*, John Wiley & Sons: New York. 125p
- Beltrame, A.V. (1994). *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. (Florianópolis)
- Belluta, I.; Neves, R. de C. F.; Zampieri, F.E. de S.; Silva, R.F.B. da; Sartori, A.A. da C.; Zimback, C.R.L. (2011). *Aplicação de técnica de geoprocessamento em áreas degradadas de mata ciliar e sua correlação com qualidade da água numa subbacia hidrográfica*. Irriga, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 177-198.
- Bem, J S; Giacomini, N; Waismann, M. (2015) *Utilização da técnica da análise de clusters ao emprego da indústria criativa entre 2000 e 2010: estudo da região do Consinos*, RS interações, Campo Grande, v. 16, n. 1, p. 27-41.

- Boff, L. (2012) *Sustentabilidade: o que é: o que não é*. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes.
- Braga, B.; Porto, M. y Tucci, C. E. M (2006). *Monitoramento de quantidade e qualidade das águas*. [Monitoreo de cantidad y calidad de las aguas] En: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (org.). *Água doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. 3a.ed., São Paulo: Escrituras Editoras. cap.5, p.145-160. Cita em el texto: Braga y otros (2006)
- Branco, S.M.(1986) *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. CETESB/ASCETESB, 616p.
- Brandão, I. R. (2010). Na trilha do município saudável, In: Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS). *Políticas integradas em rede e a construção de espaços saudáveis: boas práticas para a iniciativa do Rostos, Vozes e Lugares*: Brasília, OPAS. p. 31-60.
- Brasil (2007). Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Carvalho, C.S.; Macedo, E.S.; Ogura, A.T. (org). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.
- Brasil. Fundação Nacional de Saúde [FUNASA] (2013). *Manual prático de análise de água*. Brasília - 4. ed. 150 p.
- CNI (2017) Confederação Nacional da Indústria. *Comparações internacionais :uma agenda de soluções para os desafios do saneamento brasileiro* [una agenda de soluciones para los desafíos del saneamiento brasileño].CNI: Brasília.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB] (2012) Relatório de águas superficiais do Estado de São Paulo. [internet] Recuperado de: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-/relatorios>
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo [SABESP] (2018) Mapa de Esgotamento Sanitário da Microbacia do Córrego Mirassol, São Paulo.
- Constituição da República Federativa do Brasil. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Recuperado de:<http://www.planalto.gov.br/civil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>
- Diário Oficial do Município de São Paulo [DOM] (1987). *Prefeitura da Cidade de São Paulo*. São Paulo, 32(53) 48 p. recuperado de: <http://www.docidadesp.imprensaoficial.com.br/NavegaEdicao.aspx?ClipId=42D30BTQ0EAI1eB99KI8LBRVABU>
- Diário Oficial do Município de São Paulo [DOM] (1988). *Prefeitura da Cidade de São Paulo*. São Paulo, 33(61) 40 p. Recuperado de: <http://www.docidadesp.imprensaoficial.com.br/NavegaEdicao.aspx?ClipId=DT62LCVNHEU02e7423FUCBRM5CJ>
- Esteves, F. A. (1998) *Fundamentos de limnologia*. Interciência: FINEP. Rio de Janeiro. 602p.

- Faria, A. A. C (2004). Abastecimento de água de São Paulo (1554-1960). [Abastecimiento del agua en la ciudad de São Paulo (1554-1960)]. *Revista do Arquivo Municipal*, São Paulo: Departamento do Patrimônio Histórico, 203, p. 37-56
- Ferreira E. C., S. H. B. G. Rodrigues, M. M. C. Ferreira, J. A. Nóbrega, A. R. A. Nogueira (2002), *Revista Ecletica: Química*. p.27-77.
- Figuerêdo, F. V (2008). *Susceptibilidade a antimicrobianos e resistência plasmidial de cepas de Salmonella spp. isoladas de dois estuários do Estado do Ceará*. [Tese de Doutorado em Aquicultura] – Jaboticabal. Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP/SP.
- Foley S.L e Lynne A. M. (2008). *Food Animal-Associated Salmonella Challenges: Pathogenicity and Antimicrobial Resistance*. *J Animal Science*, Ed. 86, p173-187.
- Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados [SEADE]. (2014) SP Demográfico. *Resenha de Estatísticas Vitais do Estado de São Paulo*. Ano 14, 1, 17p.
- Guedes, S. A. H.; Silva, D. D. da.,Elesbon, A. A. A.;Ribeiro, C. B. M.; Matos, A. T. de.; José H y P. Soares, J. H. P. (2012). Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(5), p.558–563.
- Guerra, A. F. (2016) *Métodos de contagem microbiana*. Ed. Valença, 1ª Edição, 28p. Recuperado el 20 Jun 19 de: www.microbiologia-de-alimentos.com
- Guia nacional de coleta e preservação de amostras: *água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos* (2011) Agência Nacional de Águas [ANA]. 326 p Brasília-Brasil.
- Hair, J. F.; Black, W.C; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R.L (2005). *Análise multivariada de dados*. [Análisis multivariada de dados]. 5a. ed. Porto Alegre: Editora Bookman.
- Hand, D. J. (2008). *Statistics: a very short introduction*. Oxford: Oxford University Press. 129p.
- Hasui, Y. Carneiro, C. D. R. Bistrich. C. A. ,Almeida, F. FM. yPrandini. F. L. (1981). En: Bicudo, D. C; Forti, M. A.; Bicudo, C. E. M. (orgs). *Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo*. [Parque Estadual de las Fuentes del Ipiranga: unidad de conservación que resiste a la urbanización de São Paulo] Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 50-61.Cita en el texto:Hasuy y otros (1981)
- IAG/USP (2019) Estação Meteorológica do IAG/USP – Resumo mensal – 79ª edição. Janeiro/2019
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2010). Censo demográfico – Brasil (2010) Recuperado de: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000>.

- Instituto de Astronomia e Geofísica da Universidade de São Paulo [IAG/USP] (2017) - *Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP*. [Informe Climatológico Anual de la Estación Meteorológica del IAG] Seção Técnica de Serviços Meteorológicos – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 20, São Paulo.
- Instituto Trata Brasil [Trata Brasil] (2018). Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. *Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro*. São Paulo: Instituto Trata Brasil/CEBDS; Recuperado de: <http://abconsindcon.com.br/wp-content/uploads/2018/11/Relat%C3%B3rio-Benef%C3%ADcios-do-saneamento-no-Brasil-v.-01-11-2018.pdf>
- Jacobi, P., Cibim, J., & Souza, A. (2015). Crise da água na região metropolitana de São Paulo – 2013/2015. *GEOUSP Espaço E Tempo (Online)*, 19(3), 422-444. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.104114>
- Janzen, J. G.; Schulz, H. E.; Lamon, A. W (2008) *Eng. sanit. ambient. 279 Medidas de oxigênio dissolvido na superfície da água*. Vol.13 (3), p. 278-283.
- Jorge, J. (2011) São Paulo das enchentes, 1890-1940. *Revista Eletrônica do Arquivo Público de São Paulo*, 47, p 1-7. Recuperado de: <http://www.historica.arquivoestado.sp.gov.br/materias/anteriores/edicao47/materia01/texto02.pdf>
- Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Recuperado de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm
- Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Recuperado de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm
- Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. – Lei de Saneamento Básico - Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Recuperado de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm
- Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. – Código Florestal - Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Recuperado de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm

- Limonad, E. (2013) A insustentável natureza da sustentabilidade. Da ambientalização do planejamento às cidades sustentáveis *Cadernos Metropolitanos*, São Paulo. V. 15, n. 29, pp. 123-142
- Maia, F. P (2010) *Melhoramentos de São Paulo*. 2ª edição. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado S/A, 416 p.
- Maricato, E (2000). Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. *São Paulo em Perspectiva*, 14(4), pp.21-33. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n4/9749.pdf>
- Martins, L (2010) *Análise da viabilidade técnico-econômico-ambiental da operação do sistema elevatório Tietê- Billings no suprimento de água e eletricidade na Região Metropolitana de São Paulo*. [Análisis de la viabilidad técnico-económico-ambiental de la operación del sistema elevatorio Tietê- Billings en el suministro de agua y electricidad en la Región Metropolitana de São Paulo](Tesis de Maestría) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo-Brasil.
- Massara, V. M (2012) A implantação de infraestrutura na cidade de São Paulo: o centro expandido no período 1890 – 1999. *Revista Outros Tempos – Dossiê história e cidade*, 9(13), p. 228-251.
- Matias-Pereira, J. (2010) *Manual de Gestão Pública contemporânea*. 3. Ed. São Paulo: Atlas.
- Maturin, L.; Peeler, J.T. (1998) *Aerobic plate count*. In: Bacteriological analytical manual. 8.ed. Revision A,. USA: Food and Drug Administration, 2001. Cap.3. Recuperado el 20 Jun 19 de: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>
- Mendes, R. (2000) *Cidades saudáveis no Brasil e os processos participativos: os casos de Jundiá e Maceió*. [Tesis de doctorado] - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo-Brasil.
- Mendonça, F. A. e Leitão, S. A. M. (2008). Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. *GeoTextos*, 4 (1 e 2), pp. 145-163.
- Mota, S. (2008) *Gestão ambiental de recursos hídricos*. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES.
- Monteiro, S. R. P (2011) O marco conceitual da vulnerabilidade social. *Sociedade em Debate*. Ed. 17(2): p. 29-40. Pelotas-Brasil.
- Moura, M. C. S; Lopes, A. N.; Moita, G. C.; Neto, J. M. M (2006). *Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina*. *Química Nova*. v. 29, p. 429-435.
- Nimer, E. (1977) En: Bicudo, D. C; Forti, M. A.; Bicudo, C. E. M. (orgs). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. [Parque Estadual de las Fuentes del Ipiranga: unidad de conservación que resiste a la urbanización de São Paulo]Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 31-46.Cita en el texto: Nimer y otros (1977)

- Norma técnica L5.202 (2018) *Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichiacoli - Determinação pela técnica de tubos múltiplos*, 5ª Ed, 29 p. Companhia de Tecnologia Ambiental [CETESB], São Paulo.
- Nozaki, C; Marcondes, m; Lopes, F, Santos, K y Larizzatti, P.(2014)Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos Asa, *São Paulo*, 2 (1), p. 29-44.
- Oliveira A. P. de, J. A. G. Neto, M. M. C. Ferreira (2006). *Uso da análise exploratória de dados na avaliação de modificadores químicos para determinação direta e simultânea de metais em álcool combustível por GFAAS*. Ecl. Quím., São Paulo, 31(1) p. 7-12.
- Oliveira, A. B. K. de (2014) O rio Tietê: o processo histórico e sua importância para São Paulo. *I Simpósio Mineiro de Geografia: das diversidades à articulação geográfica*. Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais.
- Palhares, J. C. P.; Ramos, C.; Klein, J. B.; Lima, J. C. M. M. de; Muller, S. (2007). Comunicado Técnico 455. *Medição da vazão em rios pelo método do flutuador – [Versão Eletrônica]*, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias [Embrapa] Concórdia, Santa Catarina. Recuperado de: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/443939/medicao-da-vazao-em-rios-pelo-metodo-do-flutuador>
- Palma-Silva, G.M. (1999). *Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí - SP*. 155 f. Dissertação [Mestrado em Manejo Integrado de Recursos] - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-Brasil.
- Panero F. S., H. E. B. da Silva (2008) *Aplicação da análise exploratória de dados na discriminação geográfica do quiabo do Rio Grande do Norte e Pernambuco* Microchemical Journal 88(2) p194-200.
- Pereira, L. C. S.; Pires, L. P (2008). São Paulo: o nascimento de uma metrópole. *Revista Historiador*, 1, p. 21-31.
- Piterman, A. Greco, R. M. (2005) A água seus caminhos e descaminhos entre os povos. *Revista APS*, v.8, n.2, p. 151-164, jul./dez.
- Ponçano, V. L., Carneiro, C. D. R., Bistrich, C. A y Almeida, F. L. (1981) En: Caracterização do Meio Físico. Bicudo, D. C; Forti, M. A.; Bicudo, C. E. M. (orgs). *Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação que resiste à urbanização* de São Paulo. [Caracterización del Medio Físico. Parque Estadual de las Fuentes del Ipiranga: unidad de conservación que resiste a la urbanización de São Paulo] Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 50-61.Cita en el texto: Ponçano y otros (1981).
- Pope, M.L; (2003). *Assessment of the Effects of Holding Time and Temperature on Escherichia coli Densities in Surface Water Samples*. Appl Environ Microbiol. October; 69(10) p-6201–6207.

Relatório Técnico Nr 119.614-205 (2010). Instituto de Pesquisas Tecnológicas [IPT] São Paulo.

Relatório de situação dos recursos hídricos – Bacia Hidrográfica do Alto Tietê [FABHAT] – Ano Base 2016. São Paulo, 2017

Reis, A. P. B.; Peixoto, J. C.; Nunes, J. C.; Oliveira, L. S.; Segato, N. R.; Pinto, O. G.; Silva, P. L.; Araújo, R. C.; Abreu, T. A. A (2011). *Análise microbiológica da água armazenada em reservatório na cidade de Campo Limpo de Goiás- Goiás*. p.10 [Internet] Recuperado el 15 jun 2019 de: <http://www.anapolis.go.gov.br/revistaanapolisdigital/wpcontent/uploads/2011/07/pdf>.

Roses, C. F.; Leis, R. P (2002). *Um estudo das condições sócio econômicas de municípios gaúchos através da análise de cluster*. FECAP. Revista Administração On Line, v. 3 (3).

Resolução nº 303, de 20 de março de 2002 [CONAMA] - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Recuperado de: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>

Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação DOU nº. 053 18/ 03/ 2005 p. 56-68. Recuperado de: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=43>.

Rua, M. G (2009) *Políticas Públicas*. Departamento de Ciências da Administração / UFSC; Florianópolis. CAPES: UAB. [Brasília].

Santana, D.P.(2003) *Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*, Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30, 63p. Sete Lagoas-Brasil

Sant'anna, D. B (2004). Vida e morte dos chafarizes na cidade de São Paulo. *Revista do Arquivo Municipal de São Paulo*. São Paulo, 203, p. 81-90

Santos, F. A (2011). *Domando as águas: salubridade e ocupação do espaçonacidade de São Paulo, 1875-1930* [Domando las aguas: salubridad y ocupación del espacio en la ciudad de São Paulo, 1875-1930]. 1ª. ed. São Paulo: Alameda Casa Editorial, 328 p.

São Paulo (1989). Constituição do Estado de São Paulo. Diário Oficial do estado de São Paulo, São Paulo, 6 out. 1989. Recuperado de: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/constituicao/1989/compilacao-constituicao-0-05.10.1989.html>

Schmidt-Nielsen, K. (1996) *Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente*. Editora Santos. 600p.

Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras de São Paulo [SIURB] (2011) Projeto Executivo de Canalização do Córrego Mirassol – Compec Galasso– Superintendencia de Projetos Viários – PROJ 4. São Paulo.

- Silva A. E. P, Angelis C. F, Machado L. A. T, Waichaman A. V. (2008). Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amaz.* 28(4) pp. 733-742.
- Silveira, G. L.; Tucci, C. E. M.; Silveira, A. L. L. (1998) Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3 (3), p. 111-131.
- Sousa R. A. de, W. B. Neto, R. J. Poppi, N. Baccam, S. Cadore, *Quim. Nova*, 29(4) (2006) 654.
- Souza, C. (2006) Políticas Públicas: uma revisão da literatura. In: *Sociologias*, Porto Alegre, ano 8, nº 16, jul/dez. p.20-45.
- Teixeira, E. C. (2002) *O papel das Políticas Públicas no Desenvolvimento Local e na Transformação da Realidade*. Recuperado el 12 maio 19 de: http://www.fit.br/home/link/texto/politicas_publicas.pdf
- Travassos, L. R. F. C.; Grostein, M. D (2013). A ocupação de fundos de vale urbanos em São Paulo e sua dimensão sócio-ambiental. *Anais: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional ANPUR*, 10, Recife- Brasil.
- Travassos, L. (2015). Cidade e água em São Paulo: a origem de um modelo de urbanização. XVI [Ciudad y agua en São Paulo: el origen de un modelo de urbanización. XVI] *Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional ANPUR – Espaço, Planejamento & Insurgência. Sessões Temáticas – Trajetórias das ideias, representações e experiências urbanísticas*. Belo Horizonte-Brasil.
- Trindade, A. L. C; Almeida, K. C. B.; Barbosa, P. E; Oliveira, S.M.A.C. (2017) Tendências temporais e espaciais na sub-bacia do Rio das Velhas. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* v.22, n.1, p 13-24.
- Tortora, G.J.; Funke, B.R.; Case, C.L. (2005) *Microbiologia*. Ed. Porto Alegre: Artmed. 322p.
- Tuan, Yi-Fu (1980) *Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*. Ed: DIFEL. São Paulo. 191p.
- Tucci, C. E. M. (1997) Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2, n. 2, jul./dez p. 5-12.
- Tucci, C. E. M.; Hespanhol, I. y Cordeiro Netto, O. de M (2003) - Cenário da gestão da água no Brasil: uma contribuição para "visão mundial da água". *Bahia análise & dados [Escenario de la gestión del agua en Brasil: una contribución a la "visión mundial del agua". Bahia análisis y datos]*, 1 (especial), p. 357-370.
- Tucci, C. E. M (2010) Urbanização e recursos hídricos. In: Bicudo, C. E. de M.; Tundisi, J. G.; Scheuenstuhl, M. C. B. *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica.

- Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales [UCES] (Buenos Aires) (2018) – *La cita y Referencia Bibliográfica – Guía Basada em las normas APA – 3ª ed, (rev.)* 59 p.
- Von Sperling, M. (2011) *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, UFMG, Vol 1, 452p.
- Vinatea-Arana, L. (1997). *Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões*. Florianópolis: UFSC. 166p
- Xavier, C. F. (2005) *Avaliação da Influência do Uso e Ocupação do Solo e de Características Geomorfológicas sobre a Qualidade das Águas de dois Reservatórios da Região Metropolitana de Curitiba – Paraná*. 167 f. [Dissertação de Mestrado] - Curso de Ciências do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-Brasil.

Capítulo VIII - Anexos



Foto 1: Medición del caudal por el método del flotador. Foto del autor (25 Ago 18).



Foto 2: Toma de muestras y mediciones *in situ*. Fotos: Erico Suzuki (25 Ago 18).

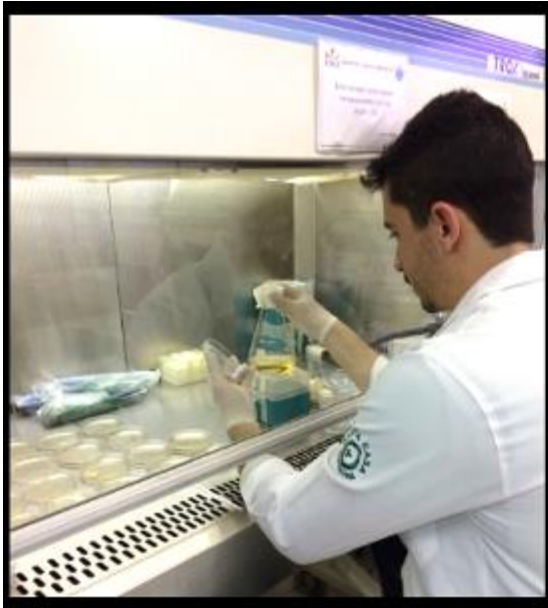


Foto 3: Análisis físico-químicas y microbiológicas en laboratorio. Fotos: Aline Mendonça (Septiembre/2018).

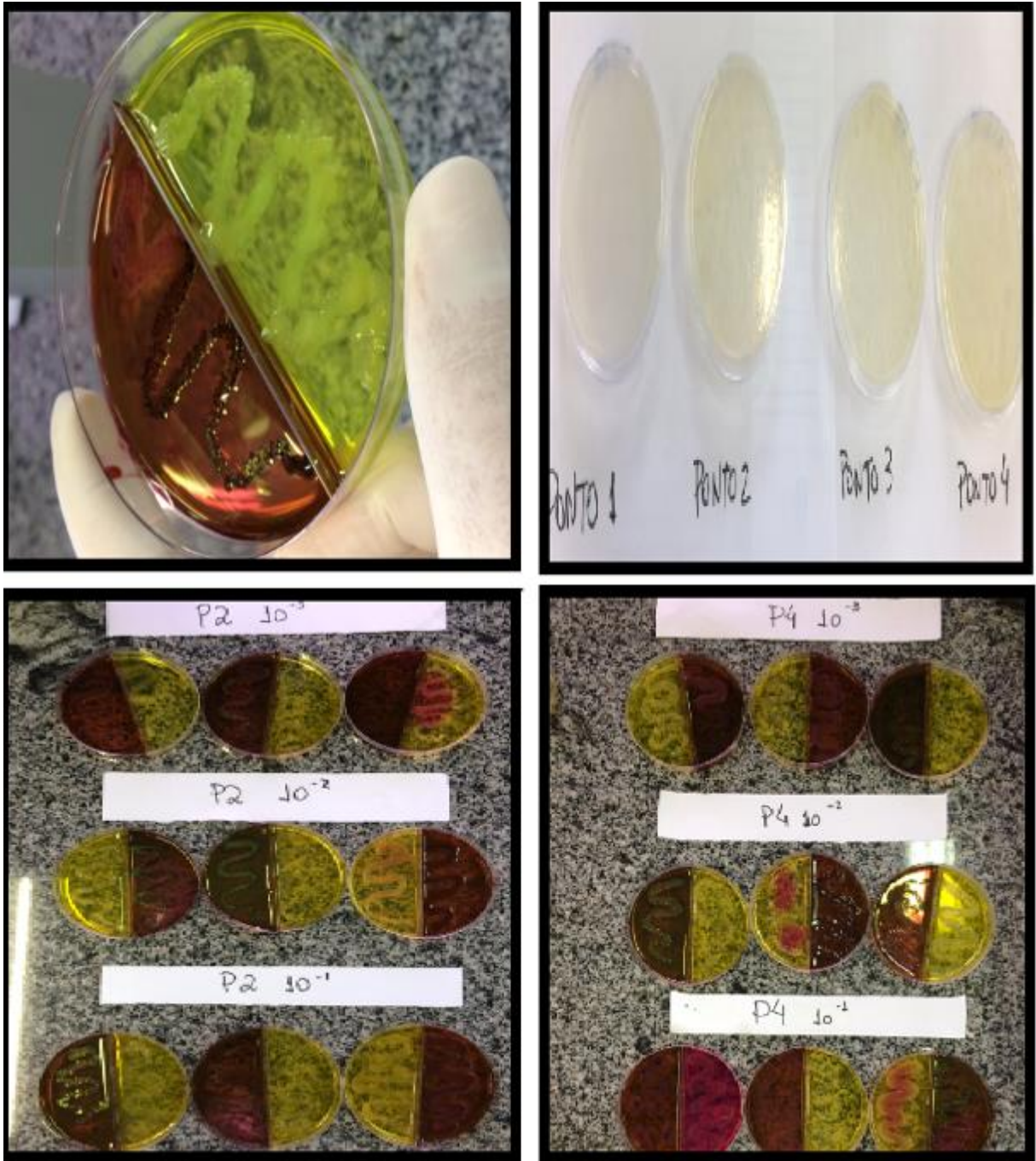


Foto 4: Resultados bacteriológicos. Fotos del autor (Ene/2019).



Foto 5: Situación del tramo medio del Arroyo *Mirassol*. Fotos del autor (Ago/2018).



Foto 6: Avanzo de la urbanización al Arroyo *Mirassol*. Fotos: *Coordenadoria de Defesa Civil da Cidade de São Paulo* (Mar/2018).