



# CARRERA DE POSGRADO DE ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA

## TRABAJO FINAL

### **“EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA TOMA CAPTACIÓN PLANTA POTABILIZADORA CIUDAD DE ROSARIO”**

Alumno: Bioq. Valeria Ferrer  
Director: Ing. Mg. Ana María Ingalinella

Fecha: Mayo 2025

## Índice

1. Introducción.....	3
2. Objetivos	
2.1 General.....	6
2.2 Específicos.....	6
3. Plantas potabilizadoras de agua superficial	
3.1 Generalidades.....	7
3.2 Descripción civil toma de captación Planta Potabilizadora Rosario.....	9
3.3 Descripción civil toma de captación Planta Potabilizadora G. Baigorria.....	11
4. Evolución del caudal del río Paraná	
4.1 Generalidades.....	12
4.2 Bajante extraordinaria período 2020/2022.....	15
5. Normativa de calidad de fuentes de abastecimiento de agua superficial.....	17
6. Metodología	
6.1 Generalidades.....	20
6.2 Desarrollo de la metodología.....	24
7. Resultados de la calidad del agua superficial de captación	
7.1 Toma Planta Potabilizadora Rosario.....	27
7.2 Toma Planta Potabilizadora Granadero Baigorria.....	41
7.3 Comparación de la calidad del agua superficial entre tomas de captación.....	55
7.4 Influencia de la altura del río Paraná en la calidad del agua superficial.....	58
8. Relevamiento de vertidos residuales aguas arriba tomas de captación .....	60
9. Conclusiones y recomendaciones.....	65
10. Bibliografía.....	69
11. Anexos.....	70

## 1. Introducción

La provincia de Santa Fe, al noreste de Argentina, se ubica en la región hidrogeológica denominada Llanura Chaco Pampeana. El principal recurso hídrico de la región es el Río Paraná que se extiende en el límite este de la provincia, a lo largo de más de 800 km.



Fig. 1. Ubicación satelital provincia de Santa Fe



Fig. 2. Recorrido del río Paraná

Este río, con una longitud de 4880 km desde su nacimiento en Río Grande (Brasil), de la confluencia de los ríos Grande y Paranaíba, es el segundo en América del Sur, luego del Amazonas. Posee un caudal medio de 17.000 m<sup>3</sup>/s y se lo clasifica como río “aluvial”, transportando sedimentos suspendidos hacia otras cuencas.

En su desembocadura en el río de La Plata, el Paraná conforma un “delta” en constante crecimiento, producto de los sedimentos que aportan, principalmente, los ríos Paraguay y Bermejo. Al desembocar en otro río, dicho delta tiene la particularidad de ser totalmente de agua dulce, a diferencia de otros grandes deltas del mundo.

El Delta del Paraná, con 14 000 km<sup>2</sup> y una longitud de 320 km desde Diamante hasta su desembocadura, se divide en tres grandes regiones: el Delta Superior (desde Diamante, Entre Ríos, hasta Villa Constitución, Santa Fe), el Delta Medio (desde Villa Constitución hasta Ibicuy, Entre Ríos) y el Delta Inferior o en formación (desde Ibicuy hasta la desembocadura).



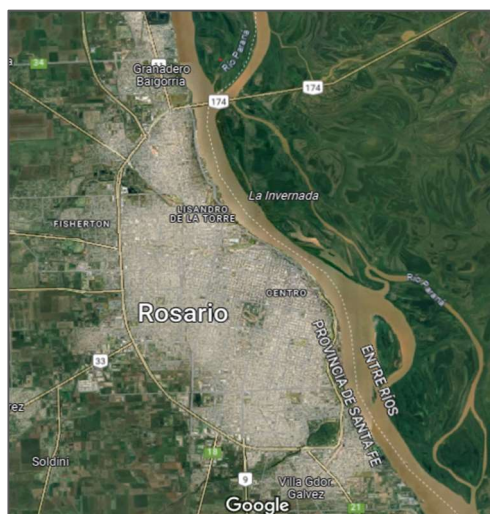
**Fig. 3. Delta del Paraná**

Entre sus diversos usos: transporte fluvial; energía hidroeléctrica; pesca; deportes náuticos y turismo, por citar los más ponderables, el Paraná es la principal fuentes de agua superficial para consumo humano de la región. En la actualidad, decenas de localidades se abastecen de éste y de dos de sus brazos principales (Río Coronda y Río San Javier), entre las cuales se encuentran las ciudades más importantes del territorio provincial, Santa Fe y Rosario, abarcando entre ambas el 50% de su población.

La ciudad de Rosario, con una población servida de aproximadamente un millón de habitantes, se abastece de agua para consumo a partir de dos Plantas Potabilizadoras (PP). Una de ellas se ubica en la ciudad homónima, y la otra en la localidad de Granadero Baigorria, lindante a Rosario por el norte, conformando junto a otras el denominado Gran Rosario.



**Fig. 4. Mapa Gran Rosario**



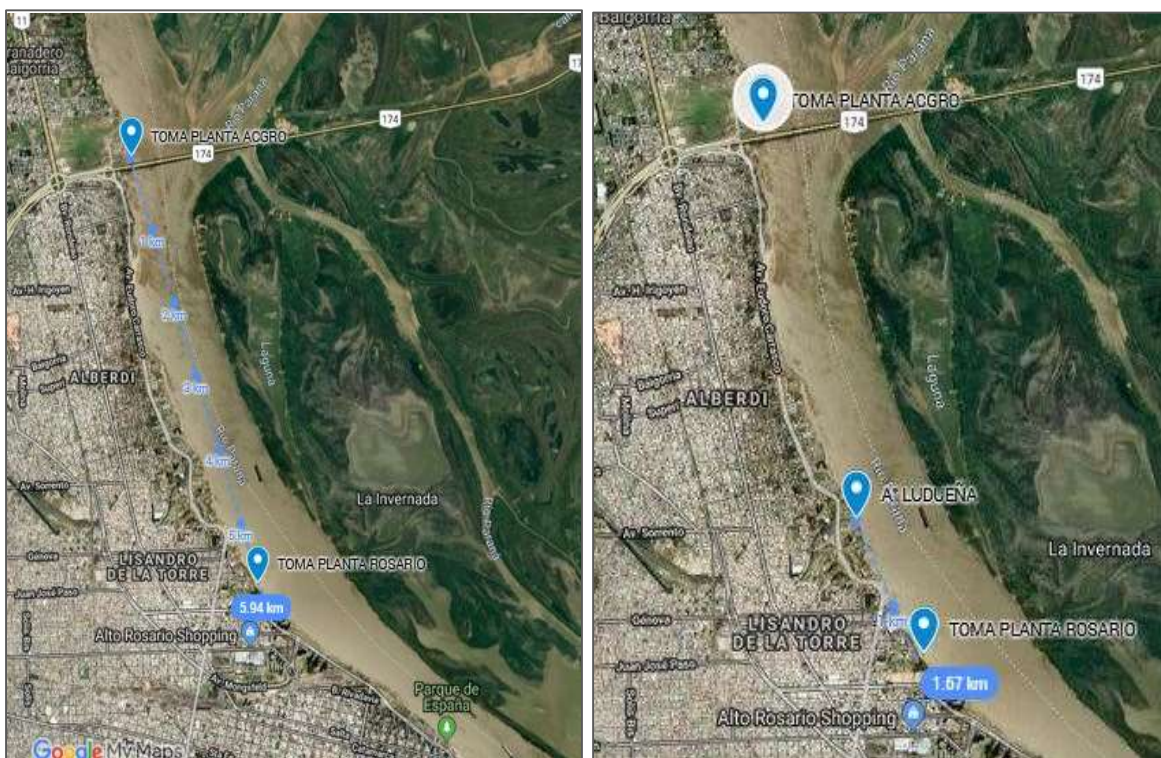
**Fig. 5. Imagen satelital Rosario y G. Baigorria**

Si bien el incomparable caudal del Paraná (17.000 m<sup>3</sup>/s) da la idea de que este río sería capaz de depurar toda contaminación vertida, cabe considerar que en el tramo del Delta Superior recibe en forma continua efluentes industriales, descarga de líquidos cloacales, escorrentías de una amplia zona agrícola-ganadera y aportes contaminantes de RSU inadecuadamente gestionados.

Un caso particular a tener en cuenta en este tramo del Paraná, es el aporte del arroyo Ludueña, que a su vez recibe el vertido de los Canales Ibarlucea y Salvat. Es públicamente conocido el grado de contaminación de la cuenca del Ludueña y han sido poco exitosas las medidas de mitigación y/o recuperación adoptadas durante los últimos años, con el fin de lograr depurar sus aguas.

Este curso superficial, con un caudal medio de 2.7 m<sup>3</sup>/s, confluye en el río Paraná a la altura del barrio Arroyito de la ciudad de Rosario, a poco más de 1,5 km aguas arriba de la toma de captación Planta Potabilizadora Rosario (PPR), y 5 km aguas abajo de la toma de captación Planta Potabilizadora Granadero Baigorria (PPGB).

A su vez, aguas arriba de la toma PPR existen conductos de descarga pluvial provenientes de la zona norte de Rosario, con posibles conexiones cloacales clandestinas.



**Fig 6. Ubicación satelital y distancias entre tomas de captación PPR, PPGB y descarga A° Ludueña**

Décadas atrás, estudios de evaluación de la dispersión de contaminantes en el río Paraná, en el tramo ciudad de Rosario, demostraron que la pluma contaminante se ubica en la margen derecha de este curso superficial (DIPOS, 1994). En particular, los indicadores bacteriológicos de contaminación fecal marcaron una notoria diferencia en sus concentraciones respecto del tramo medio y margen izquierda del río.

Lo descripto denota un alto grado de exposición de la toma de captación PPR a fuentes de contaminación, principalmente microbiológicas, subestimadas por la magnitud característica del caudal de este recurso hídrico y su capacidad de dilución atribuida.

Esta situación podría magnificarse si se considera la bajante extraordinaria de la cuenca del Paraná durante el trienio 2019-2022, reduciendo hasta tres veces su caudal medio. Entre sus múltiples causas se pueden citar la marcada disminución en el régimen hidrológico, la deforestación y los cambios en la utilización del suelo. En el año 2021, este fenómeno justificó el decreto nacional N° 482/21 “Estado de Emergencia Hídrica en la región de la Cuenca del Paraná” y prorrogado durante 2022.

Ante esta situación, vale resaltar que los Planes de Seguridad del Agua (PSA), acorde a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecen como uno de los pilares fundamentales para el abastecimiento de agua segura para consumo humano, la protección de las fuentes de agua utilizadas.

## **2. Objetivos**

### **2.1 General**

Evaluar la evolución de la calidad del agua superficial de las tomas de abastecimiento para consumo Planta Potabilizadora Rosario (PPR) y Planta Potabilizadora Granadero Baigorria (PPGB) durante la década (2013-2023).

### **2.2 Específicos**

- Realizar un diagnóstico de la calidad del agua superficial de las tomas de abastecimiento PPR y PPGB.
- Comparar la calidad del agua superficial entre ambas tomas de abastecimiento.
- Releva puntos críticos de contaminación aguas arriba de la/s toma/s de abastecimiento, que podrían afectar la calidad del agua superficial, en particular la correspondiente a la PPR, ubicada aguas abajo del A° Ludueña.

### 3. Plantas potabilizadoras de agua superficial

#### 3.1 Generalidades

El agua puede contener diferentes agentes nocivos para la salud, principalmente derivado de las distintas actividades antrópicas. La OMS establece que el agua potable no debe contener patógenos, químicos, agentes físicos o material radioactivo que puedan afectar la salud de las personas.

Una operación unitaria es un proceso químico, físico o biológico mediante el cual las sustancias objetables que contiene el agua son removidas o transformadas en sustancias inocuas. Entonces, una planta de potabilización es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover los contaminantes presentes en el agua cruda, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas para agua de consumo humano u otros usos.

La elección del sistema de tratamiento dependerá del tipo de fuente de captación, de la calidad del agua proveniente de la misma y de su variabilidad a lo largo del año. Si la fuente está contaminada por el aporte de excretas, el tratamiento debe oponer barreras múltiples para la remoción de microorganismos patógenos, garantizando protección.

El agua del río Paraná (aluvial) presenta turbiedad y color muy variables estacionalmente. Tanto la PPR como la PPGB se clasifican como plantas potabilizadoras de filtración rápida completa. Este tipo de plantas están integradas por la combinación secuencial de los procesos coagulación-floculación; decantación; filtración rápida y desinfección/alcalinización (Fig. 7).

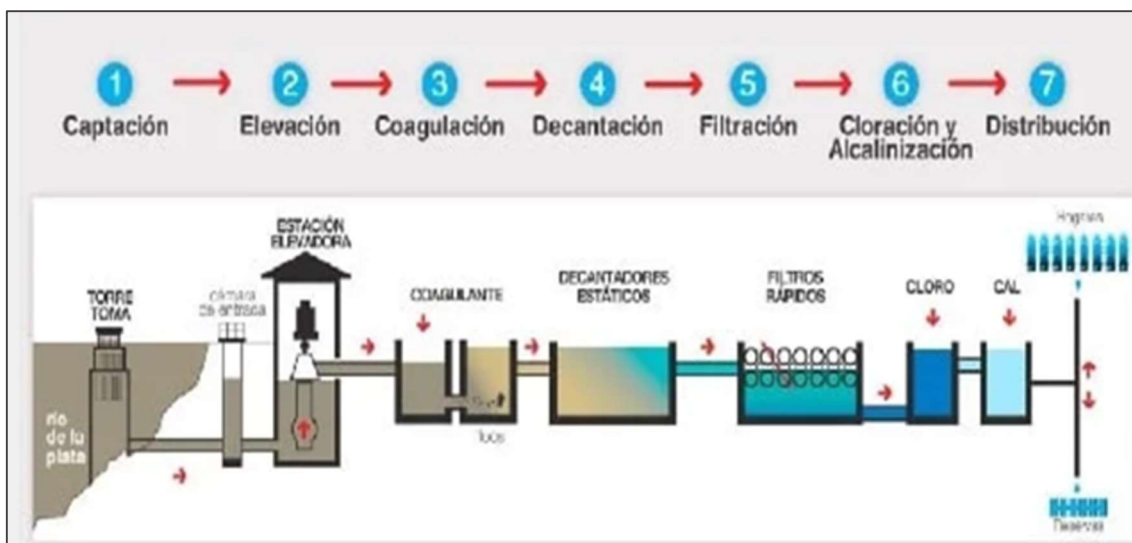


Fig 7. Diagrama de potabilización

A continuación, se describen brevemente las generalidades de estos procesos unitarios implicados en la potabilización del agua superficial:

El proceso de coagulación-floculación se aplica para lograr eliminar partículas coloidales, en suspensión natural, presentes en el agua superficial. Se realiza en dos etapas: una fuerte agitación del agua para obtener una dispersión instantánea de la sustancia coagulante en toda la masa de agua (coagulación), seguida de una agitación lenta para promover la aglomeración y crecimiento de los flóculos (floculación).

La coagulación-floculación tiene la finalidad de promover la remoción de estas partículas coloidales en el proceso de decantación posterior, en el cual los flóculos sedimentan por acción de la gravedad al haber adquirido un tamaño considerable durante el proceso de floculación.

El proceso de filtración desempeña una labor de pulimento final del agua decantada. Para lograr esta eficiencia, la turbiedad del agua en la salida de los decantadores debe ser de 2 UNT como máximo. Cada filtro debe producir un efluente con una turbiedad menor o igual a 0,10 UNT para garantizar que esté libre de quistes de protozoos (parásitos unicelulares) no eliminados por la cloración del agua (EPA).

La filtración rápida, así como el empleo de la coagulación-floculación, son procesos cuya operación demandan recursos humanos capacitados y pruebas de ensayo diarias para la dosificación de insumos químicos y la operación de los filtros, según las condiciones del agua superficial.

Finalmente, el proceso de desinfección final, presente en todo proceso de potabilización, tiene la función principal de completar la remoción de microorganismos patógenos no retenidos en los procesos anteriores, y simultáneamente de servir de protección contra la contaminación del agua en la red de distribución.

La cloración, en la forma en que normalmente se aplica en los procesos de potabilización, solo tiene la capacidad de eliminar bacterias. Para remover quistes de protozoos se requieren dosis de hipoclorito muy elevadas y tiempos de contacto muy extensos, que hacen impracticable el proceso de potabilización. Por lo tanto, una combinación de procesos de decantación y filtración eficientes logra producir agua potabilizada exenta de estos microorganismos patógenos.

Dados los objetivos del presente trabajo, a continuación se describirán las obras civiles de captación de agua superficial de las plantas potabilizadoras seleccionadas.

### 3.2 Descripción toma de captación Planta Potabilizadora Rosario

La PPR es una planta de filtración rápida completa y abastece a gran parte de la localidad de Rosario, Funes y Villa Gobernador Gálvez. Cuenta con dos obras de toma, A y suplementaria, para captación del agua del río Paraná (Figuras 8 y 9).



Fig 8. Ubicación satelital Planta Potabilizadora Rosario (PPR)- Tomas de captación gorefereenciadas

La toma antigua (toma A), data renovada del año 1965, consiste en una plataforma de H°A° que permite el alojamiento de un sistema de 2 rejillas de limpieza y recambio manual, que protegen la boca de la cañería de aducción de 2,60 m de diámetro.

Esta cañería se encuentra ubicada a 0,925 m IGM de profundidad, apoyada sobre el lecho del río y a 70 m de la zona de barrancas de la costa (Figura 9b). Por ésta se transporta el agua por gravedad hasta la cámara de bombeo "A", la que mediante 8 bombas (5 bombas de 3.000 m<sup>3</sup>/h cada una y 3 bombas de 5.000m<sup>3</sup>/h), con motores de 250 kVa, impulsan el agua hasta la cámara de carga, con una altura de elevación de 18 mca.

La toma suplementaria, data del año 1999 y está ubicada al lado de la toma antigua A. Consiste en un pontón de acero, del tipo flotante, que aloja 4 bombas de impulsión, 2 sumergibles y 2 del tipo centrífuga horizontal, con capacidad total de bombeo de 4.600 m<sup>3</sup>/h. Las bombas están montadas sobre el pontón, que tiene capacidad de subir o bajar, deslizando sobre 4 patas de apoyo y que se puede modificar a voluntad según la altura del río. El agua es conducida por bombeo mediante una tubería de PRFV de diámetro 800 mm, hasta la Cámara de Carga.



**Fig 9a. Imagen tomas de captación A y Suplementaria (PPR)**



**Fig 9b. Imagen acceso a tomas de captación y cañería conducción (PPR)**

La capacidad de tratamiento de agua cruda total prevista es de 26.000 m<sup>3</sup>/h, estimando una producción de agua potable de aprox. de 25.000 m<sup>3</sup>/h.

Desde el mes de marzo del año 2020 se inició un proceso de marcada bajante de las alturas del Rio Paraná. Según fuentes bibliográficas este fenómeno se explica, entre otras causas, a partir de las lluvias muy por debajo de lo normal en la parte alta de la cuenca, en Paraguay y Brasil. Este tema se profundiza en el ítem 4.2.

A continuación se realiza una breve reseña de las principales obras de mejoras implementadas por ASSA en relación a la confiabilidad de su capacidad de captación en la toma PPR durante el período de bajante 2020-2021:

- Incorporación de 2 bombas sumergibles en pontón flotante (500 m<sup>3</sup>/h c/u).
- Alquiler pontón flotante con 3 bombas centrífugas de 1400 m<sup>3</sup>/h c/u.
- Recambio bomba en Estación A con aumento capacidad de bombeo a 5000 m<sup>3</sup>/h.
- Instalación en pontón flotante de 1 bomba de 1200 m<sup>3</sup>/h y futura incorporación de dos más de ser necesario. (Fuente: Gerencia de Operación e Infraestructura del Servicio, ENRESS, 2021).

### 3.3 Descripción toma de captación Planta Potabilizadora Go. Baigorria

La PPGB es una planta de filtración rápida completa y abastece mediante el Acueducto Gran Rosario (ACGRO), en su primera etapa de diseño, a las ciudades de Granadero Baigorria y Capitán Bermúdez, además de mejorar la presión y caudales en algunos barrios de Rosario. Se puso en funcionamiento en septiembre de 2015.

Cuenta con una obra de toma para captación de agua superficial del río Paraná, cercana al puente Rosario-Victoria y a 6 km de distancia de la toma para captación de agua de la ciudad de Rosario (Figura 10).

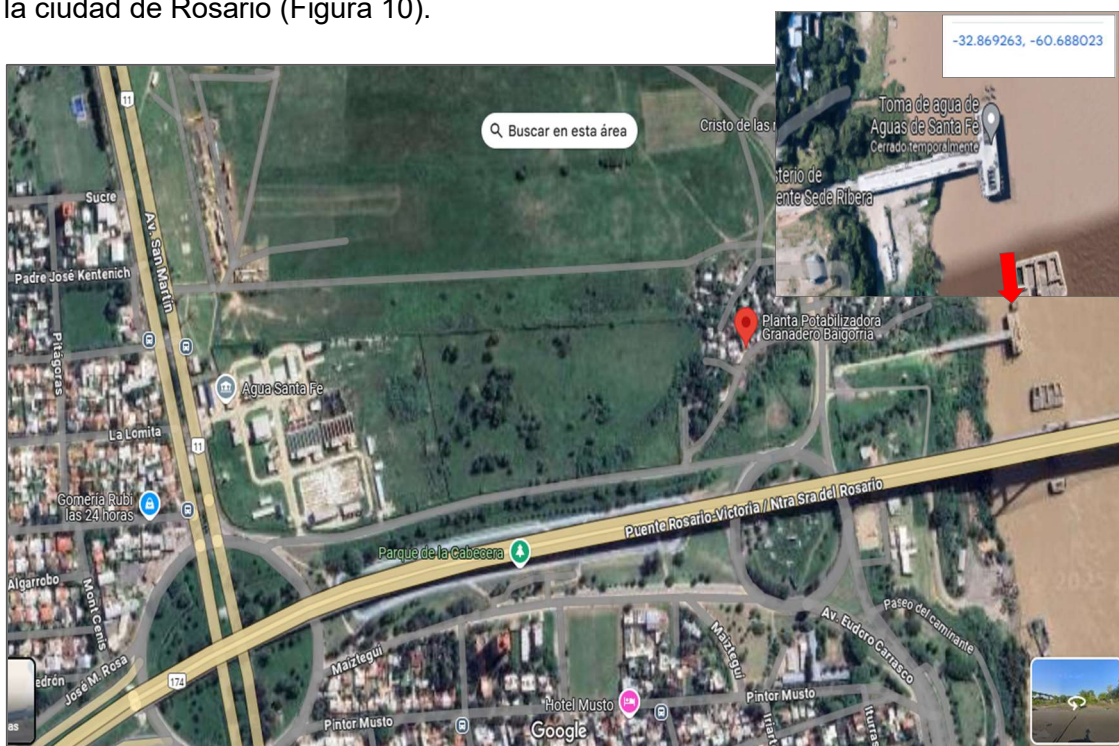


Fig 10. Ubicación satelital Planta Potabilizadora G. Baigorria - Toma de captación georeferenciada

La toma es del tipo muelle equipada con dos bombas de 8.000 m<sup>3</sup>/h cada una, con variadores de velocidad, ubicadas del lado sur del muelle (Figura 11). Las condiciones operativas de bombeo consisten en utilizar una bomba y mantener la otra en reserva. La capacidad de tratamiento de agua cruda prevista en la primera etapa es de 6.250 m<sup>3</sup>/h, estimando una producción de agua potable de 5.600 m<sup>3</sup>/h.

A diferencia de la PPR, no se ha mostrado afectación en la capacidad de captación de agua superficial durante la bajante extraordinaria 2020-2022. No se realizaron cambios ni adaptaciones en la tomas de captación de agua superficial durante el período mencionado.



**Fig 11.Imagen toma de captación y conducción (PPGB)**

La PPGB se encuentra en etapa I de ampliación con otra línea de tratamiento que impacta sobre el Acueducto Gran Rosario (ACGRO), y permitirá duplicar la capacidad de producción de esta PP a 12.000 m<sup>3</sup>/h, para abastecer a otras localidades de la zona beneficiando a una población total estimada de 829.215 habitantes. La obra asegura la provisión de agua potable para la región hasta el año 2050.

A continuación, se describen el conjunto de obras a desarrollar, a saber:

- Ampliación del sistema de bombeo existente de agua cruda, incrementando el mismo en una bomba de idénticas características a las descritas.
- Construcción de un segundo módulo de tratamiento, con dos sub módulos de coagulación y decantación de alta tasa.

Luego, en una futura etapa II, la obra de ampliación consiste en el sistema de conducción, almacenamiento e impulsión del agua producida en PPGB, para mejorar la provisión en Rosario zona oeste (Fuente: Informe ENRESS 2023, ASSA).

#### **4. Evolución del caudal del río Paraná**

##### **4.1 Generalidades**

Puede afirmarse que los caudales del río Paraná se originan mayoritariamente a partir de las lluvias que se producen en las cuencas tributarias del Alto Paraná, ríos Iguazú y Paraguay.

La superposición de las respuestas hidrológicas de las subcuencas de los ríos Alto Paraná y Paraguay, con cierre en la zona de la confluencia de ambos ríos en Corrientes,

gobiernan el régimen hidrológico del río Paraná propiamente dicho en su extenso recorrido por territorio Argentino. A partir de dicha confluencia y hasta la desembocadura en el Río de la Plata, los aportes laterales de la cuenca en ese sector del río Paraná, no tienen influencia significativa en el régimen hidrológico del mismo.

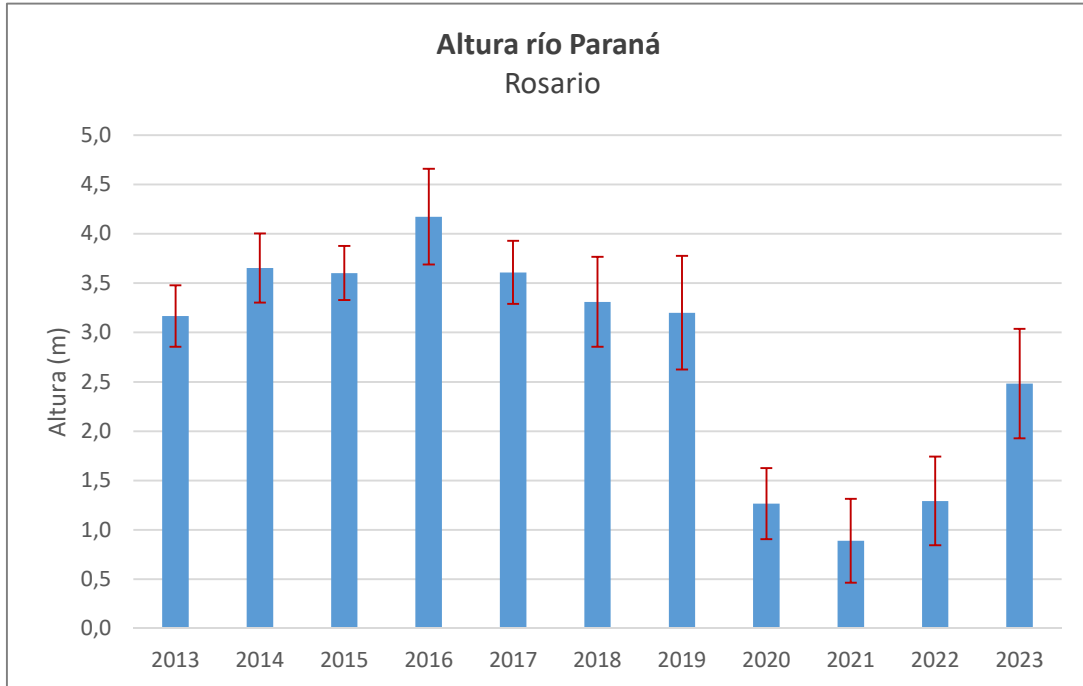
Concluyendo, el 90 % del caudal que circula por el río Paraná en el tramo argentino, es generado fuera de nuestro territorio, en la parte alta de la cuenca Paraguay y Brasil. El cambio en el régimen hidrológico repercute ciertamente en el comportamiento de los niveles hidrométricos máximos y mínimos. Este comportamiento se verifica a lo largo de todos los hidrómetros localizados en el tramo argentino del río Paraná, incluido el hidrómetro Rosario.

En la tabla 1, se muestra el promedio de la altura del río Paraná con su desviación estandar asociada y máximos y mínimos anuales, período 2013-2023, según mediciones diarias del hidrómetro Rosario (Fuente: Centro de Informaciones Meteorológicas (CIM), Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral). La altura del río Paraná medida en hidrómetro Rosario se hará extensiva a la de la localidad vecina de Granadero Baigorria, dado que las toman distan unos 6 km.

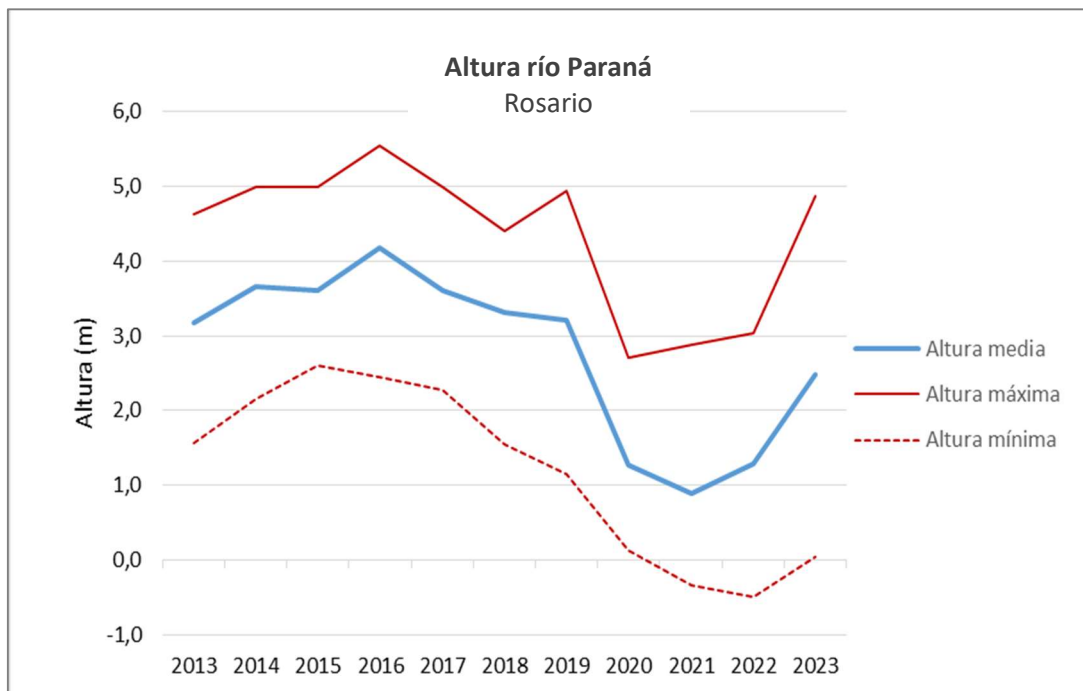
**Tabla 1. Altura media del río Paraná período 2013-2023**

<b>ALTURA RÍO PARANÁ - Hidrómetro Rosario</b>				
<b>Año</b>	<b>Media anual</b>	<b>Desviación estandar</b>	<b>Máximo anual</b>	<b>Mínimo anual</b>
<b>2013</b>	3,17	0,62	4,62	1,56
<b>2014</b>	3,65	0,70	4,98	2,16
<b>2015</b>	3,60	0,55	4,98	2,61
<b>2016</b>	4,17	0,97	5,55	2,44
<b>2017</b>	3,61	0,64	4,98	2,28
<b>2018</b>	3,31	0,91	4,4	1,55
<b>2019</b>	3,20	1,15	4,93	1,14
<b>2020</b>	1,27	0,72	2,70	0,13
<b>2021</b>	0,89	0,85	2,88	-0,33
<b>2022</b>	1,29	0,90	3,03	-0,49
<b>2023</b>	2,48	1,11	4,86	0,04

A continuación, en los gráficos 1 y 2, se detallan la evolución del promedio anual de la altura del río Paraná con su desvío estandar correspondiente, y los máximos y mínimos anuales asociados a cada media, respectivamente.



**Gráfico 1. Evolución del promedio anual de la altura del río Paraná con desviación estándar**



**Gráfico 2. Evolución anual de la altura media, máxima y mínima del río Paraná**

## 4.2 Bajante extraordinaria período 2020-2022

Durante el trienio 2020-2022 se verificó una bajante del río Paraná de gran magnitud, con antecedentes al año 1944 (gráfico 3), según publicaciones de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas respecto a esta temática (Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario, 2022).

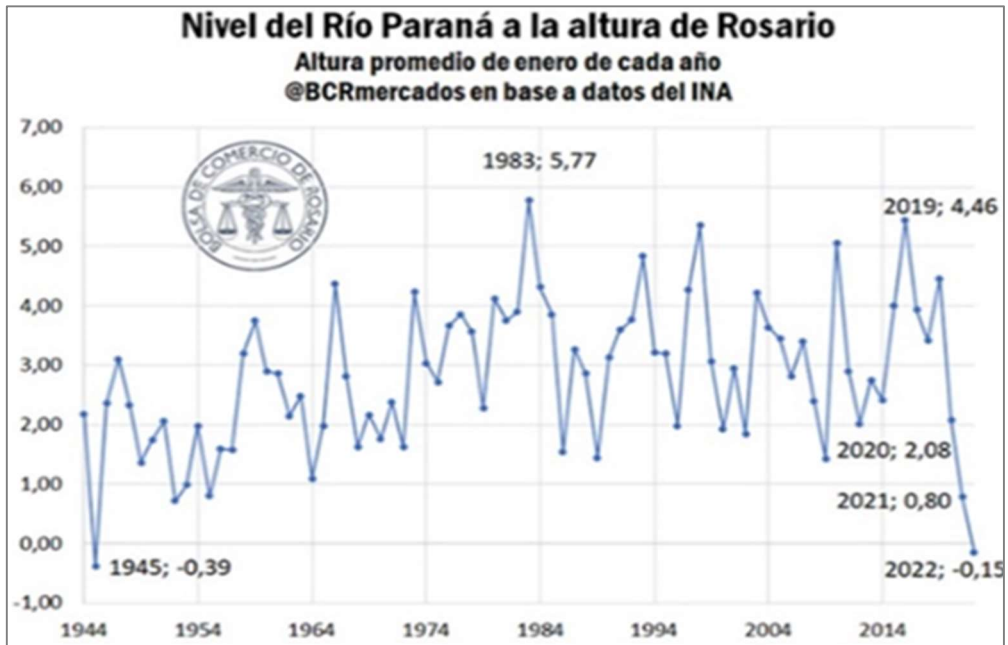


Gráfico 3. Niveles hidrométricos históricos del Río Paraná altura Rosario

Extendiendo el rango histórico de mediciones, en el gráfico 4 se presentan los niveles hidrométricos máximos y mínimos anuales del hidrómetro Rosario (Basile P., 2020).

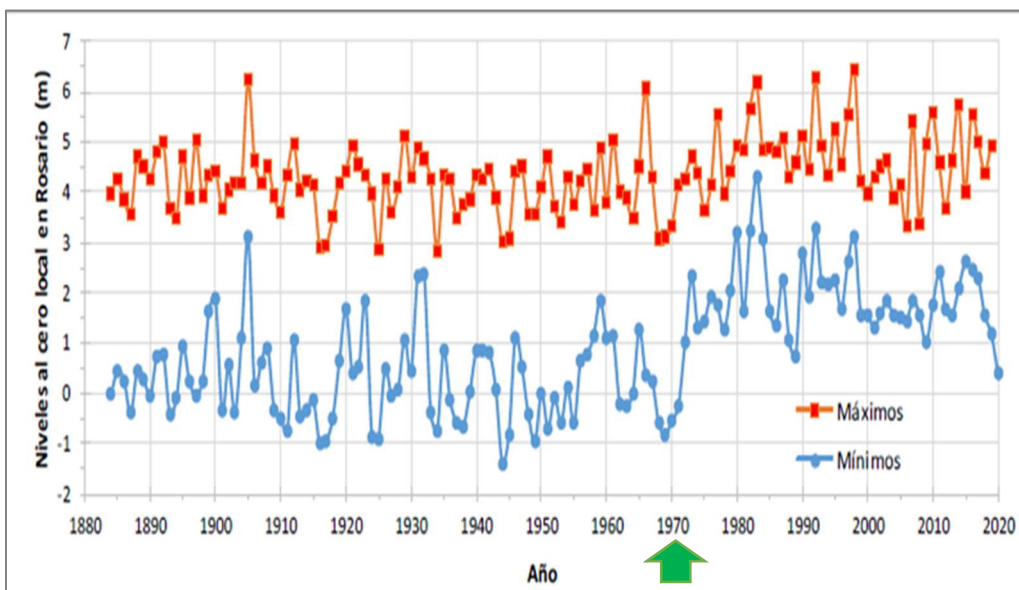


Gráfico 4. Niveles hidrométricos máximos y mínimos anuales en Rosario (km 416)

Como se puede observar en el gráfico 4, a partir de la década del '70 se produjo un cambio en la tendencia central de la serie de niveles máximos y mínimos anuales, con un aumento del valor medio debido a múltiples causas que interactúan en lo que se conoce como Cambios Globales: variabilidad y cambio climático, cambio de uso del suelo, construcción de presas y otros. Como consecuencia, la bajante estudiada es extraordinaria considerando solo los últimos 50 años de mediciones (Paoli, 2021).

El fenómeno de esta última bajante ocurrida en la región, se explicaría a partir de las lluvias muy por debajo de la media en la parte alta de la cuenca, en Paraguay y Brasil. Además, las represas hidroeléctricas que existen en esas zonas mantuvieron erogaciones de caudal muy modestas, para administrar la capacidad de almacenamiento para producción de energía.

Luego del repunte ocurrido entre los meses de Octubre y Noviembre de 2022, se dió otro proceso de bajante dando lugar a un verano 2023 crítico, con valores que fluctuaron alrededor del 0. A partir de marzo de 2023 comenzó un nuevo repunte, que aún con oscilaciones varias hasta el mes de Octubre 2023, no llegó a alcanzar mínimos como los dados en el trienio 2020/2022.

De acuerdo a los pronósticos, luego de la primavera de 2022 se habría ingresado en una fase de finalización de la situación de bajante extraordinaria que ha presentado el río desde finales del año 2019. Ésto estaría en línea con el análisis histórico de los estiajes del río que presentan Paoli et al (2021) y beneficiaría a todas las localidades, puertos y complejo industrial del Gran Rosario, ubicados sobre el Río Paraná (Fuentes: FICH-UNL y Bolsa de Comercio Rosario, 2023).

Concluyendo, si bien la situación de bajante de la cuenca del Paraná creó distintos tipos de problemas y/o afectaciones, a decir, navegación fluvial; tomas para abastecimiento de agua; morfodinámica fluvial y otras actividades antrópicas, la misma no escapa a la realidad de estos cursos superficiales que siempre estarán sujetos a crecidas y a bajantes extraordinarias.

Cabría dilucidar si estas grandes fluctuaciones hacia los niveles mínimos hidrométricos del río (caudales) afectan la calidad del agua utilizada para abastecimiento de las tomas de captación de plantas potabilizadoras de agua. Este tema se profundiza en el ítem 7.4 de esta monografía.

## **5. Normativa de calidad de fuentes de abastecimiento de agua superficial**

Las fuentes de abastecimiento de agua superficial deben considerarse como un ecosistema, cuyas características pueden variar no solamente en forma estacional sino también a lo largo de los años durante los cuales se las utiliza, tal como se desarrolló en el ítem 4.

La elección de una fuente de agua para captación en tomas de plantas potabilizadoras, además de responder a los requerimientos que demanda el uso de agua de bebida, también debe prever la aparición de problemas que, con el tiempo, puedan hacer inviable la tecnología de tratamiento adoptada. El factor económico puede hacer que un sistema de tratamiento determinado no sea factible. El crecimiento urbano e industrial previsto, así como los usos del suelo actual y futuro en la cuenca hidrográfica, brindan elementos necesarios para trazar un cuadro preliminar que permita decidir sobre la conveniencia de adoptar un cuerpo de agua como fuente de abastecimiento.

En nuestro país, puede tomarse como marco de referencia para la calidad de fuentes de agua para consumo humano a los niveles guía de la Delegación Argentina ante la Comisión de Calidad de Aguas del Tratado de la Cuenca del Plata, y los niveles guía de calidad para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional del Anexo II del Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley de Residuos Peligrosos N° 24.

Cabe señalar, que la provincia de Santa Fe carece de normativa que establezca niveles guías de calidad para distintos usos de los cursos de agua superficiales.

En particular, a partir del año 2007 rige el Contrato de Vinculación Dec.1358/07 y Resolución Ministerial 191/07-M.O.S.P.V, celebrado entre el gobierno provincial y la empresa Aguas Santafesinas S.A (ASSA).

ASSA es la prestadora del servicio de agua para consumo y desagües cloacales en 15 localidades de la provincia, dentro de las cuales se incluyen las ciudades de Rosario y Granadero Baigorria A la vez, a partir del año 2010 la empresa es el operador de grandes acueductos de distribución de agua potable en esa provincia (<https://www.aguassantafesinas.com.ar/portal/>).

En el Anexo 1.2.3 del Contrato de Vinculación, se establece la normativa de calidad de fuentes superficiales destinadas a potabilización por procesos convencionales, dentro del ámbito de concesión Aguas Santafesinas S.A. A continuación, se adjunta el anexo donde se listan los parámetros de control con sus límites respectivos (Figuras 12).

**NORMAS DE CALIDAD DE FUENTES SUPERFICIALES DESTINADAS  
A POTABILIZACION POR PROCESOS CONVENCIONALES**

A. PARAMETROS ORGANOLEPTICOS			
	PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO TOLERABLE
1	COLOR	mg/l escala Pt/Co	100

B. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS			
	PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO TOLERABLE
2	pH	Unidades de pH	6,5 < pH < 8,5
3	CLORUROS	mg/l Cl	250
4	SULFATOS	mg/l SO <sub>4</sub>	200
5	MANGANESO	mg/l Mn	0,2
6	COBRE	mg/l Cu	1,0
7	ZINC	mg/l Zn	5,0
8	BARIO	mg/l Ba	1,0
9	AMONIO	mg/l NH <sub>4</sub>	0,7
10	NITROGENO (excluido el N en forma de nitritos y nitratos)	mg/l N	3,0
11	OXIDABILIDAD (permanganato de potasio)	mg/l O <sub>2</sub>	15
12	DETERGENTES ANIONICOS	mg/l	0,5
13	FOSFORO	mg/l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,7
14	OXIGENO DISUELTO	mg/l O <sub>2</sub>	≥ 5,0
15	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/l O <sub>2</sub>	5,0

C. SUSTANCIAS TOXICAS INORGANICAS			
	PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO TOLERABLE
16	ARSENICO	µg/l As	100
17	CADMIO	µg/l Cd	5
18	CROMO TOTAL	µg/l Cr	50
19	CIANUROS	µg/l Cn	50
20	MERCURIO	µg/l Hg	1
21	PLOMO	µg/l Pb	50
22	SELENIO	µg/l Se	10
23	ANTIMONIO	µg/l Sb	10
24	PLATA	µg/l Ag	50
25	ALUMINIO	µg/l Al	200
26	NITRATOS	mg/l NO <sub>3</sub>	45
27	FLUORUROS	mg/l F	1,5

Fig. 12. Anexo 1.2.3 – Contrato de Vinculación

D. SUSTANCIAS TOXICAS ORGANICAS Y PESTICIDAS			
	DETERMINANTE	UNIDADES	LIMITE MAXIMO TOLERABLE
28	HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES (HAP)	µg/l	0,2
29	HIDROCARBUROS TOTALES	µg/l	500
30	FENOLES	µg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	1,0
31	BENCENO	µg/l	10
32	TOLUENO	µg/l	500
33	ESTIRENO	µg/l	100
34	ETILBENCENO	µg/l	500
35	XILENO	µg/l	300
36	ALDRIN Y DIELDRIN	µg/l	0,03
37	CLORDANO (total de ismeros)	µg/l	0,3
38	DDT (total de ismeros)	µg/l	1
39	HEPTACLORO Y HEPTACLORO EPOXIDO	µg/l	0,1
40	GAMMA-HCH (Lindano)	µg/l	3
41	METOXICLORO	µg/l	30
42	MALATION	µg/l	190
43	METIL PARATION	µg/l	7
44	PARATION	µg/l	35
45	ATRAZINA	µg/l	2
46	GLIFOSATO	µg/l	900
47	ENDOSULFAN	µg/l	20
48	2-4-6 TRICLOROFENOL	µg/l	200

E. PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
	DETERMINANTE	UNIDADES	LIMITE MAXIMO TOLERABLE
49	COLIFORMES TOTALES	NMP por 100 ml (tubos múltiples)	5.000
		Nº por 100 ml (membrana filtrante)	5.000
50	COLIFORMES FECALES	NMP por 100 ml (tubos múltiples)	1.000
		Nº por 100 ml (membrana filtrante)	1.000

Fig. 12. Anexo 1.2.3 – Contrato de Vinculación (continuación)

## **6- Metodología**

### **6.1- Generalidades**

Para realizar un diagnóstico de la calidad del agua superficial de las tomas de captación en estudio, se recopilaron datos de parámetros microbiológicos y físico-químicos. La fuente de datos corresponde a la empresa Aguas Santafesinas S.A. (ASSA), prestador del servicio de agua para consumo de Rosario y Granadero Baigorria.

Los datos informados por la empresa son supervisados mensual y anualmente por el organismo contralor de los servicios sanitarios de la provincia de Santa Fe, el Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS-Ley 11220, 1995).

ASSA realiza determinaciones de varios otros parámetros además de los dispuestos en normativa (Anexo 1.2.3 del CVT). La selección de los parámetros microbiológicos a evaluar, se realizó de acuerdo a su importancia sanitaria y a su valor como indicador del proceso de potabilización: coliformes totales; *Escherichia coli*; plancton; quistes de protozoos patógenos (*Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia*) y bioensayos de toxicidad aguda del agua superficial con organismos cladóceros del género Daphnia.

Los parámetros físicoquímicos disponibles para la evaluación fueron numerosos, abarcando parámetros relacionados con el proceso de potabilización, con el grado de contaminación del agua superficial y con su impacto en la salud pública y en la aceptabilidad del agua por los usuarios, a decir: pH; turbiedad; conductividad; color; cloruros; alcalinidad; sulfatos; oxígeno disuelto; oxidabilidad; demanda bioquímica de oxígeno; demanda química de oxígeno; amonio; nitratos; nitritos; nitrógeno y fósforo; fluor; arsénico; detergentes; cianuros; hidrocarburos totales y policíclicos; fenoles; metales pesados y otros compuestos con toxicidad asociada como plaguicidas, compuestos derivados de la industria petroquímica como los BTEX y otros.

Para una interpretación posterior de los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad del agua superficial, a continuación se realiza una breve reseña del significado sanitario de los parámetros evaluados, según las “Guías para la calidad del agua potable” de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

- **Bacterias coliformes totales:** incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulados capaces de crecer en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares que fermentan la lactosa y producen ácido o aldehído en 24 horas a 35-37 °C.

Es un grupo de bacterias presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Incluye especies fecales y ambientales, es decir, algunas se excretan en las heces de personas y animales, pero son capaces de habitar y multiplicarse en el ambiente. Los géneros mayoritarios son: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*.

Significado sanitario: pueden estar presentes en aguas superficiales por su condición de bacterias ambientales, pero a mayor concentración se encuentran en éstas disminuyen su calidad para ser utilizada en el proceso de potabilización, y por ende, mayores los procesos necesarios para su remoción, ya que no deben estar presentes en el agua para consumo. Pueden usarse como indicadores de la eficiencia de potabilización y de cada uno de sus procesos unitarios y del estado sanitario del sistema de distribución de agua para consumo.

- **Coliformes termotolerantes (ex fecales)**: como un subgrupo de los coliformes totales, algunas bacterias son capaces de fermentar la lactosa a 44-45 °C, Dentro de este grupo, *Escherichia coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas/animales, respecto de otras especies que componen el grupo y raramente se encuentra en aguas superficiales en ausencia de contaminación fecal.

Significado sanitario: se considera que *E. coli* es el “indicador” de contaminación fecal del agua más adecuado. No es una bacteria patógena propiamente dicha, sino que su presencia en el agua indica presencia de bacterias patógenas entéricas.

En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli* (aprox 95%) por lo tanto, este grupo también se considera un indicador de contaminación fecal aceptable.

- **Plancton**: se refiere a aquellas formas microscópicas que tienen poca o ninguna resistencia a las corrientes y viven flotando libremente y suspendidos en las aguas naturales superficiales. Abarca un grupo de organismos muy diverso, tanto en sus aspectos morfológicos como fisiológicos, que incluye algas; cianobacterias; hongos; invertebrados y actinomicetos entre los más representativos.

Se divide en **fitoplancton**, grupo conformado por organismos fotosintéticos (autótrofos) y en **zooplancton** que comprende a los no fotosintéticos (heterótrofos).

Significado sanitario: pueden causar sabores, color, olor y turbiedad tanto en aguas superficiales como de consumo deteriorando su calidad, e interferir en los procesos de potabilización. Además de los problemas mencionados que podrían englobarse dentro de los problemas estéticos y organolépticos, algunos de estos organismos pueden

causar problemas sanitarios directos o indirectos, por ser portadores de microorganismos patógenos, o por la producción y liberación de toxinas al medio.

- **Protozoos:** es un grupo de parásitos unicelulares de morfología y movilidad variada y están entre las causas más comunes de infecciones y enfermedades de transmisión fecal-oral que afectan al ser humano y a otros animales. Los protozoos patógenos de mayor frecuencia poblacional en la región son *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum* y *Entamoeba histolítica*.

El control de la transmisión por el agua plantea retos importantes, porque la mayoría de los protozoos produce (oo) quistes que son extremadamente resistentes a los procesos de cloración del agua y se requieren procesos de filtración muy eficientes para su eliminación previa.

Significado sanitario: No deben estar presentes en el agua superficial y de consumo. Su presencia en el agua superficial significa contaminación fecal con organismos resistentes y desempeña una función importante en la transmisión de estos agentes patógenos.

Como generalidad, las bacterias coliformes (indicadores) y bacterias patógenas entéricas son mucho más sensibles que los virus y protozoos a la desinfección durante los procesos de potabilización del agua. La cloración en condiciones normales de operación, puede reducir en un 100 % las bacterias patógenas y ciertos virus entéricos, pero no elimina los (oo)quistes de parásitos, en particular, los del género *Cryptosporidium*. Las guías de la OMS establecen que no se puede confiar exclusivamente en el análisis de *E. coli* (o de coliformes termotolerantes), como indicador de la presencia o ausencia de virus y protozoos en sistemas de abastecimiento de agua para consumo.

En consecuencia, en un plan de seguridad del agua para consumo humano, para gestionar el riesgo potencial derivado de patógenos entéricos, en particular los protozoos, se recomienda añadir barreras múltiples previas a la desinfección del agua, que se pueden dividir en tres categorías:

- prevención de la contaminación de fuentes de agua por residuos humanos y animales.
- potabilización del agua mediante procesos de tratamiento adecuados y optimizados.
- protección del agua durante su almacenamiento y distribución a los usuarios.

Respecto a la interpretación sanitaria de los parámetros físico-químicos evaluados, también se refieren las “Guías para la calidad del agua potable” de la OMS:

- **pH:** no suele afectar directamente a los consumidores, pero es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, siendo su *valor óptimo generalmente de 6,5 a 9,5*. Pueden producirse valores de pH extremos como consecuencia de vertidos accidentales o florecimientos algales en el agua cruda.

- **Turbiedad:** causada por la presencia de partículas de materia, orgánica o inorgánica, propias del agua natural o derivadas de contaminantes vertidos a la fuente. Las partículas que componen la turbiedad pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular su proliferación. Por lo tanto, siempre que se someta al agua a un tratamiento de desinfección, su *turbidez debe ser baja (<0.5 UNT)*, para que el tratamiento sea eficaz. Además, la turbidez también es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento.

- **Color:** se debe a la presencia de materia orgánica (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales tiene una gran influencia en el color del agua. También puede proceder de la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales y puede ser el primer indicio de una situación peligrosa.

- **Cloruros:** pueden afectar a la aceptabilidad del agua de consumo. Las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua. Los umbrales gustativos para el anión cloruro están en el intervalo de 200 a 300 mg/l. Se presenta en el agua en concentraciones menores que las que pueden producir efectos tóxicos.

- **Alcalinidad:** es una medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos. (capacidad amortiguadora). Se debe principalmente a la presencia de sustancias disueltas que neutralizan *los ácidos*. Los tres iones alcalinos primarios presentes en el agua son: bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ )

Una alcalinidad alta puede causar un aumento descontrolado del pH y agua turbia. A su vez, un pH alto disminuye la efectividad del cloro y de otros tratamientos desinfectantes. Una alcalinidad baja hace que el pH sea poco estable, afectando a la efectividad del cloro/bromo, y por tanto al poder de desinfección-oxidación

- **Oxígeno disuelto:** su contenido en el agua superficial depende de la calidad (carga orgánica), temperatura, y grado de aireación natural. A mayor contenido de carga orgánica disminuye el OD por la actividad oxidativa de los microorganismos aeróbicos.

- **Oxidabilidad, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)** son medidas indirectas del contenido de carga orgánica del agua superficial. Determinando DBO y DQO en forma conjunta puede establecerse una diferenciación entre la materia orgánica biodegradable de la no biodegradable contenida en el agua superficial.

- **Amonio** es la forma ionizada del amoniaco ( $\text{NH}_3$ ). El amoniaco presente en el medio ambiente procede de procesos metabólicos bacterianos, de la producción industrial, así como de la desinfección con cloramina. Las concentraciones naturales en aguas subterráneas y superficiales *suelen ser menores que 0,2 mg/l*. La ganadería intensiva puede generar concentraciones muy superiores en aguas superficiales, por lo cual es un indicador de posible contaminación del agua con líquidos residuales o de exposición a excretas humanas/animales.

- **Nitratos y nitritos** podrían aparecer en concentraciones no deseadas en las aguas superficiales en regiones de explotación agrícola-ganadera intensa, debido al escurrimiento pluvial de los suelos expuestos a fertilizantes o contaminados con excretas de animales. Están presentes en la formulación de fertilizantes o son producto de la descomposición bacteriana completa (nitratos) o parcial (nitritos) de los compuestos nitrogenados presentes en las excretas humanas/animales.

- **Arsénico y Fluor** son contaminantes naturales de las aguas subterráneas, presentes en variada concentración según la composición geológica del acuífero, pudiendo generar toxicidad crónica. En general no se presentan en altas concentraciones en las aguas superficiales de la región en estudio.

## **6.2 Desarrollo de la metodología**

Como metodología general, para la evaluación de la calidad del agua superficial de captación de las tomas PPR y PPGB, se tabularon las medias mensuales informadas por ASSA de los distintos parámetros microbiológicos y físico-químicos pre-seleccionados según ítem 6.1. La cantidad de datos procesados correspondió a 3420.

La tabulación se realizó mediante programa EXCEL 2013. Se generó una planilla de cálculo y un gráfico de dispersión Excel por cada año del período 2013-2023 y por cada planta potabilizadora (PP). Debido al extenso número de estos gráficos, se agregaron como anexos en el ítem 11.

Solo a modo informativo, también se calcularon y tabularon las medias anuales y se realizó un gráfico de evolución interanual del período completo para cada PP.

Por otra parte, para el desarrollo de la estadística descriptiva con programa Minitab 14, se utilizaron las medias mensuales 2013-2023 de los distintos parámetros de calidad, alcanzando así un número muestral (n) significativo, aproximado o mayor a 100.

Se enfatizó en el análisis de los parámetros microbiológicos seleccionados del agua superficial de captación. En principio, se evaluaron la frecuencia de distribución de los datos y la normalidad de esa distribución. Luego, para cada parámetro se completó el estudio con gráficos de serie de tiempo, gráficos de caja, estimación del intervalo de confianza de la media (95%) y la correlación entre los mismos.

Para finalizar, se realizó un test “t de student” de dos muestras para la comparación de la calidad microbiológica del agua superficial de captación PPR y PPGB y un test de correlación de cada parámetro microbiológico con el nivel hidrométrico de la fuente.

En los siguientes párrafos, se resume brevemente el concepto teórico de las distintas herramientas utilizadas para el desarrollo estadístico (<https://support.minitab.com>):

- **Histograma** (histogram): es un gráfico que usa barras para simbolizar la distribución de un conjunto de datos y permite examinar la forma y dispersión de los datos. Es representativo cuando el tamaño de la muestra es al menos de 20 ( $n > 20$ ).

- **Gráfico de probabilidad** (probability plot): Este tipo de gráfico evalúa el ajuste para una distribución normal verificando que tan cerca los datos siguen la línea de distribución ajustada, junto al valor p-value de corte de 0,05 para un 95% de confianza. Una distribución normal permite calcular probabilidades de aparición de los datos, pudiendo inferir datos de la población a partir de los obtenidos de una muestra de la misma.

El teorema del límite central demuestra que la distribución de la media de los datos se acerca a la distribución normal a medida que aumenta el tamaño de la muestra. Se pueden obtener resultados adecuados con datos no normales si la muestra es lo suficientemente grande y dependiendo del grado de no normalidad de los datos ( $n > 20$ ).

- **Gráfico de serie de tiempo** (series time plot): muestra las observaciones en comparación con el tiempo. La gráfica incluye los ajustes que se calcularon a partir de la ecuación de tendencia ajustada, los pronósticos y las medidas de exactitud.

- **Gráfico de caja** (box plot): proporciona un resumen gráfico de la distribución de una muestra, calculando mínimos y máximos, medias, percentiles o cuartiles (25% y 75%), rango intercuartílico y presencia de valores atípicos.

- **Gráfico de intervalos de confianza** (One z test y one t test Minitab): El test z calcula un intervalo de confianza 95% o realiza una prueba de hipótesis de la media cuando se conoce la desviación estándar de la población  $\sigma$  y la distribución es normal o cercana a

la normal. Por el contrario, se elige el test t cuando se desconoce  $\sigma$  o el tamaño muestral es menor a 30. Según el teorema del límite central, puede usarse el test z sustituyendo  $\sigma$  por la desviación estándar de la muestra para datos muestrales iguales o mayores a 30 ( $n > 30$ ), por lo cual aplica para la cantidad de datos utilizados en esta evaluación.

- **Gráficos de correlación:** El coeficiente de correlación es una medida que expresa el grado de relación lineal entre dos variables. Asume un valor entre -1 y 1 dependiendo de la fuerza de esa correlación y si es inversa o directa. Minitab calcula un valor de probabilidad de evidencia suficiente para una correlación distinta de cero.

Respecto a la selección de los parámetros de calidad del agua superficial y al desarrollo de la estadística, se comenta el criterio aplicado para una mejor interpretación:

a) ASSA informa la media geométrica para expresar el valor medio de los datos de los parámetros coliformes totales, E. coli y plancton. Para el resto de los parámetros la media corresponde al promedio o media aritmética.

b) Los bioensayos correspondieron a un resultado de 100% de no toxicidad aguda de dáfidos del agua superficial en ambas tomas de captación, durante todo el período evaluado. Por este motivo no se prosiguió con el análisis estadístico de estos datos.

c) En el caso de los parámetros físicoquímicos se evaluaron las medias aritméticas mensuales de: pH; turbiedad; conductividad; color; cloruros; alcalinidad; oxígeno disuelto; oxidabilidad y demanda química de oxígeno. Estos parámetros se seleccionaron por demostrar variabilidad, en mayor o menor grado, entre la totalidad de los parámetros evaluados.

d) Para el resto de los parámetros químicos evaluados se observó mínima o nula variabilidad de los datos, y/o sus mediciones de laboratorio fueron mayoritariamente menores al límite de detección según las técnicas de laboratorio estandarizadas. Por lo tanto, no se incluyeron en el análisis estadístico posterior.

e) Para el desarrollo de la estadística descriptiva se utilizaron tanto las concentraciones como el log de las concentraciones de los parámetros microbiológicos, con el propósito de seleccionar las distribuciones estadísticas más acordes. Las distribuciones elegidas se utilizaron en los ensayos posteriores de estadística inferencial.

f) Para la estimación de las medias se utilizaron tanto el test z como el test t de student dado que el número muestral permitió trabajar con ambos test y etimar así las medias por ambos métodos.

## 7. Resultados de la calidad del agua superficial de captación

### 7.1 Toma Planta Potabilizadora Rosario (PPR)

En las tablas 2 y 3 se muestran las medias anuales 2013-2023 de los parámetros microbiológicos y físicoquímicos evaluados en el agua superficial de captación de la toma PPR (Fuente: Informes mensuales ASSA). El n detallado en las tablas corresponde a la totalidad de las mediciones realizadas por ASSA en todo el período.

Las tablas se acompañan de gráficos de dispersión Excel para sintetizar la evolución de la media interanual de cada parámetro evaluado (gráficos 5 a 7).

En ítem 11 Anexos, se adjuntan los gráficos Excel de la evolución mensual de las medias para cada año del período 2013-2023.

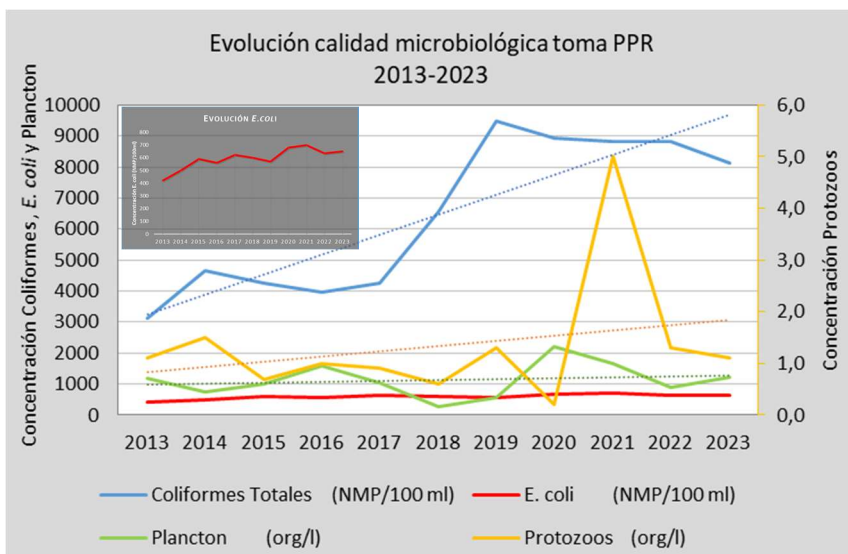
**Tabla 2. Medias anuales parámetros microbiológicos toma PPR-Excel**

Año	Coliformes Totales (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	Plancton (org/l)	Protozoos (org/l)	Ausencia protozoos %	Bioensayos % No toxicidad	Log C. Totales (NMP/100 ml)	Log <i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	Log Plancton (org/l)	Log Protozoos (org/l)
2013	3126	421	1199	1,1	60	100	3,50	2,62	3,08	0,49
2014	4673	501	756	1,5	63	100	3,67	2,70	2,88	0,46
2015	4271	589	990	0,7	67	100	3,63	2,77	3,00	0,48
2016	3951	559	1597	1,0	65	100	3,60	2,75	3,20	0,51
2017	4242	622	1034	0,9	65	100	3,63	2,79	3,01	0,48
2018	6543	600	281	0,6	69	100	3,82	2,78	2,45	0,39
2019	9490	569	577	1,3	60	100	3,98	2,75	2,76	0,44
2020	8952	679	2197	0,2	75	100	3,95	2,83	3,34	0,52
2021	8829	699	1647	5,0	50	100	3,95	2,84	3,22	0,51
2022	8817	635	892	1,3	71	100	3,95	2,80	2,95	0,47
2023	8143	648	1224	1,1	71	100	3,91	2,81	3,09	0,49
n	3801	3801	931	177	177	406	3801	3801	931	177

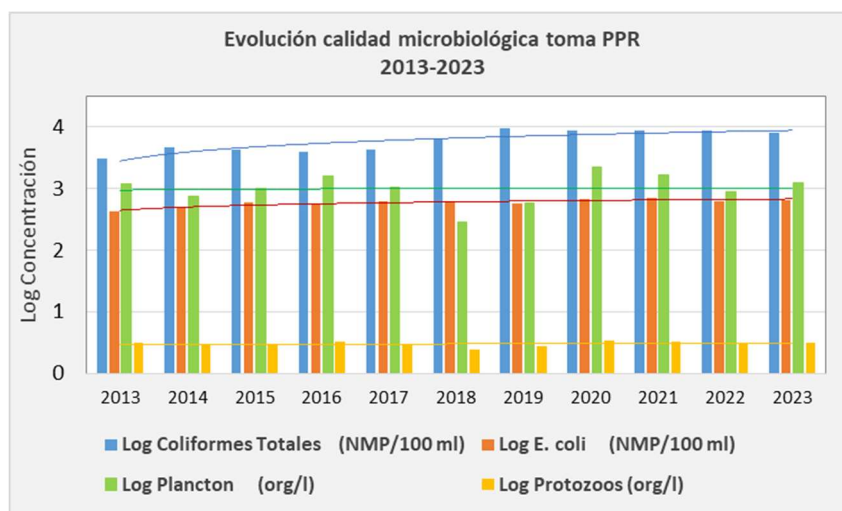
**Tabla 3. Medias anuales parámetros físicoquímicos toma PPR-Excel**

Año	Turbiedad (UTN)	Conductividad (us/cm)	Color (unidades Pt-Co)	Cloruros (mg/l)	Oxidabilidad (mg/l)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Demanda Química de Oxígeno (mg/l)	Alcalinidad (mg/l)
2013	81	204	25	27	3,0	7,3	8,3	10	29
2014	78	224	25	31	3,1	7,1	8,1	12	35
2015	102	256	25	36	3,1	7,2	7,7	6,7	45
2016	51	271	27	37	3,6	7,2	7,8	9,0	46
2017	91	299	27	43	3,8	7,3	8,2	6,3	44
2018	68	217	50	30	4,4	7,3	8,0	10,0	41
2019	87	234	63	48	6,0	7,4	7,9	8,3	44
2020	126	285	26	48	3,4	7,3	8,5	10	47
2021	115	258	27	51	4,0	7,3	8,3	10	51
2022	131	236	38	36	3,9	7,3	8,3	8,4	35
2023	51	143	36	11	4,3	7,0	7,9	5,9	34
n	49278	48906	43319	48412	467	49026	449	1627	48487

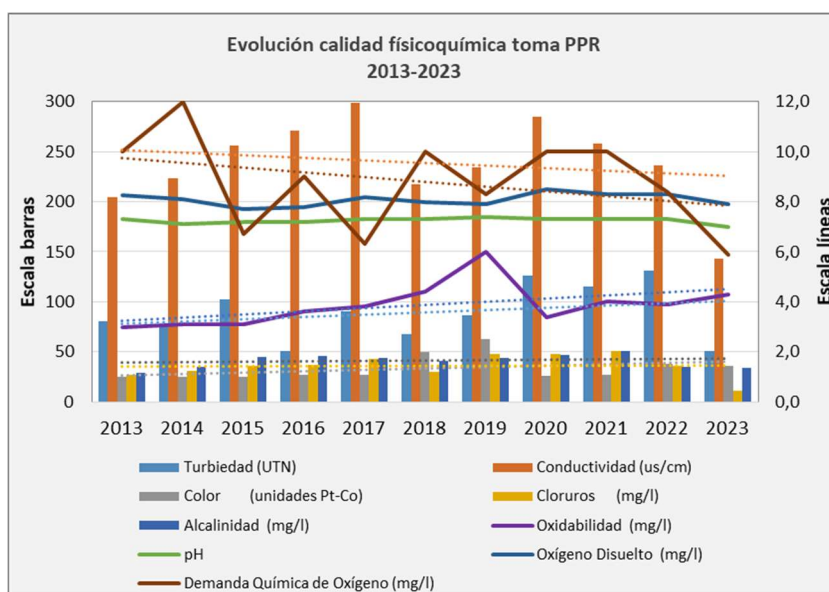
Fuente: Informes mensuales ASSA 2013-2023



**Gráfico 5. Medias anuales parámetros microbiológicos – Toma PPR**



**Gráfico 6. Medias anuales Log parámetros microbiológicos – Toma PPR**



**Gráfico 7. Medias anuales parámetros fisicoquímicos – Toma PPR**

En las tablas 4 y 5 se muestran los resultados de la estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos y físicoquímicos seleccionados para la evaluación de la calidad del agua superficial correspondiente a la toma PPR. El n detallado en las tablas corresponde a las medias mensuales históricas de cada parámetro durante el período completo (2013-2023).

Luego, se presentan los gráficos de serie de tiempo, histogramas; gráficos de probabilidad; gráficos de caja, intervalo de confianza de la media y correlación, con su interpretación correspondiente al finalizar este ítem (Gráficos 8 a 15). En ítem 11 Anexos se muestran las corridas de Minitab para las distintas estimaciones inferenciales.

**Tabla 4. Estadística descriptiva medias mensuales parámetros microbiológicos toma PPR**

Variable	Count	N	N*	Mean	SE Mean	St.Dev	Coef.Var	Minimum
Coliformes Total	132	132	0	7245	521	5989	82,67	1496
Log Coliformes	132	132	0	3,7789	0,0221	0,2537	6,71	3,1700
E. coli	132	132	0	629,2	20,9	240,7	38,25	231,0
Log E. coli	132	132	0	2,7685	0,0140	0,1611	5,82	2,3600
Plancton	132	132	0	5843	592	18295	313,12	32,0
Log Plancton	132	132	0	2,9965	0,0707	0,8122	27,10	1,5100
Protozoos	132	108	24*	1,181	0,142	1,472	124,72	0,0000
Log Protozoos	132	92	40**	-0,0217	0,0387	0,3712	-1714,16	-1,0000

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Kurtosis
Coliformes Total	4332	5705	9072	59520	58024	4739	44,00
Log Coliformes	3,6325	3,7550	3,9550	4,7700	1,6000	0,3225	1,02
E. coli	459,3	586,0	772,0	1436,0	1205,0	312,8	0,99
Log E. coli	2,6600	2,7700	2,8875	3,1600	0,8000	0,2275	-0,25
Plancton	222	772	4234	188105	188073	4012	76,61
Log Plancton	2,3425	2,8850	3,6275	5,2700	3,7600	1,2850	-0,67
Protozoos	0,300	0,900	1,375	10,000	10,000	1,075	14,75
Log Protozoos	-0,3010	0,0000	0,2553	1,0000	2,0000	0,5563	0,03

(\* )Determinaciones de protozoos no informadas/realizadas por ASSA

(\*\*) Diferencias correspondiente a datos de quistes= 0 org/l, no computados para el cálculo de log protozoos

**Tabla 5. Estadística descriptiva medias mensuales parámetros físico-químicos toma PPR**

Variable	Count	N	N*	Mean	SE Mean	St Dev	Coef Var	Minimum
pH	120	120	0	7,2942	0,0149	0,1636	2,24	6,7000
Turbiedad	132	132	0	89,27	6,90	79,31	<b>88,85</b>	27,00
Conductividad	132	132	0	243,85	5,19	59,67	24,47	118,00
Cloruros	120	120	0	38,758	0,962	10,539	27,19	17,000
Color	120	120	0	26,775	0,566	6,199	23,15	12,000
OD	120	117	3	8,0846	0,0813	0,8798	10,88	5,9000
Oxidabilidad	120	120	0	3,819	0,133	1,458	<b>38,16</b>	1,600
DQO	56	56	0	12,821	0,320	2,398	18,70	7,000

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Kurtosis
pH	7,200	7,300	7,400	7,600	0,900	0,200	0,91
Turbiedad	40,00	54,50	101,75	434,00	407,00	61,75	4,68
Conductividad	204,25	246,00	289,50	414,00	296,00	85,25	-0,30
Cloruros	31,000	37,000	45,000	63,000	46,000	14,000	-0,45
Color	25,000	25,000	26,000	72,000	60,000	1,000	25,64
OD	7,4500	7,9000	8,8000	10,3000	4,4000	1,3500	-0,52
Oxidabilidad	2,700	3,300	4,700	8,200	6,600	2,000	0,41
DQO	11,000	12,000	14,750	20,000	13,000	3,750	0,30

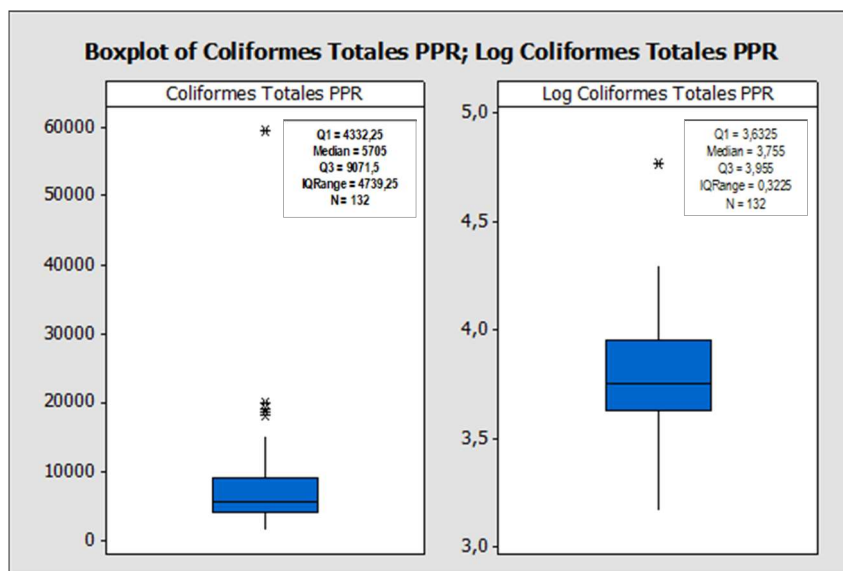
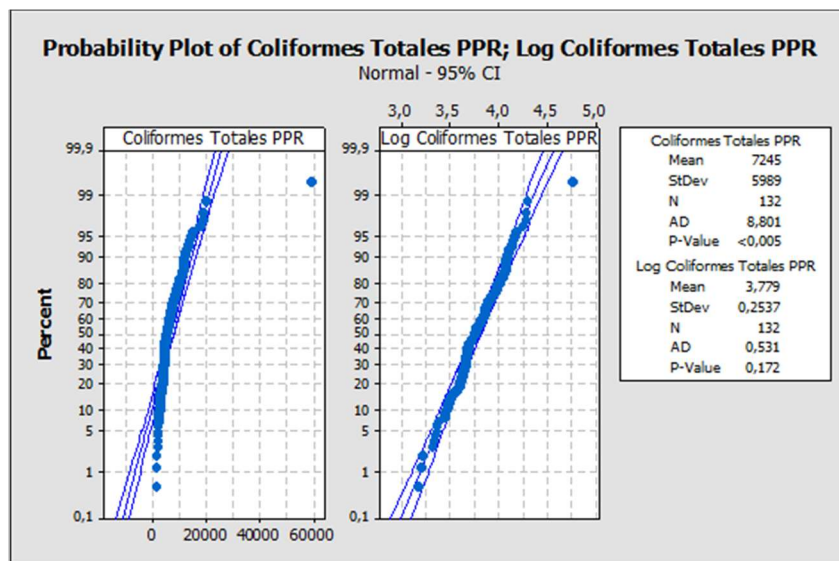
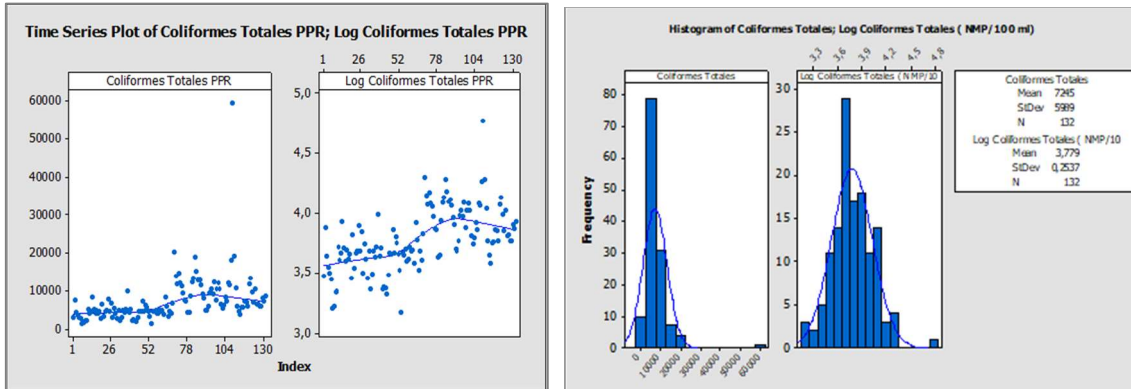


Gráfico 8. Medias mensuales 2013-2023 Coliformes Totales y Log Coliformes Totales - Toma PPR (a-Serie de tiempo, b-histogramas, c-gráficos de probabilidad, d-gráficos de caja)

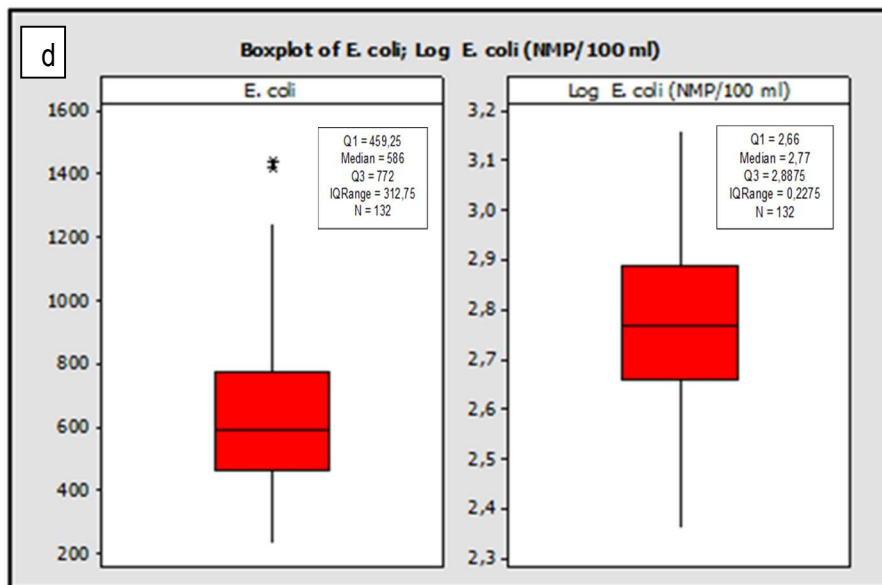
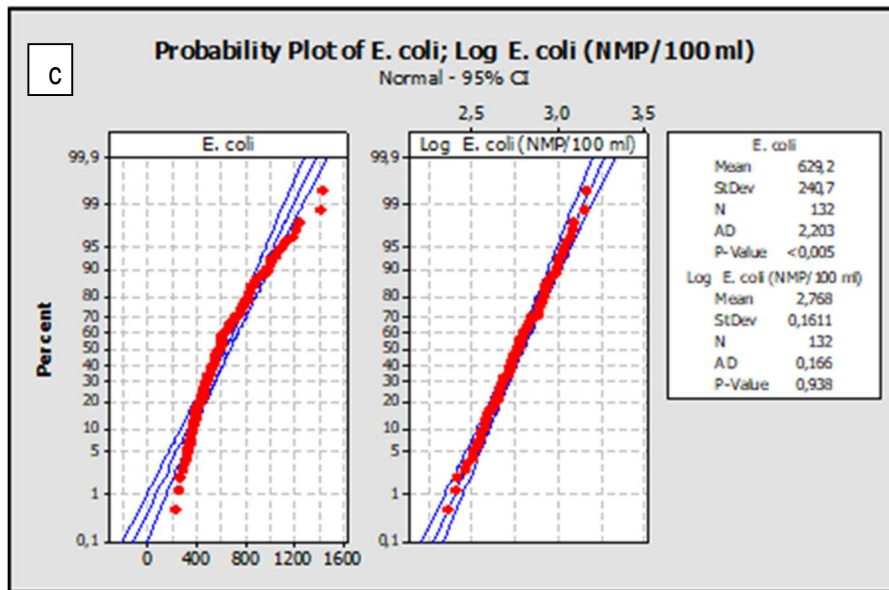
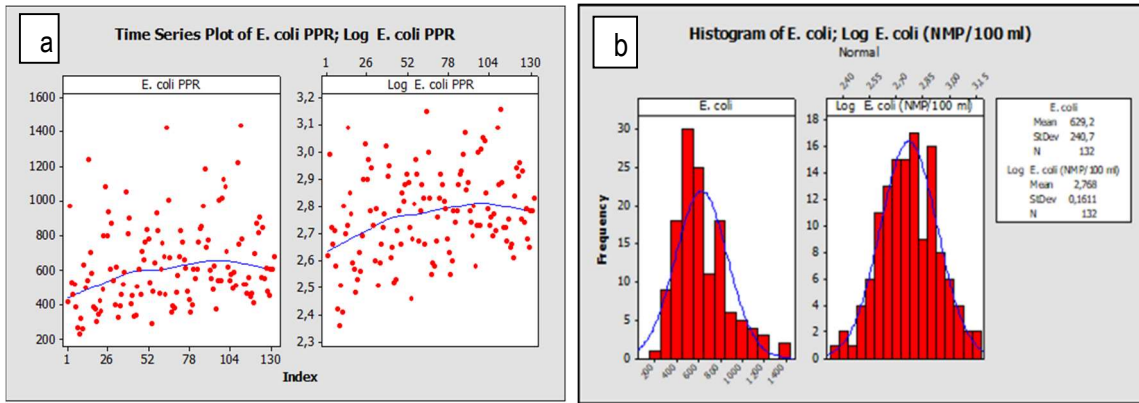


Gráfico 9. Medias manuales 2013-2023 *E. coli* y Log *E. coli* - Toma PPR (a-Serie de tiempo, b-histogramas, c-gráficos de probabilidad, d-gráficos de caja)

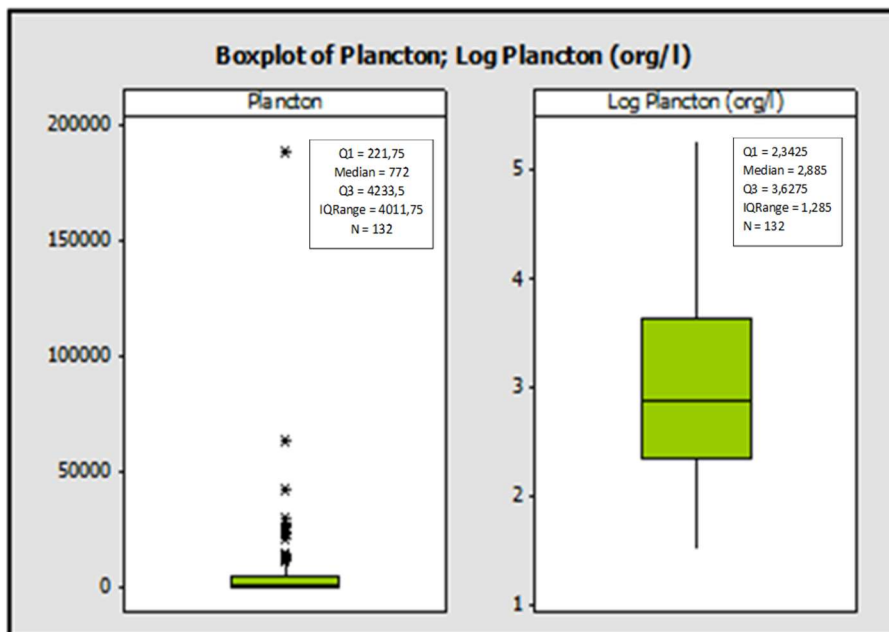
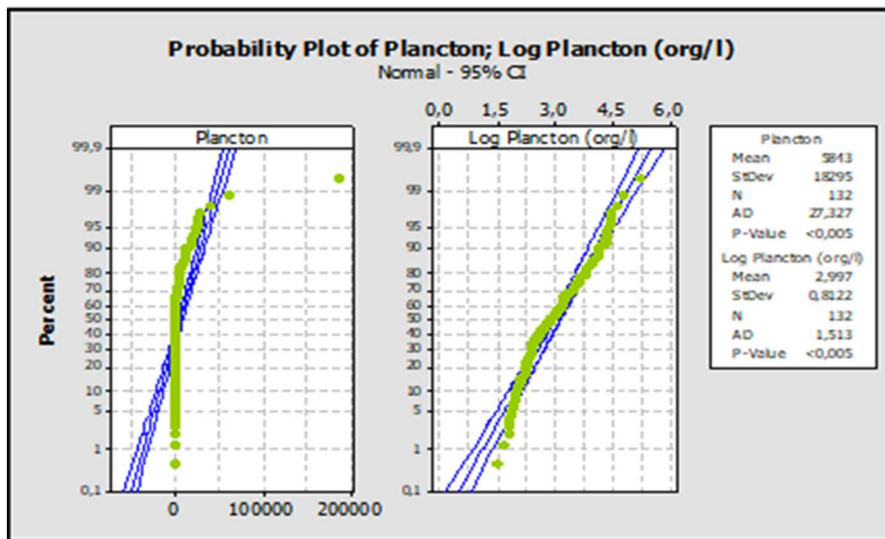
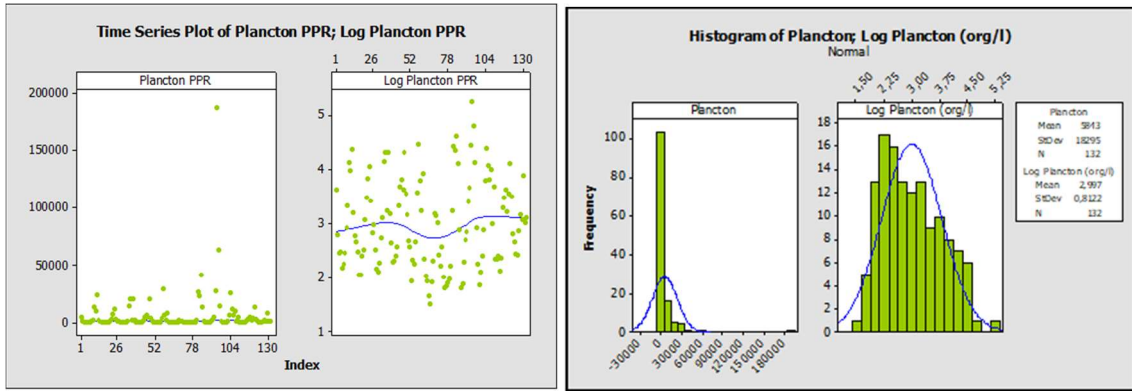


Gráfico 10. Medias manuales 2013-2023 Plancton y Log Plancton - Toma PPR (a-Serie de tiempo, b-histogramas, c-gráficos de probabilidad, d-gráficos de caja)

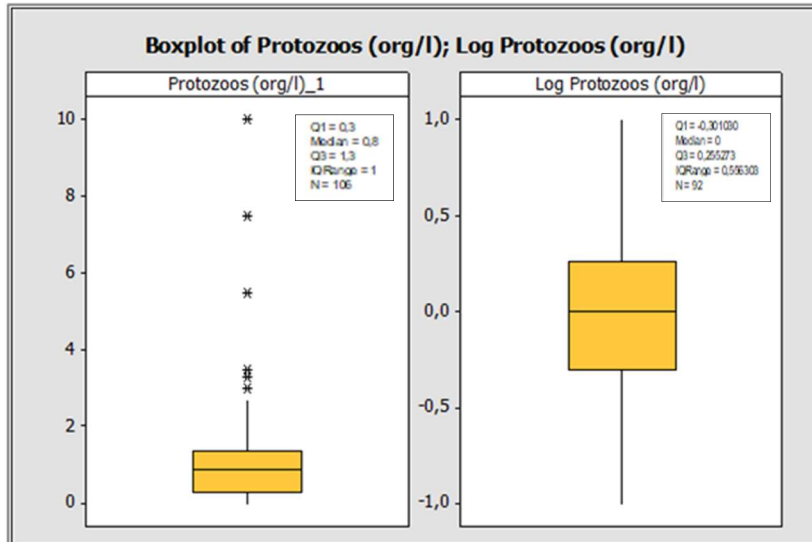
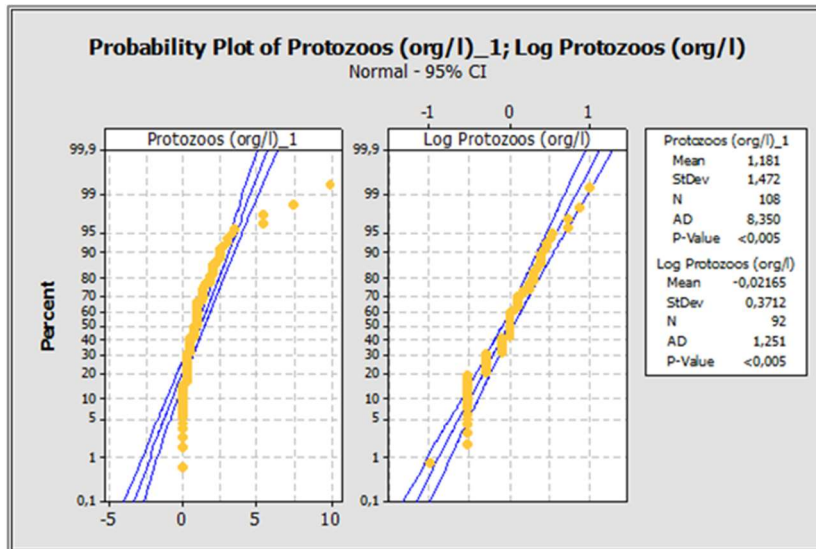
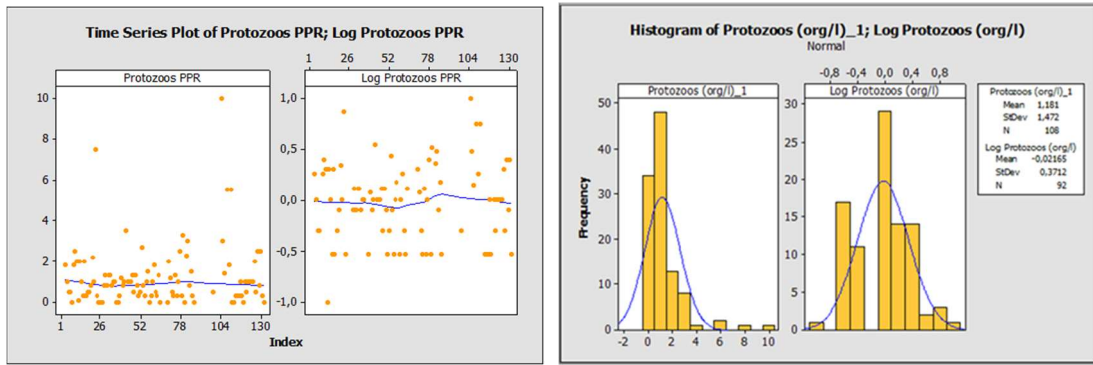


Gráfico 11. Medias mensuales 2013-2023 Protozoos y Log Protozoos - Toma PPR (a-Serie de tiempo, b-histogramas, c-gráficos de probabilidad, d-gráficos de caja)

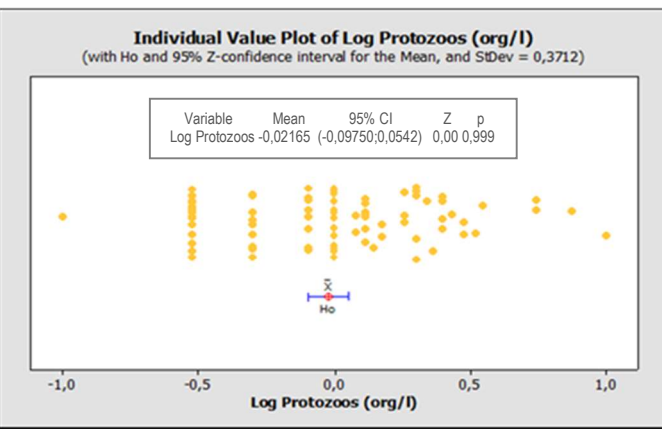
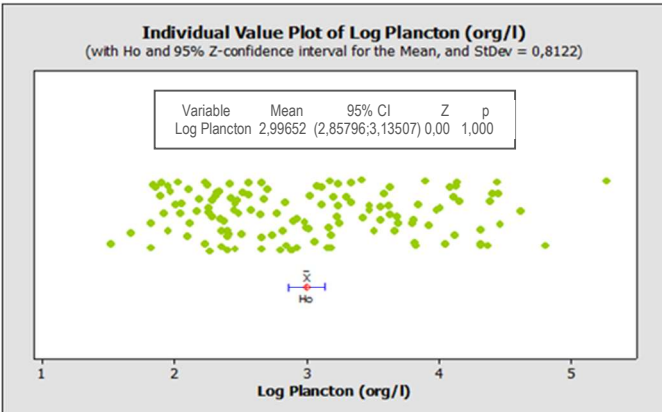
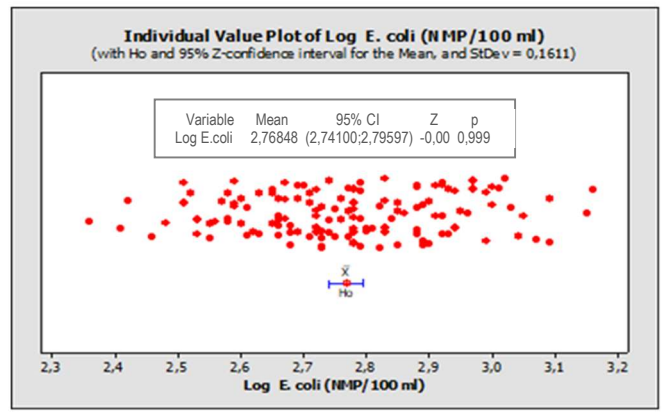
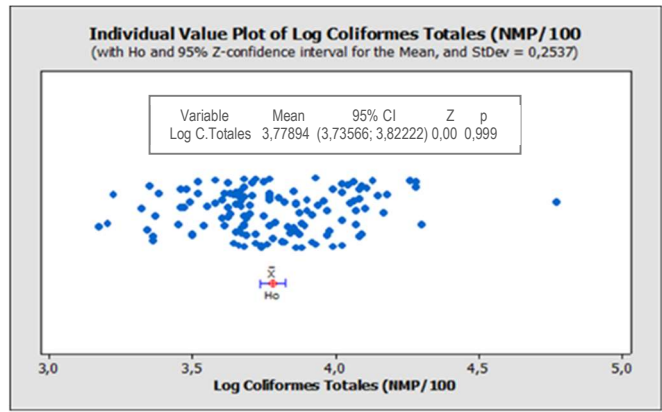


Gráfico 12. Intervalo de confianza 95 % de la media - Parámetros microbiológicos-Toma PPR  
a) Log Coliformes Totales- b) Log E. coli- c) Log Plancton- d) Log Protozoos

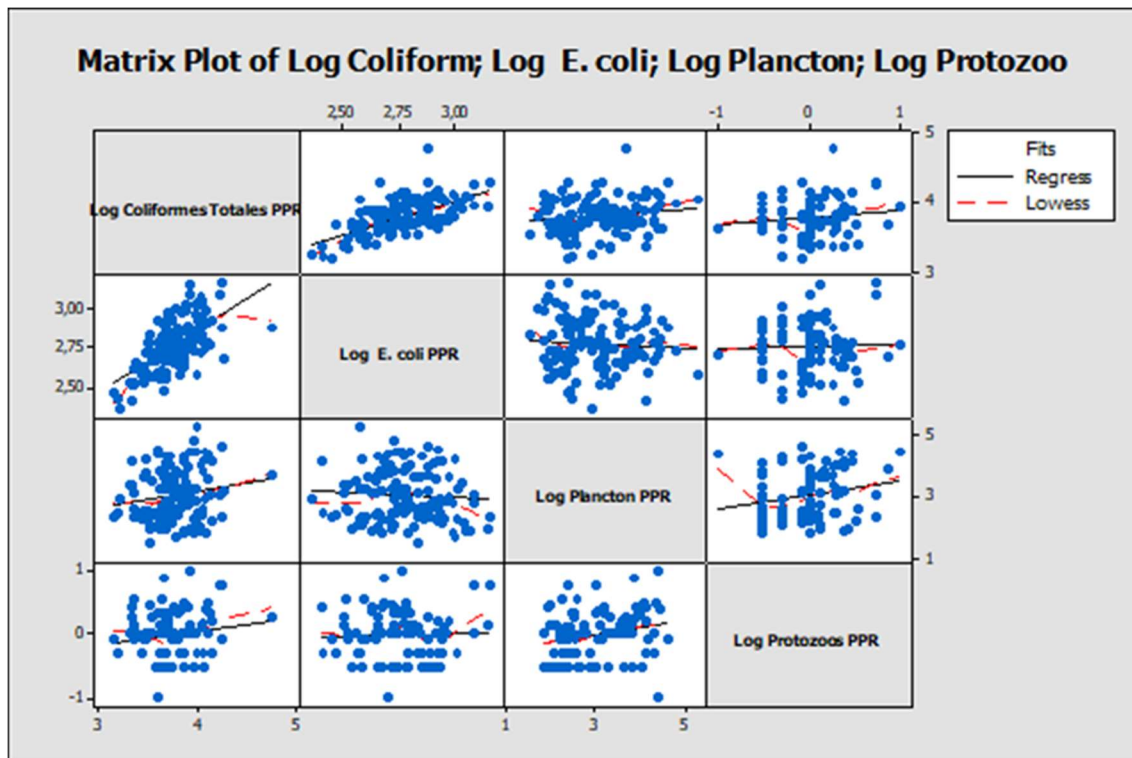


Gráfico 13. Correlación entre parámetros microbiológicos – Toma PPR

### Correlación entre parámetros microbiológicos - PPR

	Log Coliform	Log E. coli	Log Plancton
Log E. coli	0,630 0,000		
Log Plancton	0,161 0,065	-0,065 0,460	
Log Protozoos	0,147 0,161	0,033 0,751	0,211 0,044

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

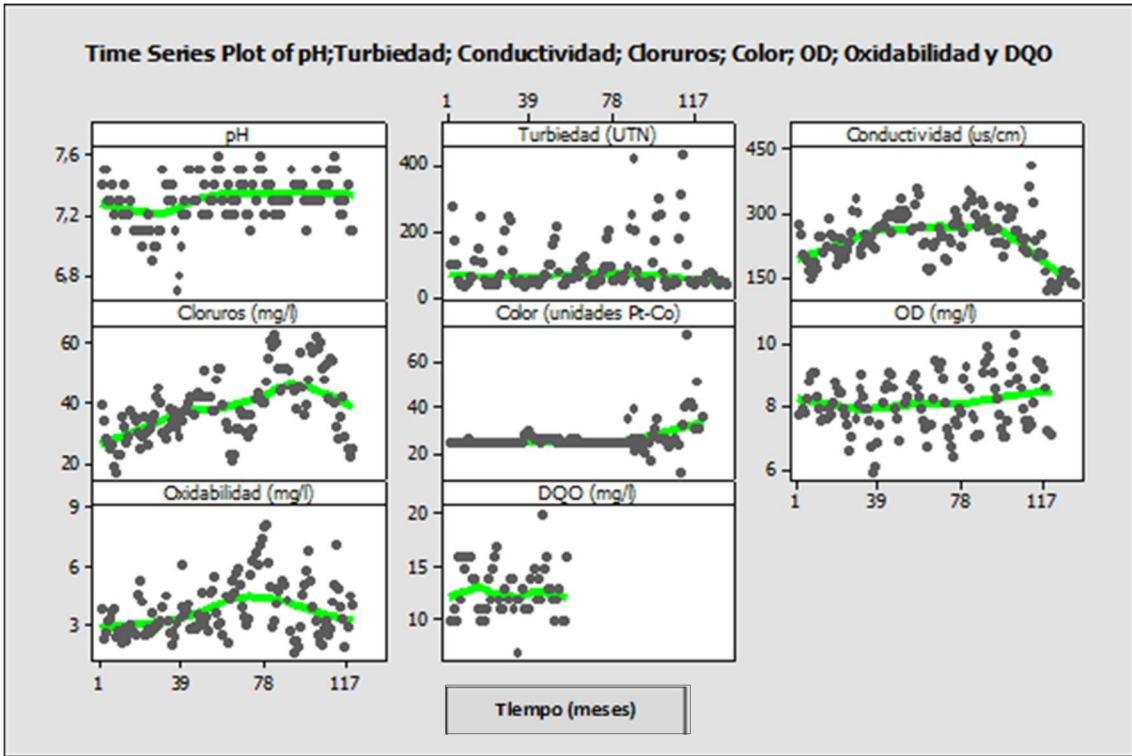


Gráfico 14. Evolución Medias mensuales 2013-2023 parámetros fisicoquímicos toma PPR

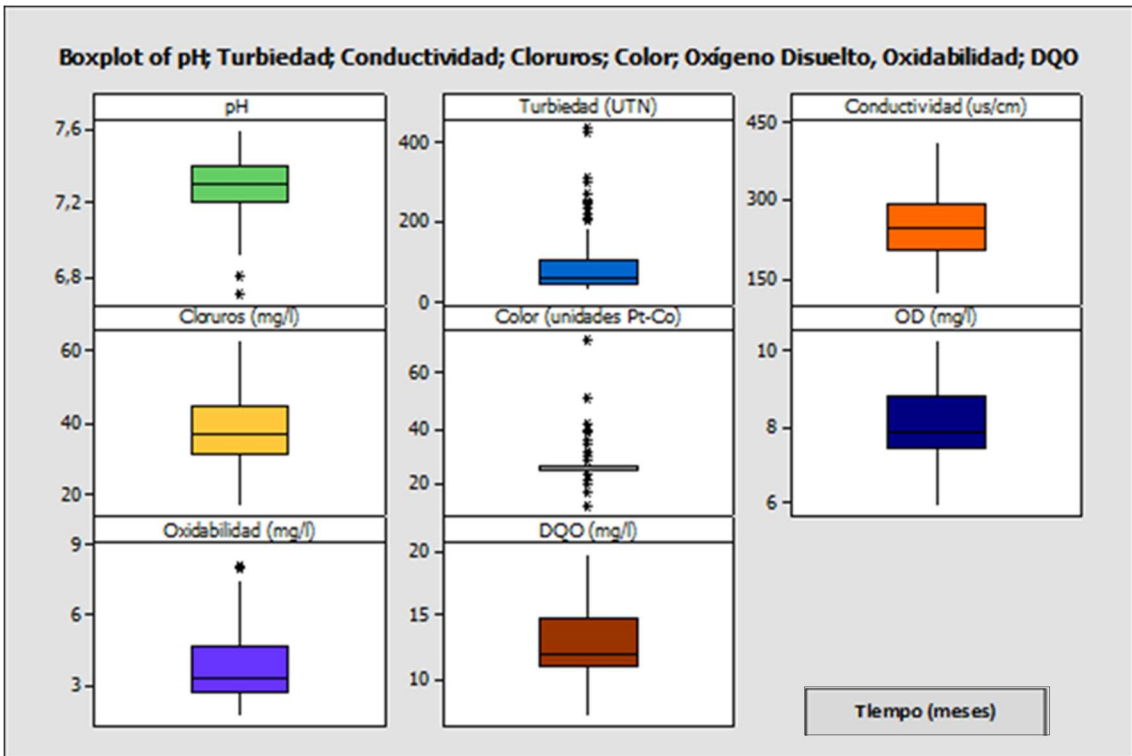


Gráfico 15. Gráficos de caja medias mensuales 2013-2023 parámetros fisicoquímicos toma PPR

## **Análisis de los resultados calidad agua superficial toma captación PPR**

### **Histogramas** (gráficos 8b a 11b)

Los histogramas de todos los parámetros microbiológicos presentan distribuciones asimétricas positivas (cola de distribución hacia la derecha). Ésto indicaría que los datos se concentran entre los valores mínimos y medios, con menor frecuencia de valores altos. Los histogramas mejoran la asimetría cuando se grafican a partir de los logaritmos

### **Gráficos de probabilidad** (gráficos 8c a 11c)

Las distribuciones de los parámetros microbiológicos evaluados no ajustan para distribuciones normales, con valores de probabilidad (p) menor a 0.05 y estadístico de Anderson-Darling (AD) mayor a 1.

Cuando se transforman los datos a sus logaritmos, se cumple el ajuste para una distribución normal para los parámetros Log Coliformes totales y Log *E. coli*.

Los parámetros ajustados Log plancton y Log protozoos mejoran notablemente el ajuste aproximando a la normalidad, si bien no alcanzan a verificarla completamente.

### **Medidas de dispersión de los datos**

La dispersión de los datos respecto de la media de cada uno de los parámetros estudiados se refleja en el índice desviación estandar (Desv. St tabla 4). Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión.

Para comparar el grado de variabilidad entre los distintos parámetros, se utiliza el coeficiente de variación (Coef. Var tabla 4). Se observa que la dispersión de los datos es más marcada para el plancton y los protozoos, en concordancia con el menor ajuste de sus datos a una distribución normal.

### **Gráficos de dispersión, de caja e intervalo de confianza de la media**

Las concentraciones que se informan abajo, expresadas en NMP/100 ml u org/l, se obtienen a partir del log de los parámetros evaluados, dado el mejor ajuste de las distribuciones para la normalidad.

### **Coliformes totales** (gráficos 8a, 8d y 12)

Presentan concentraciones que alternan entre 3,2 y 4,8 unidades log (1.600-63.000 NMP/100 ml) a lo largo del período 2013-2023 Se observa un incremento notable de las medias mensuales en el tiempo.

Cabe resaltar que en el año 2018, ASSA realizó un cambio en la metodología de detección de los coliformes totales: generación de gas por fermentación de lactosa a

generación de color en medio cromogénico por actividad enzimática específica del grupo. Por lo tanto, cabría indagar si esta variable ha tenido incidencia en la evolución de los datos, por lo que se pondrían en consideración los resultados obtenidos respecto a seguir avanzando con su análisis, en particular, en la estimación de la media.

Según el formato del gráfico de caja, se presenta mayor dispersión de los datos hacia los valores altos, coincidiendo con lo observado en el histograma.

La mitad de las observaciones, correspondiente a la mediana (percentil 50%), es menor o igual a 5688 NMP/100ml. El rango intercuartil del 50 % intermedio de los datos (IQR) está comprendido entre 4290 NMP/100ml (percentil 25%, Q1) y 9016 NMP/100ml (percentil 75%, Q3).

Los extremos de los bigotes, reflejan que el total de los datos se encuentran comprendidos entre 1479 y 19953 NMP/100ml. El mínimo es 1479 NMP/100ml, coincidiendo con el extremo inferior del bigote. El extremo superior del bigote es 22387 NMP/100ml.

El máximo corresponde a un valor atípico (outlier) de 59520 NMP/100ml.

De 132 datos históricos evaluados, la media estimada del log corresponde al valor de 6011 NMP/100ml, con un intervalo de confianza del 95% de 5439 - 6641 NMP/100ml.

### **Escherichia coli** (gráficos 9a, 9d y 12)

Las concentraciones del índice alternan entre 2,5 y 3,2 unidades log (300-1.600 NMP/100ml). Se observa una tendencia de aumento durante el período en evaluación, acompañando el incremento de los coliformes totales antes descrito.

Del formato del gráfico de caja, la dispersión de los datos es homogénea.

La mitad de las observaciones, correspondiente a la mediana (percentil 50%), es menor o igual a 589 NMP/100ml. El rango intercuartil del 50 % intermedio de los datos (IQR) está comprendido entre 467 NMP/100ml (percentil 25%, Q1) y 772 NMP/100ml (percentil 75%, Q3).

Los extremos de los bigotes, reflejan que el total de los datos se encuentran comprendidos entre 229 y 1445 NMP/100ml, coincidiendo con el mínimo y máximo respectivos.

De los 132 datos históricos evaluados, la media estimada a partir del log corresponde al valor de 587 NMP/100ml, con un intervalo de confianza del 95% de 551 - 625 NMP/100ml.

### **Plancton** (gráficos 10a, 10d y 12)

El rango de variación total se encuentra entre 1,5 y 5,3 unidades log (30-200.000 org/l).

No se observa una tendencia definida en el tiempo durante el periodo evaluado.

Presenta un amplio rango de variaciones, estacionales y cíclicas a lo largo de cada año, característica de estos microorganismos en las aguas superficiales. Se dan notables aumentos en época primaveral-estival (por el efecto de la radiación solar y las temperaturas elevadas) y disminución en otoño-invierno.

Según el formato del gráfico de caja, se presenta mayor dispersión de los datos hacia los valores altos, coincidiendo con lo observado en el histograma.

La mitad de las observaciones, correspondiente a la mediana (percentil 50%), es menor o igual a 767org/l. El rango intercuartil del 50 % intermedio de los datos (IQR) está comprendido entre 220 org/l (percentil 25%, Q1) y 4241 org/l (percentil 75%, Q3).

Los extremos de los bigotes, reflejan que el total de los datos se encuentran comprendidos entre 32 y 186.209 org/l, coincidiendo con el mínimo y máximo respectivamente.

De 132 datos históricos evaluados, la media estimada a partir de su log corresponde al valor de 992 org/l, con un intervalo de confianza del 95% de 721 - 1365 org/l

#### **Protozoos** (gráficos 11a, 11d y 12)

El rango de variación total se encuentra entre 0-10 quistes/L. No se observa una tendencia definida en el tiempo durante el periodo evaluado.

Según el formato del gráfico de caja, la dispersión de los datos es homogénea.

La mitad de las observaciones, correspondiente a la mediana (percentil 50%), es menor o igual a 1 org/l. El rango intercuartil del 50 % intermedio de los datos (IQR) está comprendido entre 0,50 org/l (percentil 25%, Q1) y 1,80 org/l (percentil 75%, Q3).

Los extremos de los bigotes, reflejan que el total de los datos se encuentran comprendidos entre 0 y 10 org/l, coincidiendo con el mínimo y máximo respectivamente.

De 92 datos históricos evaluados, la media estimada a partir de su log corresponde al valor de 0.95 org/l, con un intervalo de confianza del 95% de 0.80 – 1.13 org/l.

#### **Correlación entre parámetros microbiológicos** (gráfico 13)

Según bibliografía, los procedimientos del valor p para la correlación de Pearson son robustos ante desviaciones de la normalidad y generalmente son exactos para  $n \geq 25$  (Fuente: <https://support.minitab.com>).

Se verifica una correlación positiva moderada entre los parámetros Coliformes Totales y *E. coli* (Pearson= 0.63 y  $p= 0,000$ ) y una correlación positiva baja entre el Plancton y los Protozoos (Pearson=0.21 y  $p=0.044$ ). Para el resto de las posibles combinaciones entre los parámetros microbiológicos no se verifica correlación.

Las corridas de Minitab se agregan en ítem 11 Anexos.

Si bien las distribuciones de los log de los parámetros Plancton y Protozoos no ajustan para una distribución normal, se aproximan bastante a ésta y el número muestral de cada parámetro supera ampliamente el mínimo recomendado de 25 por bibliografía.

#### **Parámetros físicoquímicos** (gráficos 14 y 15)

Los parámetros seleccionados presentaron variaciones mensuales a lo largo de cada año y a través del periodo 2013-2023, en mayor o menor grado, dependiendo de cada parámetro evaluado.

Las líneas de tendencia de evolución de la calidad físico-química del agua superficial de la toma PPR son poco concluyentes a lo largo del período.

Considerando los coeficientes de variación de tabla 9, la turbiedad y oxidabilidad presentan la mayor variabilidad, seguidos por conductividad, cloruros y color. Ésto concuerda con el hecho que las características físicoquímicas de este curso superficial, léntico y de origen aluvial, varían mayoritariamente de acuerdo al nivel de lluvias aguas arriba en la zona alta de la cuenca, y ocasionan arrastres de sedimentos por el escurrimiento pluvial y el aporte de sus afluentes (item 4.1) .

#### **Cumplimiento de la normativa de calidad**

De todos los parámetros microbiológicos y físicoquímicos evaluados, la mayor parte poseen límites establecidos en el Anexo 1.2.3 del Contrato de Vinculación, a excepción del plancton y los protozoos. El parámetro *E. coli* reemplazaría al parámetro coliformes fecales reglamentado en esta normativa, siendo un índice más específico de contaminación fecal.

Del análisis de los datos se concluye que los parámetros evaluados en el agua superficial de captación de la toma PPR cumplen la normativa vigente, a excepción de los coliformes totales cuya media ajustada supera el límite de 5000 NMP/100ml establecidos en el Anexo 1.2.3 del CVT.

Se reitera lo observado respecto al cambio de metodología de detección de los coliformes totales a partir del año 2018.

## 7.2 Toma Planta Potabilizadora Granadero Baigorria (PPGB)

En las tablas 6 y 7 se muestran las medias anuales 2016-2023 de los parámetros microbiológicos y físicoquímicos evaluados en el agua superficial de captación de la toma PPR (Fuente: Informes mensuales ASSA). El n detallado en las tablas corresponde a la totalidad de las mediciones realizadas por ASSA en todo el período.

Las tablas se acompañan de gráficos de dispersión Excel para sintetizar la evolución de la media interanual de cada parámetro evaluado (gráficos 16 a 18).

En ítem 11 Anexos, se adjuntan los gráficos Excel de la evolución mensual de las medias por cada año del período 2016-2023.

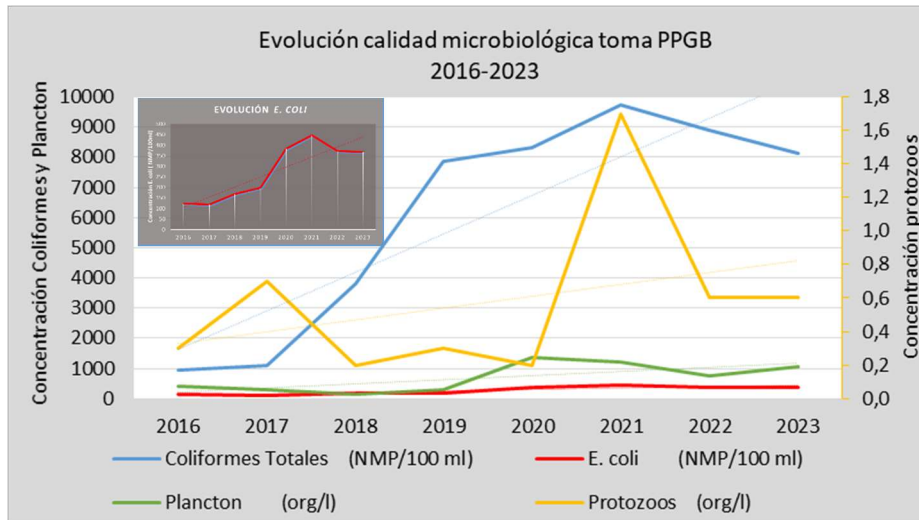
**Tabla 6. Medias anuales parámetros microbiológicos toma PPGB-Excel**

Año	Coliformes Totales (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	Plancton (org/l)	Protozoos (org/l)	Ausencia protozoos %	Bioensayos % No toxicidad	Log C. Totales (NMP/100 ml)	Log <i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	Log Plancton (org/l)	Log Protozoos (org/l)
2016	960	124	403	0,3	81	100	2,98	2,09	2,61	0,42
2017	1088	119	294	0,7	65	100	3,04	2,08	2,47	0,39
2018	3809	169	150	0,2	78	100	3,58	2,23	2,18	0,34
2019	7864	198	310	0,3	50	100	3,90	2,30	2,49	0,40
2020	8336	383	1382	0,2	70	100	3,92	2,58	3,14	0,50
2021	9726	446	1205	1,7	56	100	3,99	2,65	3,08	0,49
2022	8897	372	766	0,6	66	100	3,95	2,57	2,88	0,46
2023	8141	367	1058	0,6	64	100	3,91	2,56	3,02	0,48
n	2651	2651	811	122	126	395	2651	2651	811	122

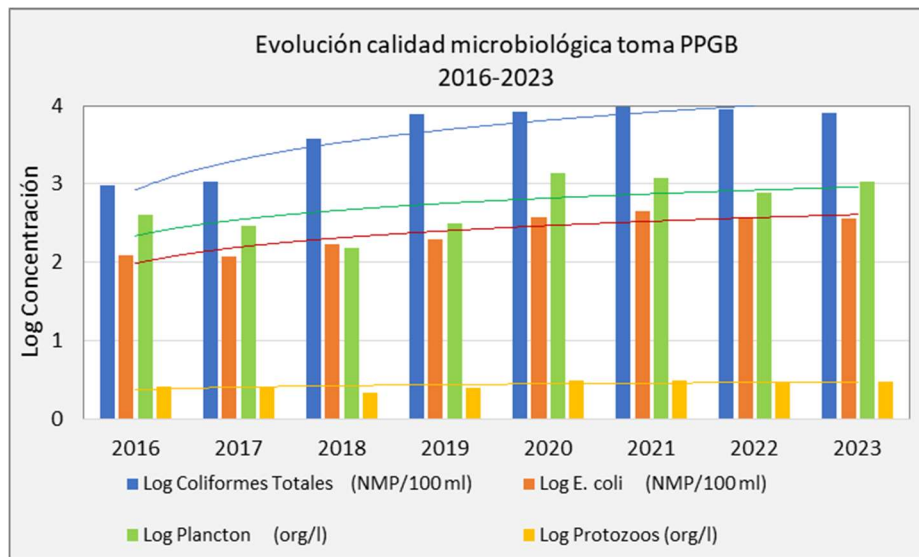
**Tabla 7. Medias anuales parámetros físicoquímicos toma PPGB-Excel**

Año	Turbiedad (UTN)	Conductividad (us/cm)	Color (unidades Pt-Co)	Cloruros (mg/l)	Oxidabilidad (mg/l)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Demanda Química de Oxígeno (mg/l)	Alcalinidad (mg/l)	pH
2016	44	273	46	34	3,7	8,3	12	40	7,5
2017	71	294	55	41	7,0	8,9	7,0	42	7,6
2018	55	214	51	26	4,6	8,0	10	37	7,7
2019	69	360	62	53	6,0	7,7	8,3	45	7,5
2020	101	338	33	53	3,5	8,4	10	39	7,5
2021	91	369	33	54	4,1	8,4	10	40	8,0
2022	94	265	40	31	4,1	8,5	8,6	34	7,4
2023	39	173	38	10	4,4	7,7	10	34	7,1
n	33214	33513	803	24244	405	387	1168	32819,00	33202

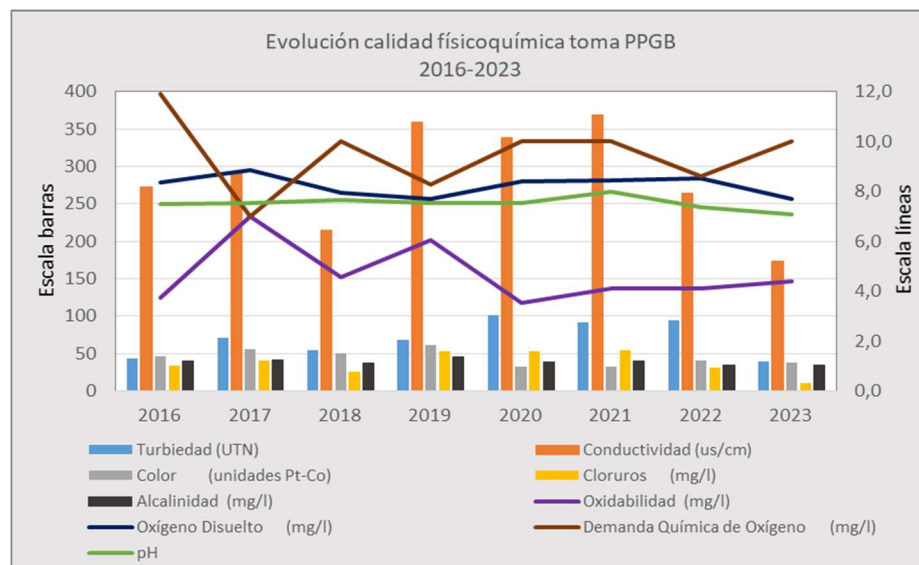
Fuente: Informes mensuales ASSA 2016-2023



**Gráfico 16. Medias anuales parámetros microbiológicos PPGB**



**Gráfico 17. Medias anuales Log parámetros microbiológicos PPGB**



**Gráfico 18. Medias anuales parámetros físicoquímicos PPGB**

En las tablas 8 y 9 se muestran los resultados de la estadística descriptiva de los parámetros microbiológicos y físicoquímicos seleccionados para la evaluación de la calidad del agua superficial correspondiente a la toma PPGB. El n detallado en las tablas corresponde a las medias mensuales históricas de cada parámetro durante el período completo (2016-2023).

Luego, se presentan los gráficos de serie de tiempo, histogramas; gráficos de probabilidad; gráficos de caja, intervalo de confianza de la media y correlación, con su interpretación correspondiente (Gráficos 19 a 26). En ítem 11 Anexos se muestran las corridas de Minitab para las distintas estimaciones inferenciales.

**Tabla 8. Estadística descriptiva medias mensuales parámetros microbiológicos - Toma PPGB**

Variable	Total		N*	Mean	SE Mean	StDev	CoefVar	Minimum
	Count	N						
Coliformes Total	96	96	0	7107	736	7208	101,43	425
Log Coliformes T	96	96	0	3,6582	0,0464	0,4544	12,42	2,6300
E. coli	96	96	0	313,0	23,4	229,5	73,31	46,0
Log E. coli	96	96	0	2,3837	0,0329	0,3225	13,53	1,6628
Plancton	96	96	0	5173	2053	20115	388,88	20,0
Log Plancton	96	96	0	2,7369	0,0903	0,8850	<b>32,34</b>	1,3010
Protozoos	96	70	26*	0,5500	0,0779	0,6518	118,51	0,00000
Log Protozoos	96	48	48**	-0,1949	0,0413	0,2861	<b>-146,80</b>	-0,6990

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Kurtosis
Coliformes Total	2118	6294	9933	58352	57927	7816	26,22
Log Coliformes T	3,3256	3,7989	3,9971	4,7661	0,6714	-0,47	-0,47
E. coli	136,0	254,0	415,0	1125,0	279,0	2,11	1,94
Log E. coli	2,1335	2,4000	2,6180	3,0512	0,4845	-0,55	-0,57
Plancton	101	362	2308	184387	184367	2207	68,04
Log Plancton	2,0025	2,5524	3,3627	5,2657	3,9647	1,3602	-0,40
Protozoos	0,00000	0,4000	0,8500	4,0000	4,0000	0,850	10,28
Log Protozoos	-0,5229	-0,3010	0,00000	0,6021	1,3010	0,5229	-0,33

(\* )Determinaciones de protozoos no informadas/realizadas por ASSA

(\*\*) Diferencias correspondiente a datos de quistes= 0 org/l, no computados para el cálculo de log protozoos

**Tabla 9. Estadística descriptiva medias mensuales parámetros físicoquímicos -Toma PPGB**

Variable	Total		N*	Mean	SE Mean	StDev	Coef Var	Minimum
	Count	N						
pH	84	84	0	7,5881	0,0402	0,3688	4,86	7,1000
Turbiedad	96	96	0	70,45	5,79	56,74	<b>80,55</b>	25,00
Conductividad	96	96	0	285,69	8,04	78,73	27,56	151,00
Cloruros	84	84	0	41,64	1,47	13,48	32,37	17,00
Color	84	84	0	45,56	1,91	17,52	<b>38,46</b>	13,00
OD	84	81	3	8,300	0,125	1,129	13,60	6,200
Oxidabilidad	84	84	0	4,292	0,165	1,515	35,30	1,800
DQO	46	46	0	12,065	0,337	2,284	18,93	6,000

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	IQR	Kurtosis
pH	7,4000	7,5000	7,6000	10,2000	0,2000	30,34
Turbiedad	36,00	49,50	72,00	318,00	36,00	5,23
Conductividad	221,50	288,00	339,75	449,00	118,25	-0,86
Cloruros	30,25	41,00	51,75	68,00	21,50	-1,01
Color	33,25	42,00	57,00	83,00	23,75	-0,64
OD	7,300	8,100	9,250	10,600	1,950	-1,05
Oxidabilidad	3,100	4,150	5,175	8,200	2,075	-0,22
DQO	10,750	12,000	13,000	19,000	2,250	1,54

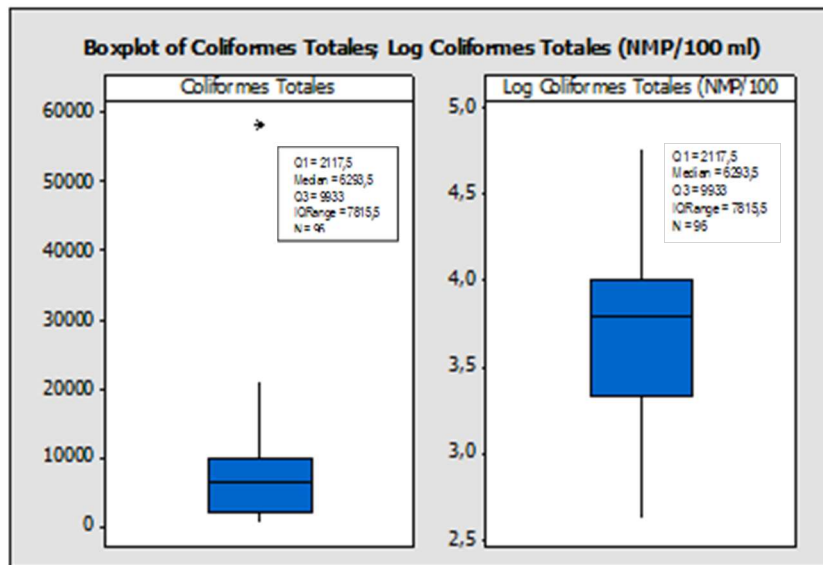
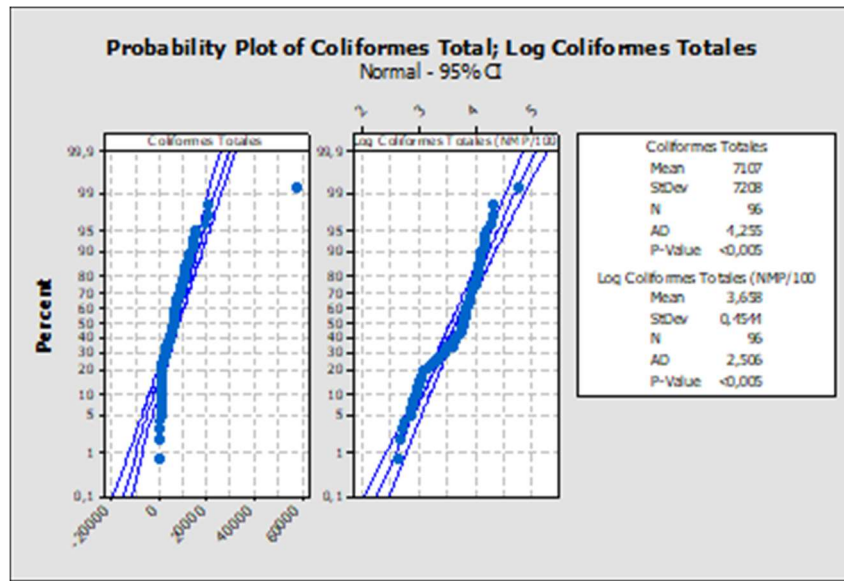
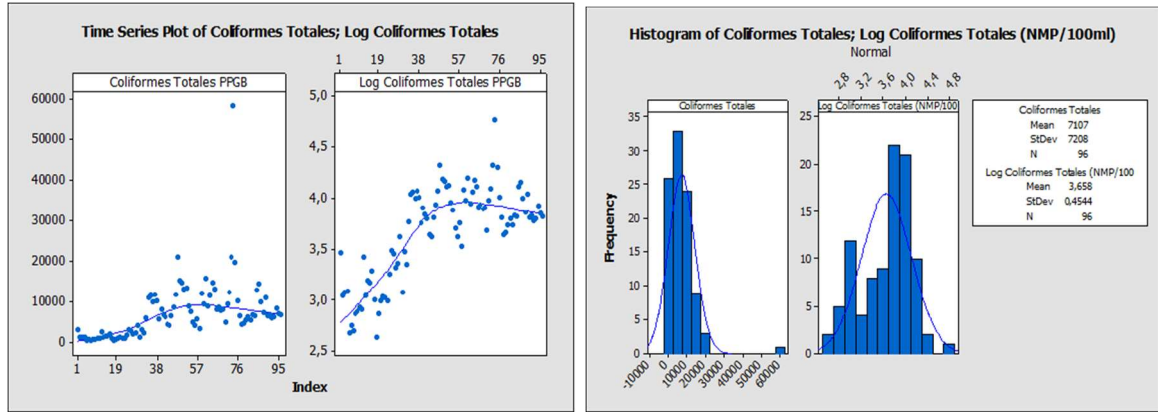


Gráfico 19. Medias mensuales 2016-2023 C. Totales y Log C. Totales - Toma PPGB (a-Serie de tiempo, b-histogramas, c-gráficos de probabilidad, d-gráficos de caja)

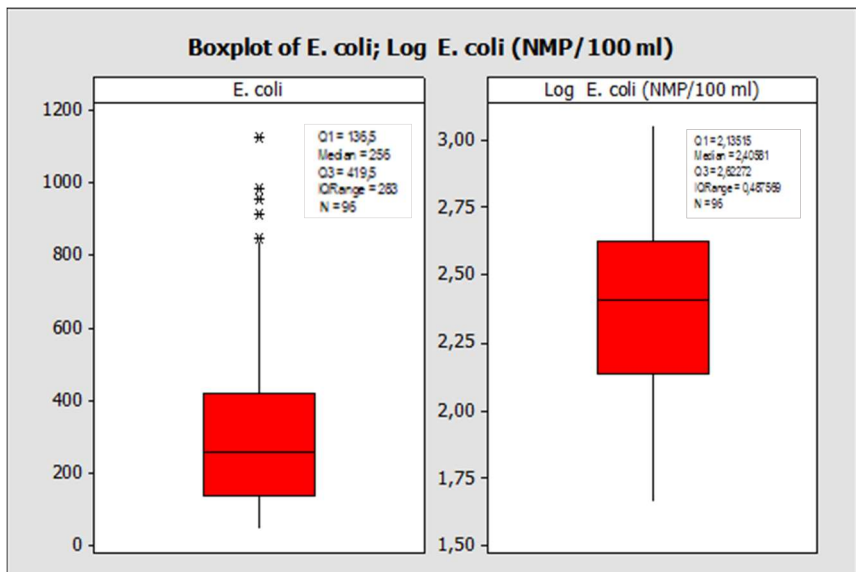
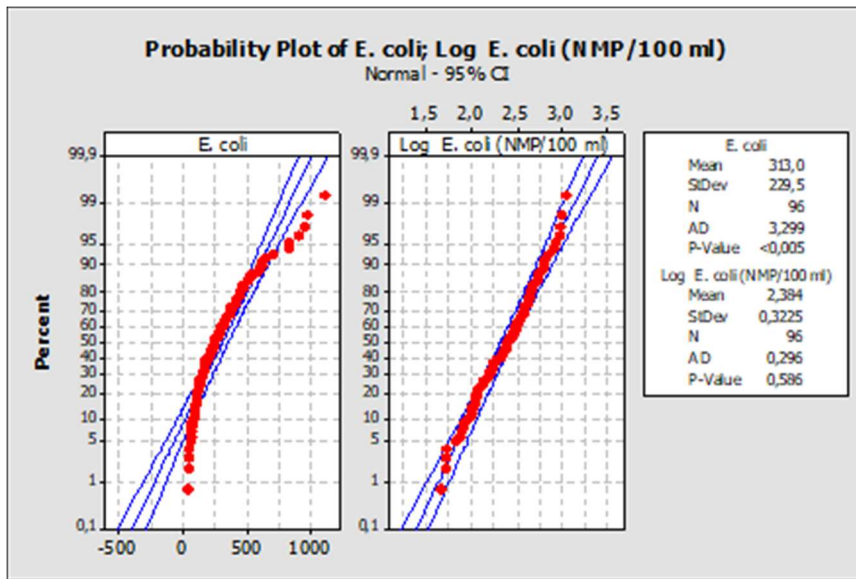
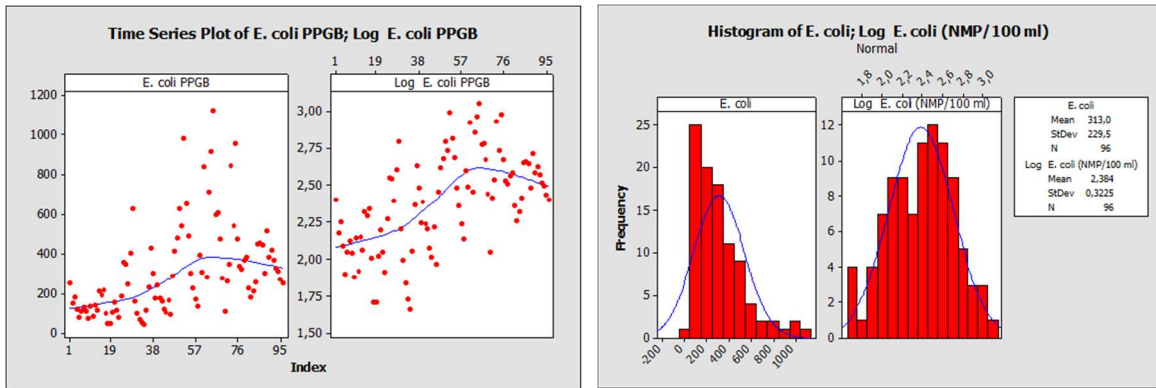


Gráfico 20. Medias mensuales 2016-2023 E. coli y Log E. coli - Toma PPGB (a-Serie de tiempo, b-histogramas, c-gráficos de probabilidad, d-gráficos de caja)

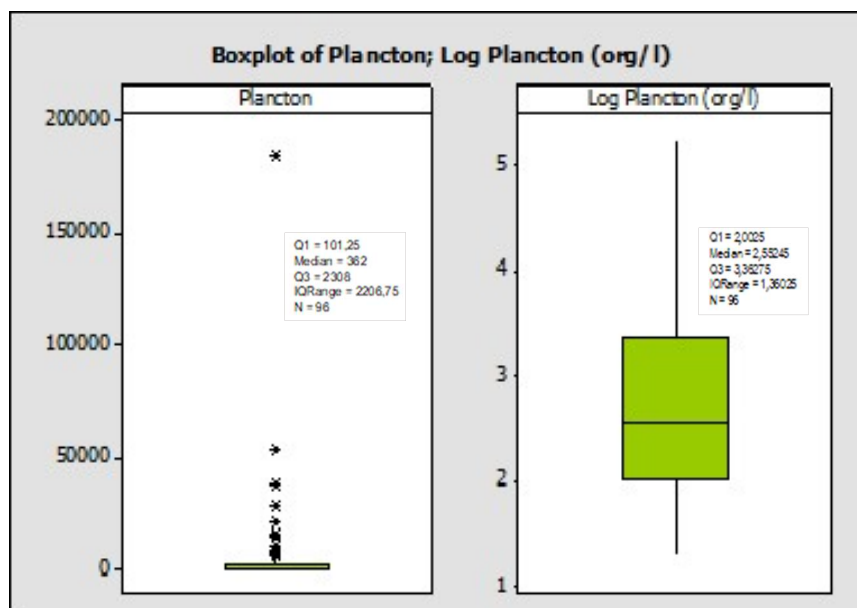
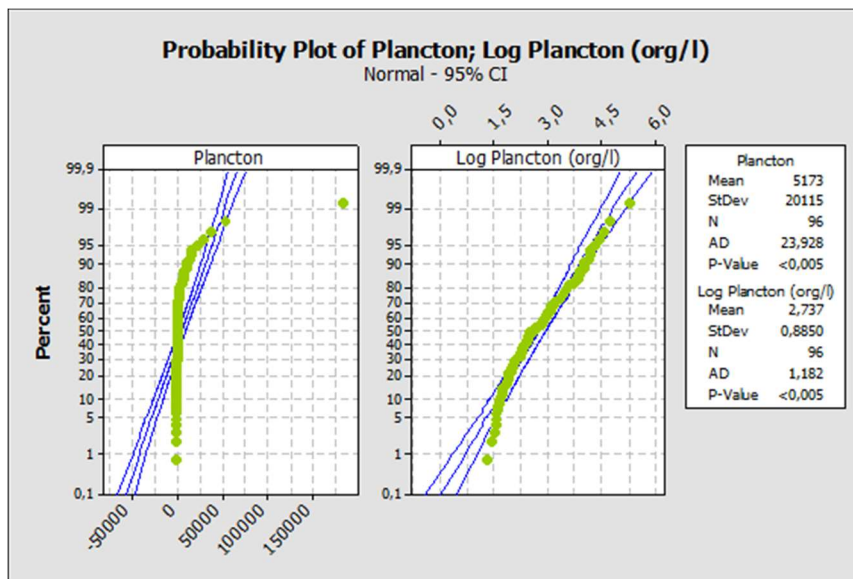
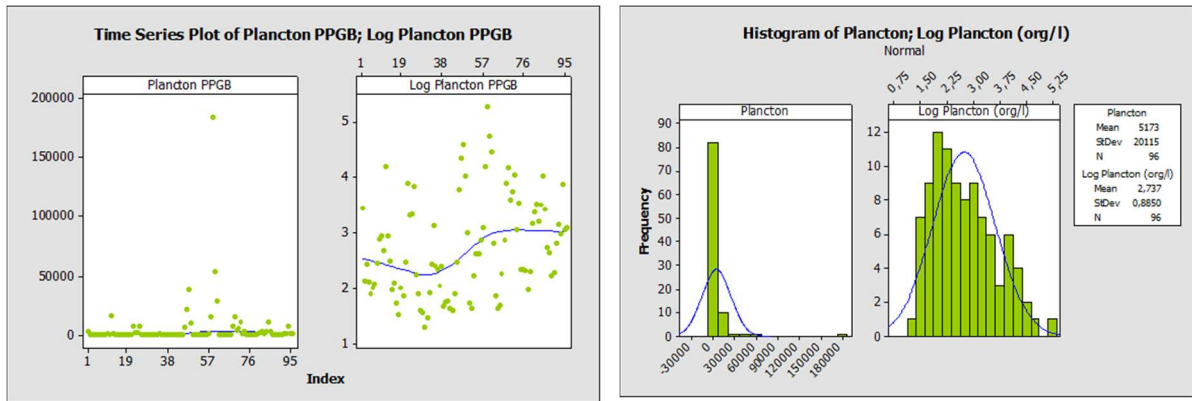
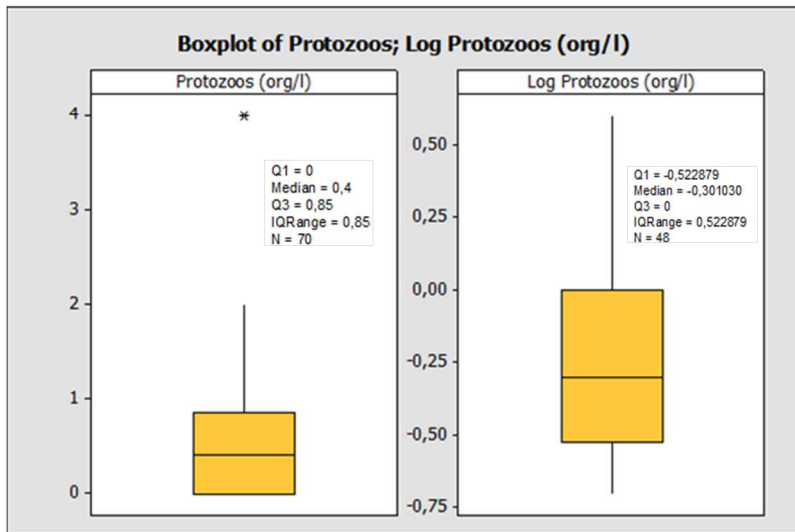
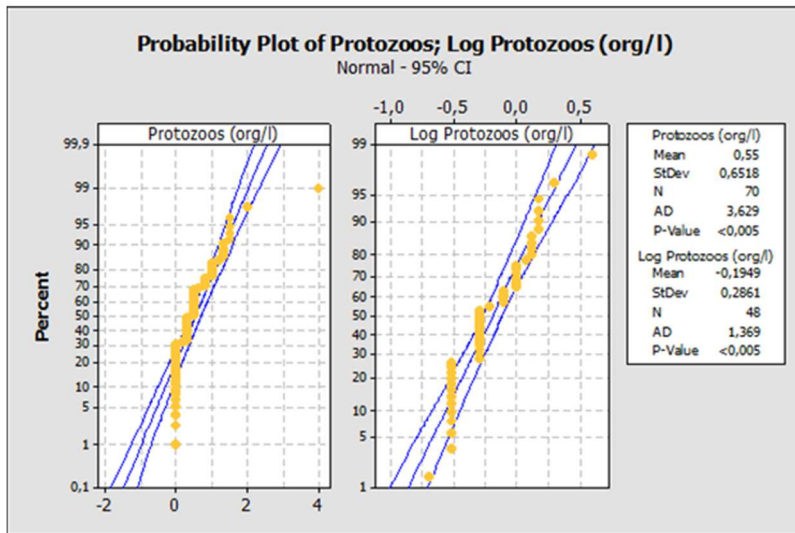
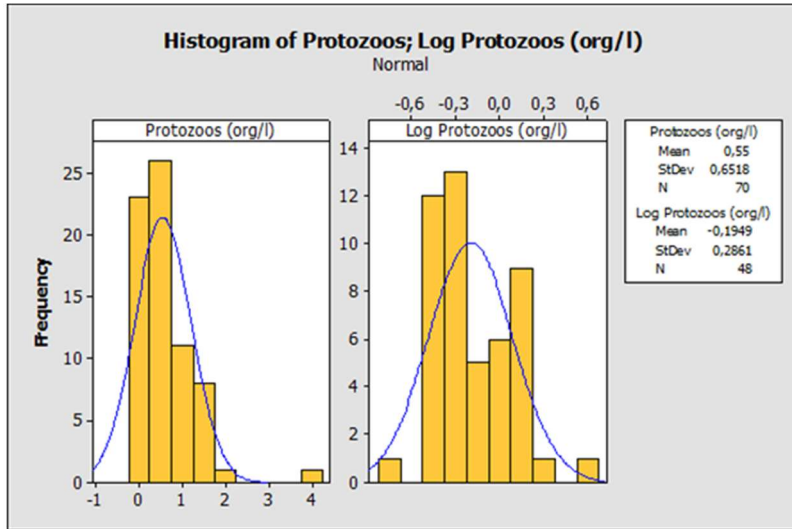
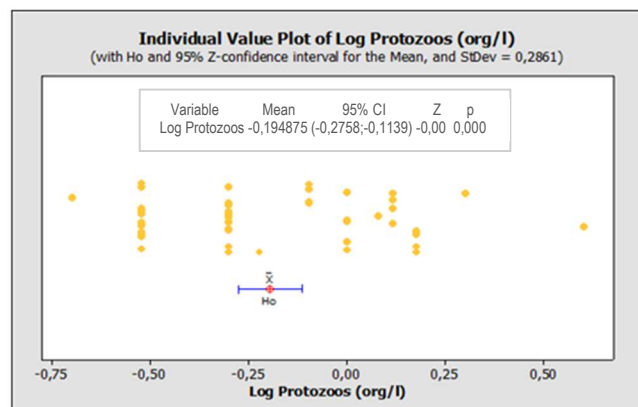
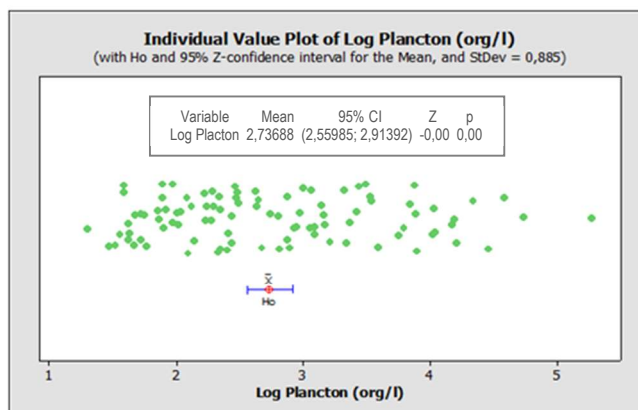
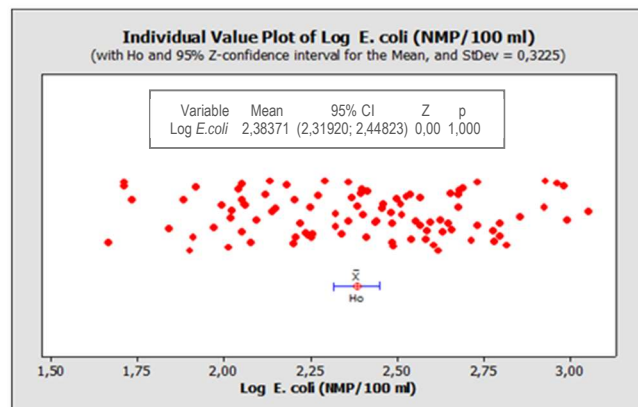
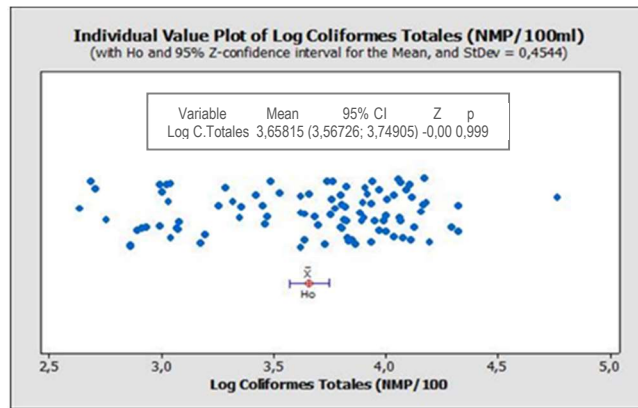


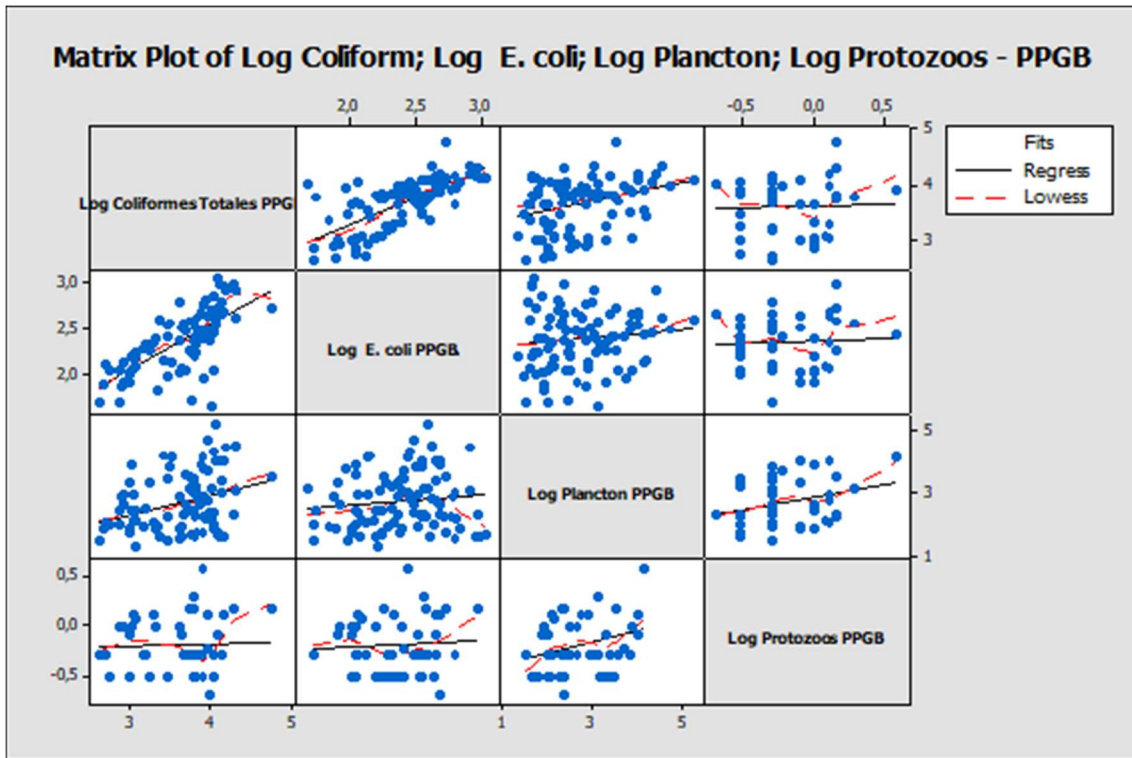
Gráfico 21. Medias mensuales 2016-2023 Plancton y Log Plancton - Toma PPGB (a-Serie de tiempo, b-histogramas, c-gráficos de probabilidad, d-gráficos de caja)



**Gráfico 22. Medias mensuales 2016-2023 Protozoos y Log Protozoos - Toma PPGb (a-Serie de tiempo, b-histogramas, c-gráficos de probabilidad, d-gráficos de caja)**



**Gráfico 23. Intervalo de confianza 95 % de la media parámetros microbiológicos-Toma PPGb**  
a) Log Coliformes Totales- b) Log E. coli- c) Log Plancton- d) Log Protozoos



**Gráfico 24. Correlación parámetros microbiológicos - Toma PPGB**

**Correlación entre parámetros microbiológicos - PPGB**

	Log Coliform	Log E. coli	Log Plancton
Log E. coli	0,695 0,000		
Log Plancton	0,320 0,001	0,117 0,256	
Log Protozoos	0,026 0,862	0,061 0,682	0,296 0,041

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

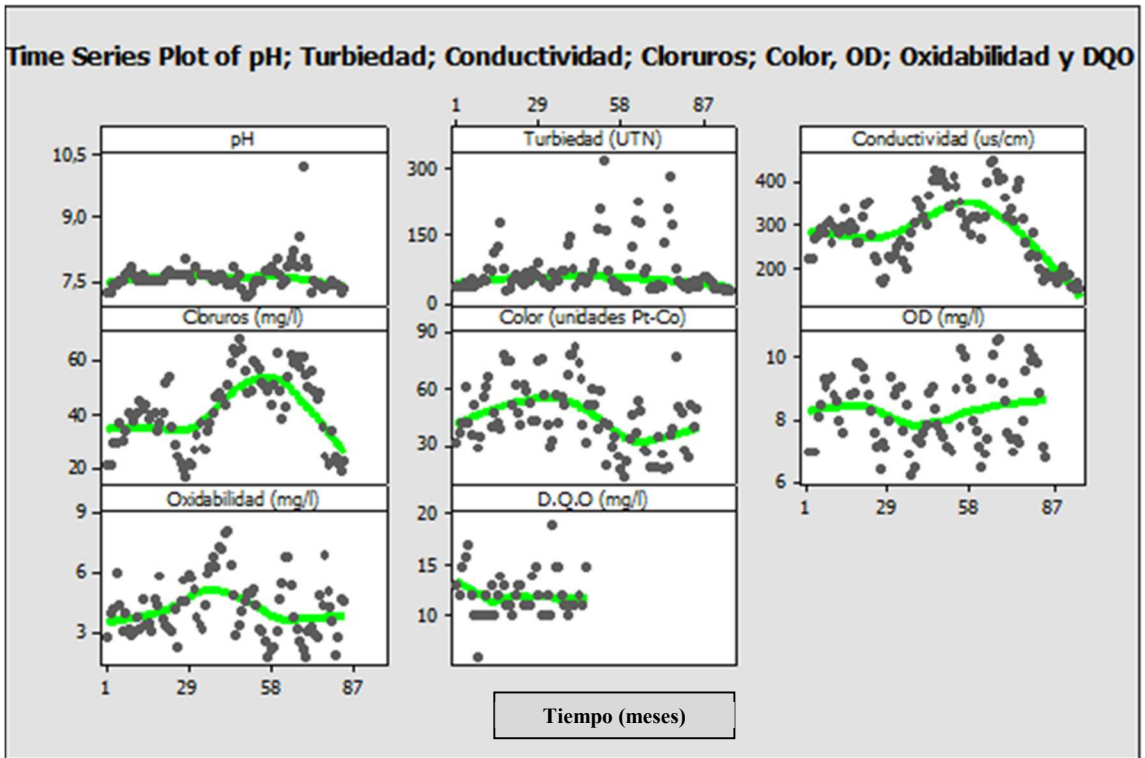


Gráfico 25. Series de tiempo medias mensuales 2016-2023 parámetros fisicoquímicos toma PPGB

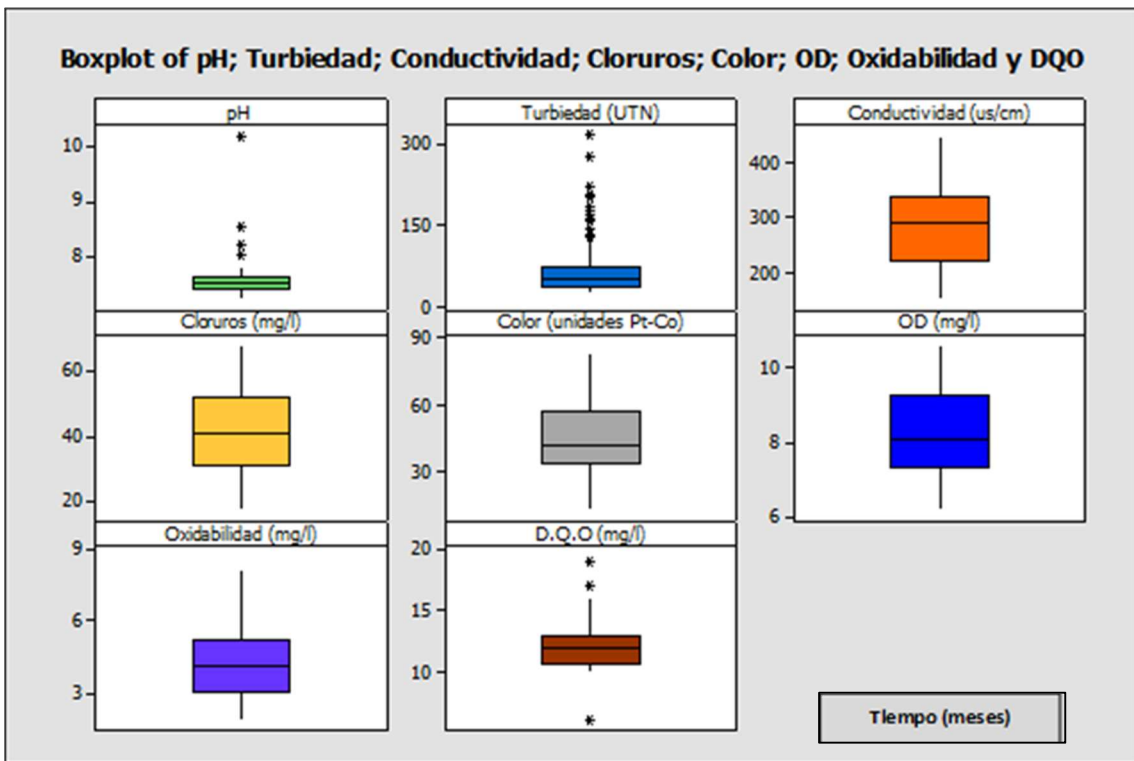


Gráfico 26. Gráficos de caja de las medias mensuales 2016-2023 parámetros fisicoquímicos toma PPGB

## **Análisis de los resultados calidad agua superficial toma captación PPGB** **Histogramas** (gráficos 19b a 22b)

Los histogramas de todos los parámetros microbiológicos presentan distribuciones asimétricas positivas (cola de distribución hacia la derecha). Ésto indicaría que los datos se concentran entre los valores mínimos y medios, con menor frecuencia de valores altos. Los histogramas mejoran la asimetría cuando se grafican a partir de los logaritmos

## **Gráficos de probabilidad** (gráficos 19c a 22c)

Las distribuciones de los parámetros microbiológicos evaluados no ajustan para distribuciones normales, con valores de probabilidad (p) menor a 0.05 y estadístico de Anderson-Darling (AD) mayor a 1.

Cuando se transforman los datos a sus logaritmos, se cumple el ajuste para una distribución normal para el Log *E. coli* ( $p > 0.05$  y  $AD < 1$ ). El resto de los parámetros microbiológicos mejoran notablemente el ajuste para la normalidad, si bien no alcanzan a verificarla completamente.

## **Medidas de dispersión de los datos**

La dispersión de los datos respecto de la media de cada uno de los parámetros estudiados se refleja en el índice desviación estandar (Desv. St tabla 8). Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos

Para comparar el grado de variabilidad entre los distintos parámetros, se utiliza el coeficiente de variación (Coef. Var tabla 4). Se observa que la dispersión de los datos es más marcada para el plancton y los protozoos, en concordancia con el menor ajuste de sus datos a una distribución normal.

## **Gráficos de dispersión, de caja e intervalo de confianza de la media**

Las concentraciones que se informan abajo, expresadas en NMP/100 ml u org/l, se obtienen a partir del log de los parámetros evaluados, dado el mejor ajuste de las distribuciones para la normalidad.

## **Coliformes totales** (gráficos 19a a 19d y 23a)

Presentan concentraciones que alternan entre 2,6 y 4,8 unidades log (400-63.000 NMP/100 ml) a lo largo del período 2016-2023. Se observa un incremento notable de las medias mensuales en el tiempo.

Cabe resaltar que en el año 2018, ASSA realizó un cambio en la metodología de detección de los coliformes totales: generación de gas por fermentación de lactosa a generación de color en medio cromogénico por actividad enzimática específica del grupo. Por lo tanto, cabría indagar si esta variable ha tenido incidencia en la evolución de los datos, por lo que se pondrían en consideración los resultados obtenidos respecto a seguir avanzando con su análisis, en particular, en la estimación de la media.

La mitad de las observaciones, correspondiente a la mediana (percentil 50%), es menor o igual a 6294 NMP/100ml. El rango intercuartil del 50 % intermedio de los datos (IQR) está comprendido entre 2118 NMP/100ml (percentil 25%, Q1) y 9933 NMP/100ml (percentil 75%, Q3).

Los extremos de los bigotes, reflejan que el total de los datos se encuentran comprendidos entre 427 y 58358. El mínimo es 426 NMP/100ml, coincidiendo con el extremo inferior del bigote. El extremo superior del bigote es 22387 NMP/100ml.

El máximo corresponde a un valor atípico (outlier) de 58358 NMP/100ml.

De 96 datos históricos evaluados, la media estimada del log corresponde al valor de 4551 NMP/100ml, con un intervalo de confianza del 95% de 3692 - 5611 NMP/100ml

### **E. coli** (gráficos 20a a 20d y 23b)

Las concentraciones del índice alternan entre 1,7 y 3,0 unidades log (50-1.000 NMP/100ml). Se observa una importante tendencia de aumento durante el período en evaluación, acompañando el incremento de los coliformes totales antes descrito.

Según el formato del gráfico de caja, la dispersión de los datos es homogénea.

La mitad de las observaciones, correspondiente a la mediana (percentil 50%), es menor o igual a 255 NMP/100ml. El rango intercuartil del 50 % intermedio de los datos (IQR) está comprendido entre 137 NMP/100ml (percentil 25%, Q1) y 419 NMP/100ml (percentil 75%, Q3).

Los extremos de los bigotes, reflejan que el total de los datos se encuentran comprendidos entre 46 y 1125 NMP/100ml, coincidiendo con el mínimo y máximo.

De los 96 datos históricos evaluados, la media estimada a partir del log corresponde al valor de 242 NMP/100ml, con un intervalo de confianza del 95% de 209 - 281 NMP/100ml.

### **Plancton** (gráficos 21a a 21d y 23c)

El rango de variación total se encuentra entre 1,3 y 5,3 unidades log (20-200.000 org/l).

Se observa una tendencia de aumento en este parámetro durante el período evaluado.

Presenta un amplio rango de variaciones, estacionales y cíclicas a lo largo de cada año, característica de estos microorganismos en las aguas superficiales. Se dan notables aumentos en época primaveral-estival (por el efecto de la radiación solar y las temperaturas elevadas) y disminución en otoño-invierno.

Según el formato del gráfico de caja, se presenta mayor dispersión de los datos hacia los valores altos, coincidiendo con lo observado en el histograma.

La mitad de las observaciones, correspondiente a la mediana (percentil 50%), es menor o igual a 357 org/l. El rango intercuartil del 50 % intermedio de los datos (IQR) está comprendido entre 101 org/l (percentil 25%, Q1) y 2305 org/l (percentil 75%, Q3).

Los extremos de los bigotes, reflejan que el total de los datos se encuentran comprendidos entre 20 y 184374 org/l, coincidiendo con el mínimo y máximo respectivamente.

De 96 datos históricos evaluados, la media estimada a partir de su log corresponde al valor de 546 org/l, con un intervalo de confianza del 95% de 363 - 820 org/l.

#### **Protozoos** (gráficos 22a, 22d y 23d)

El rango de variación total se encuentra entre 0-4 quistes/L. No se observa una tendencia definida en el tiempo durante el periodo evaluado.

Según el formato del gráfico de caja, se presenta mayor dispersión de los datos hacia los valores altos, coincidiendo con lo observado en el histograma.

La mitad de las observaciones, correspondiente a la mediana (percentil 50%), es menor o igual a 0,50 org/l. El rango intercuartil del 50 % intermedio de los datos (IQR) está comprendido entre 0,30 org/l (percentil 25%, Q1) y 1,00 org/l (percentil 75%, Q3).

Los extremos de los bigotes, reflejan que el total de los datos se encuentran comprendidos entre 0 y 4 org/l, coincidiendo con el mínimo y máximo respectivamente.

De 48 datos históricos evaluados, la media estimada a partir de su log corresponde al valor de 0.64 org/l, con un intervalo de confianza del 95% de 0.53 – 0.77 org/l.

#### **Correlación entre parámetros microbiológicos** (gráfico 24)

Según bibliografía, los procedimientos del valor p para la correlación de Pearson son robustos ante desviaciones de la normalidad y generalmente son exactos para  $n \geq 25$  (Fuente: <https://support.minitab.com>)

Se verifica una correlación positiva moderada entre los parámetros Coliformes Totales y *E. coli* (Pearson= 0.695 y  $p= 0,000$ ) y una correlación positiva baja entre Coliformes Totales y Plancton (Pearson=0.320 y  $p=0,001$ ) y entre el Plancton y los Protozoos (Pearson=0.296 y  $p=0.041$ ). Para el resto de las posibles combinaciones entre los

parámetros microbiológicos no se verifica correlación. Las corridas de Minitab se agregan en ítem 10 Anexos.

Si bien las distribuciones de los log de los parámetros Plancton y Protozoos no ajustan para una distribución normal, se aproximan bastante a ésta y el número muestral de cada parámetro supera ampliamente el mínimo recomendado de 25.

### **Parámetros fisicoquímicos** (gráficos 25 y 26)

Los parámetros seleccionados presentaron variaciones mensuales a lo largo de cada año y a través del periodo 2016-2023, en mayor o menor grado, dependiendo de cada parámetro evaluado. Las líneas de tendencia de evolución de la calidad físico-química del agua superficial de la toma PPGB son poco concluyentes a lo largo del período.

Considerando los coeficientes de variación de tabla 9, la turbiedad y el color presentan la mayor variabilidad, seguidos por conductividad, cloruros y oxidabilidad.

Ésto concuerda con el hecho que las características fisicoquímicas de este curso superficial, léntico y de origen fluvial, varían mayoritariamente de acuerdo al nivel de lluvias aguas arriba en la zona alta de la cuenca, y ocasionan arrastres de sedimentos por el escurrimiento pluvial y del aporte de sus afluentes (item 4) .

### **Cumplimiento de la normativa de calidad**

De todos los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos evaluados, la mayor parte poseen límites establecidos en el Anexo 1.2.3 del Contrato de Vinculación, a excepción del plancton y los protozoos. El parámetro *E. coli* reemplazaría al parámetro coliformes fecales reglamentado en esta normativa, siendo un índice más específico de contaminación fecal.

Del análisis de los datos se concluye que los parámetros evaluados en el agua superficial de captación de la toma PPGB cumplen la normativa vigente.

En particular, si bien la media ajustada a partir del logaritmo del parámetro Coliformes Totales es de 4551 NMP/100ml, el intervalo 95% estimado es de 3226 - 5611 NMP/100ml, superando su extremo mayor el límite establecido en el Anexo 1.2.3 del CVT de 5000 NMP/100ml.

Se reitera lo observado respecto al cambio de metodología de detección de los coliformes totales a partir del año 2018.

### **7.3 Comparación de la calidad del agua superficial entre tomas de captación PPR y PPGB**

Para comparar las medias de dos grupos con variables cuantitativas continuas y con distribución normal, o cercana a ella, se puede elegir una prueba denominada t de Student de dos muestras. Es un test de estadística inferencial, con una hipótesis nula ( $H_0$ ) que plantea que la diferencia en las medias de los grupos es cero y una hipótesis alternativa ( $H_1$ ) donde la diferencia es distinta de cero.

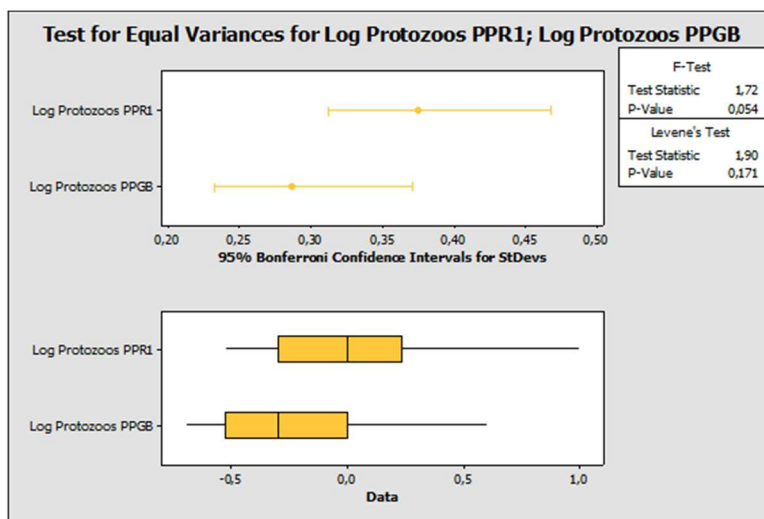
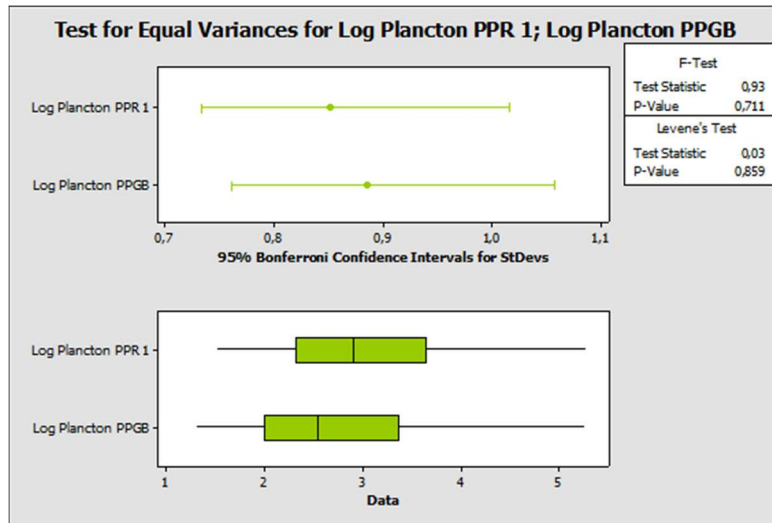
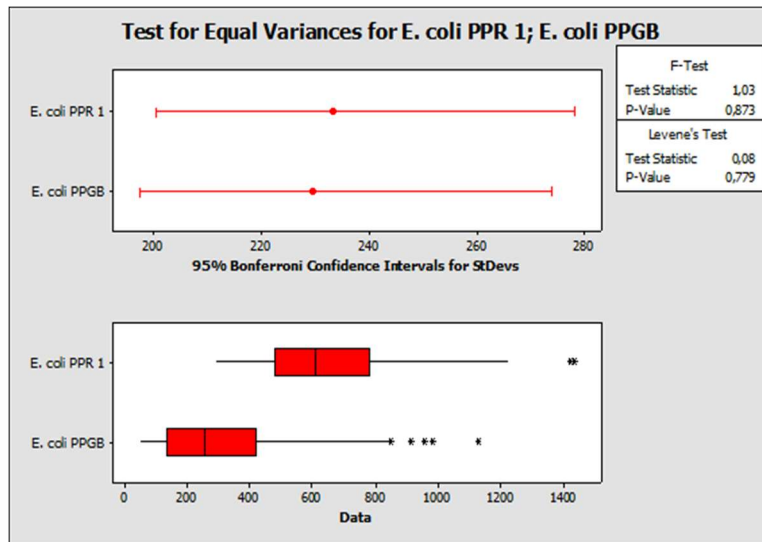
El valor p es la probabilidad de que la diferencia entre las medias muestrales sea al menos tan grande como lo observado, bajo el supuesto de que las medias poblacionales son iguales ( $H_0$ ). Mientras más pequeño sea el valor p, más fuerte será la evidencia de la muestra para rechazar  $H_0$ . Comúnmente se elige un valor de corte de  $\alpha=0,05$  correspondiente a un nivel de confianza del 95%. Un valor de p inferior a 0,05 se considera estadísticamente significativo para rechazar  $H_0$ .

Muchos procedimientos estadísticos, incluidos los de prueba t de dos muestras, parten de la suposición que éstas provienen de poblaciones con igualdad u homogeneidad de varianza. Por lo cual, previo a realizar el test t para la comparación de las medias estimadas, se procedió a realizar la prueba de varianza.

Se utilizan comúnmente dos pruebas para comprobar la homogeneidad de la varianza: la prueba F de Fisher y la prueba de Levene. La diferencia principal entre éstas radica en su robustez frente a la violación del supuesto de normalidad de los datos y en su capacidad para comparar más de dos grupos. La prueba F, o razón de varianzas, es sensible a la violación del supuesto de normalidad y es más potente cuando las poblaciones son normalmente distribuidas, mientras que la prueba de Levene es más robusta a la no normalidad y puede ser utilizada para comparar más de dos grupos (Fuente: <https://support.minitab.com>).

Se decidió comparar las medias de los logaritmos de los parámetros *E. coli*, protozoos y plancton, desestimando a los coliformes totales por las razones expuestas con anterioridad respecto al cambio en la metodología de detección.

En la siguiente página, en el gráfico 27 se presentan los resultados de la prueba de varianzas y las corridas de Minitab respectivas se muestran en ítem 11 Anexos. De la interpretación de los valores de probabilidad obtenidos, mayores al valor de corte ( $p>0.05$ ), se concluye que: los datos no proporcionan suficiente evidencia para afirmar que las dos poblaciones tienen varianzas desiguales. Por lo tanto, es razonable asumir varianzas iguales u homogéneas al utilizar un procedimiento t de dos muestras.



**Gráfico 27. Test de similitud de la varianza – Parámetros microbiológicos Tomas PPR y PPGB  
a) E. coli – b) Log Plancton – c) Log Protozoos**

A continuación, se comparan las medias de los parámetros microbiológicos estudiados en el agua superficial de ambas tomas de captación, PPR y PPGB, mediante la prueba T-student con programa Minitab (gráfico 28). Las corridas de Minitab se muestran en ítem 11 Anexos:

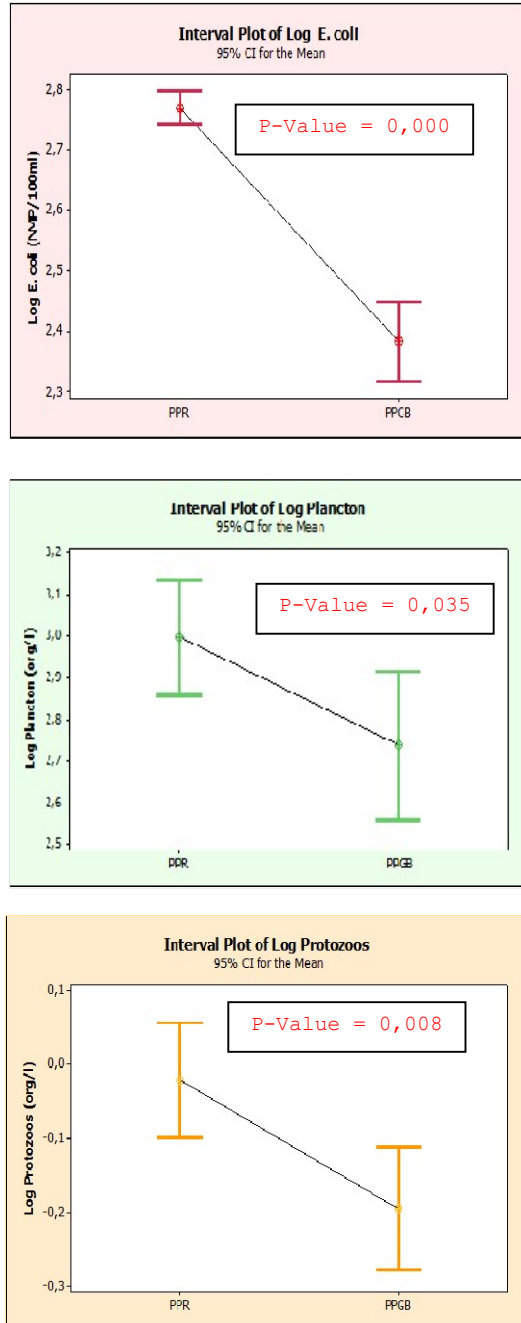


Gráfico 28. Intervalos de confianza 95 de la media-- Tomas PPR y PPGB

Si  $p < 0.05$ , hay evidencia significativa con un nivel del 95% de confianza de rechazar  $H_0$ , por lo tanto existe diferencia significativa entre las medias estimadas de los parámetros microbiológicos evaluados en el agua superficial de captación PPR y PPGB.

## 7.4 Influencia de la altura del río Paraná en la calidad del agua superficial

De acuerdo a lo desarrollado en el ítem 4.2 respecto a la bajante extraordinaria del río Paraná durante el trienio 2019-2022, se pretendió indagar si este fenómeno tendría influencia en las concentraciones de los parámetros microbiológicos evaluados, en el agua superficial de ambas tomas de captación.

Para ello, se ensayó un test de correlación entre la altura del río medida en hidrómetro Rosario y el Log de los parámetros microbiológicos evaluados (gráficos 29 y 30).

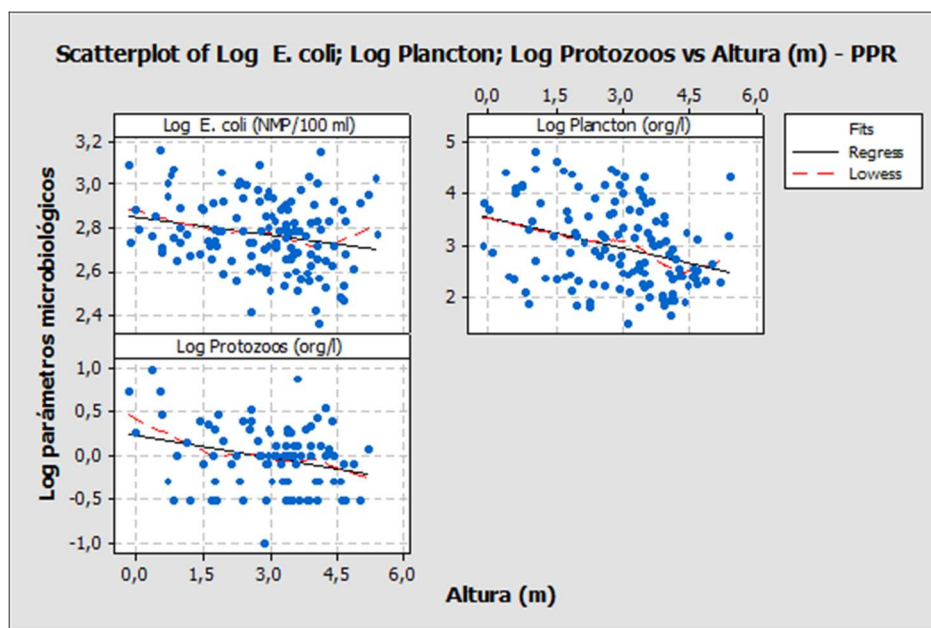


Gráfico 29. Log parámetros microbiológicos vs altura-Toma PPR

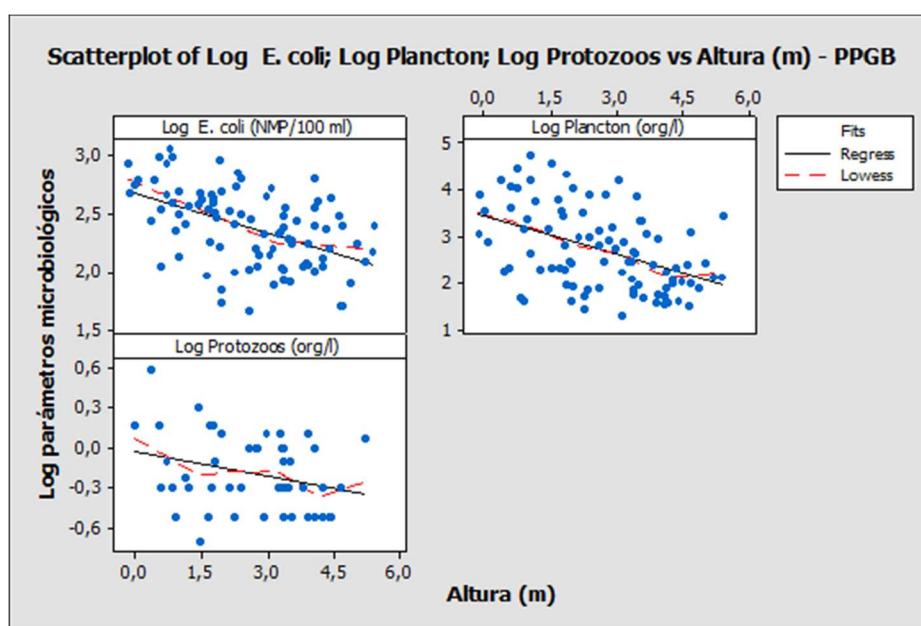


Gráfico 30. Log parámetros microbiológicos vs altura-Toma PPGB

Abajo, se adjuntan las corridas Minitab del test de correlación ensayado para cada una de las tomas. También se adjuntan en ítem 11 Anexo, junto al resto de los test inferenciales ensayados previamente:

**Correlación altura hidrómetro Rosario con parámetros microbiológicos - PPR**

Correlations: Log E. coli (NMP/100ml); Log Plancton (org/l); Log Protozoos (org/l); Altura (m)

	Log E. coli	Log Plancton	Log Protozoo
Altura (m)	-0,222 <b>0,012</b>	-0,312 <b>0,000</b>	-0,264 <b>0,011</b>

Cell Contents: Pearson correlation (r)  
P-Value

**Correlación altura hidrómetro Rosario con parámetros microbiológicos - PPGB**

Correlations: Log E. coli (NMP/100ml); Log Plancton (org/l); Log Protozoos (org/l); Altura (m)

	Log E. coli	Log Plancton	Log Protozoos
Altura (m)	-0,484 <b>0,000</b>	-0,450 <b>0,000</b>	-0,294 <b>0,043</b>

Cell Contents: Pearson correlation (r)  
P-Value

Minitab calcula un valor de probabilidad p, de evidencia significativa para una correlación distinta de cero ( $p < 0.05$  en todos los casos).

El coeficiente de correlación es la medida específica que cuantifica la intensidad de la relación lineal entre dos variables en un análisis de correlación (índice de Pearson (r)), y oscila entre  $-1$  a  $1$ . Un valor absoluto de  $1$  indica una correlación perfecta, mientras que  $0$  indica ausencia de correlación lineal.

El signo del coeficiente indica la dirección de la relación. Un valor positivo significa que las variables se mueven en la misma dirección, mientras que un valor negativo significa que se mueven en direcciones opuestas.

Se concluye que existe correlación entre la altura del río Paraná (hidrómetro Rosario) y cada uno de los parámetros microbiológicos evaluados en el agua superficial de captación de PPR y PPGB. Considerando el valor absoluto y el signo negativo del coeficiente de Pearson, las correlaciones existentes son débiles a moderadas, e inversas, es decir, a mayor altura del río, menor es el log de la concentración de cada uno de los parámetros.

## 8. Relevamiento de vertidos residuales aguas arriba tomas de captación

El relieve santafesino es una extensa llanura inclinada en dirección noroeste-sudeste. Todo el territorio, por su pendiente, pertenece a la cuenca del río Paraná y por éste, a la del Río de la Plata con salida al mar. Esto condiciona el sentido del escurrimiento de la cuenca hídrica mayoritaria de la provincia hacia el Paraná (Figura 13).

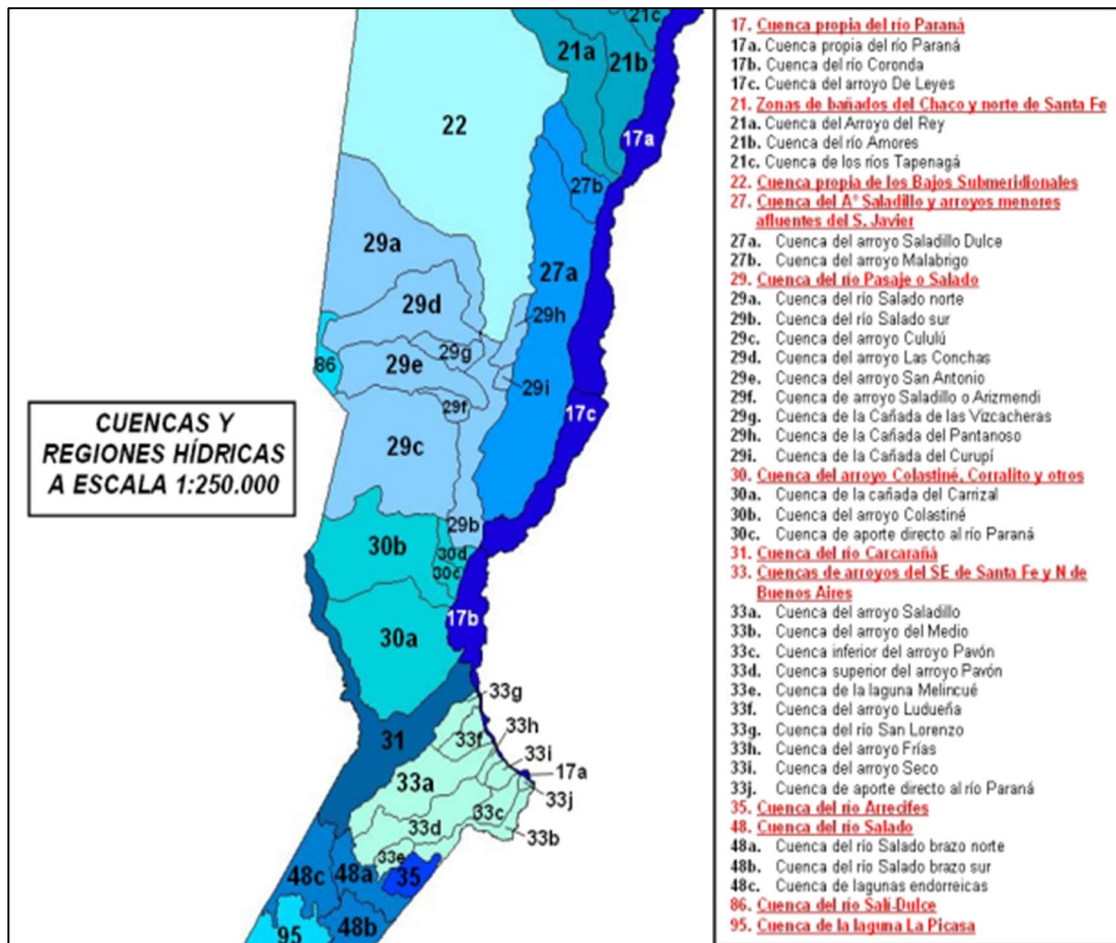


Fig 13. Plano cuencas hídricas provincia de Santa Fe

Existen numerosos ríos y arroyos "tributarios" desde la costa oeste. Entre ellos, el río Salado, señalaría la separación aproximada entre la zona norte de la provincia, incluida en la región chaqueña, y la zona sur que pertenece a la llanura pampeana. Estas zonas geográficas delimitan a su vez una densidad poblacional, explotación de recursos, y nivel de industrialización bien diferenciados en la provincia de Santa Fe.

A pesar de que la economía está bien diversificada, la agricultura sigue teniendo un papel indispensable. El 21% de las tierras cultivadas de la Argentina están en Santa Fe, cuyos cultivos principales son soja; girasol; maíz y trigo. La hierba verde de las provincia es ideal para la explotación ganadera, representando el 20% de la faena y el 40 % de la producción láctea nacional.

Cabe resaltar que la intensa explotación agrícola-ganadera del territorio provincial influiría en la calidad de las escorrentías pluviales que drenan finalmente en la cuenca receptora del Paraná, principalmente mediante el aporte de materia orgánica, nutrientes y enteropatógenos.

Respecto a la actividad industrial de la provincia se destacan la industria aceitera, molinos harineros, producción de lácteos y de carnes. Además de la siderurgia, el sector automotriz, y la fabricación de máquinas y herramientas agrícolas y electrodomésticos.

A continuación, en figura 14, se adjunta una imagen satelital de la provincia de Santa Fe, con ubicación georeferenciada de las industrias registradas con vertidos de efluentes al río Paraná, en forma directa o mediante afluentes de la cuenca. También se georeferencian las tomas de captación de agua superficial (Fuente. Ministerio de Ambiente y Cambio Climático, provincia de Santa Fe, 2016).

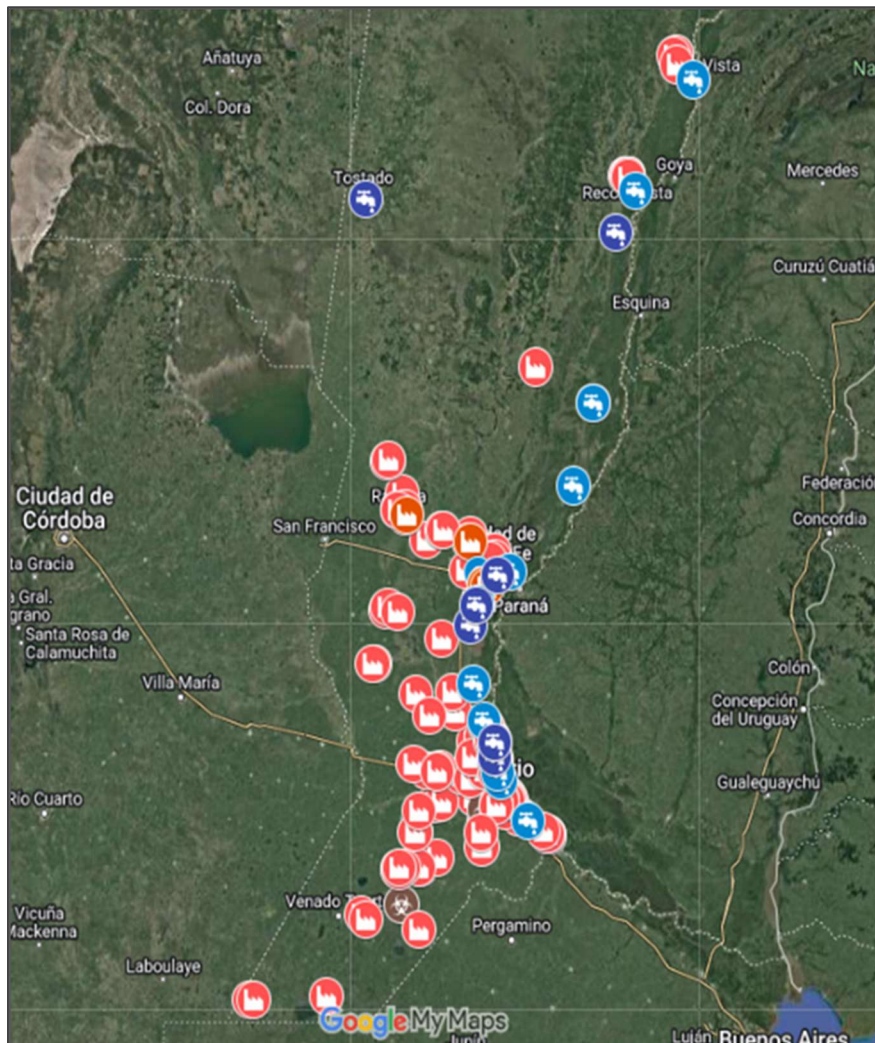


Fig. 14. Imagen mapa temático ubicación industrias con vertido a la cuenca del Paraná

Se observa que la zona centro-sur de la provincia (llanura pampeana), tiene mayor densidad de industrias con vertidos a la cuenca del Paraná, acompañando a un mayor índice de densidad poblacional, respecto de la zona norte.

Esta situación condiciona la calidad y cantidad de vertidos residuales generados por la actividad antrópica, que junto a una explotación agrícola-ganadera intensa de la zona centro-sur de la provincia, converge en un aporte extraordinario de efluentes residuales hacia el río Paraná, cuerpo receptor final.

En la imagen siguiente (Figura 15), se amplifica la zona de influencia aguas arriba de las tomas PPR y PPGb, acotándola hasta la localidad de San Lorenzo, ubicada a 30 km al norte de la ciudad de Rosario. Es notable la importante actividad industrial con descargas al Paraná, en el rango de distancia acotado, aguas arriba de ambas tomas de captación. El control y gestión de la calidad de estos vertidos industriales es de competencia del Ministerio de Ambiente de la provincia de Santa Fe.

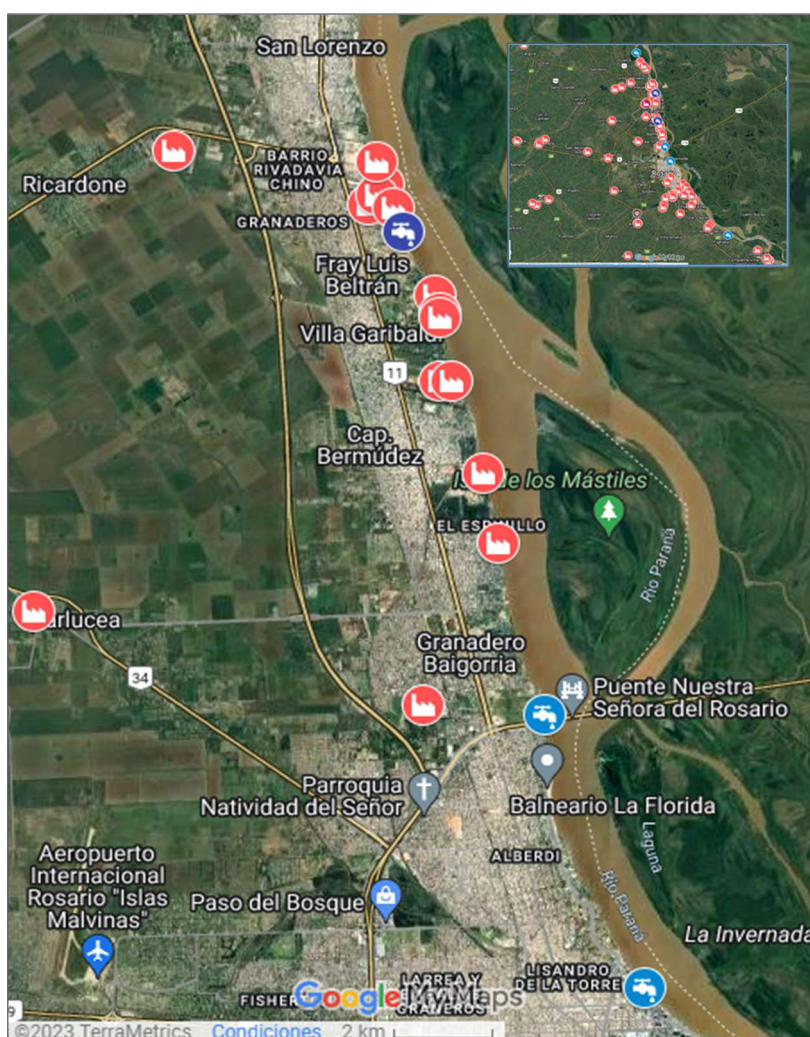


Fig. 15. Imagen satelital zona de influencia aguas arriba de las tomas PPR y PPGb

Como se mencionara en el ítem 1, el arroyo Ludueña, curso superficial con un grado de contaminación notorio y de público conocimiento, descarga aguas arriba de la toma de capación de la PPR a escasos 1,5 km (<https://www.elciudadanoweb.com/por-fin-presentaron-estudio-riguroso-sobre-el-estado-ambiental-del-arroyo-luduena-entre-2022-y-2024/>)

El Ludueña atraviesa Rosario de oeste a este en la zona norte pero su cuenca abarca otras 14 localidades de los departamentos Rosario y San Lorenzo. Son nada menos que 80 mil hectáreas a lo largo de 19 kilómetros, por lo que las políticas públicas de vigilancia y normas de uso en su área de influencia deberían ser a escala metropolitana y provincial (Figura 16).



Fig. 16. Plano recorrido arroyo Ludueña y estaciones de muestreo  
(Fuente: Ministerio de Ambiente)

En general, se da una actividad mayormente agropecuaria en la cuenca alta de este arroyo, que se transforma en un uso urbano e industrial del suelo en su cuenca media y baja. Todas esas acciones humanas impactan sobre el medio ambiente con aumento de contaminantes y pérdida de capacidad de infiltración de los suelos, entre otros efectos negativos. La consecuencia es un aporte significativo de fertilizantes y plaguicidas en la cuenca alta y de efluentes cloacales, basurales, tratadores de residuos, frigoríficos y otros en su cuenca media y baja. Los perjuicios son mayores en los últimos años en función del cambio climático que genera fenómenos extremos de temperaturas, lluvias y sequías.

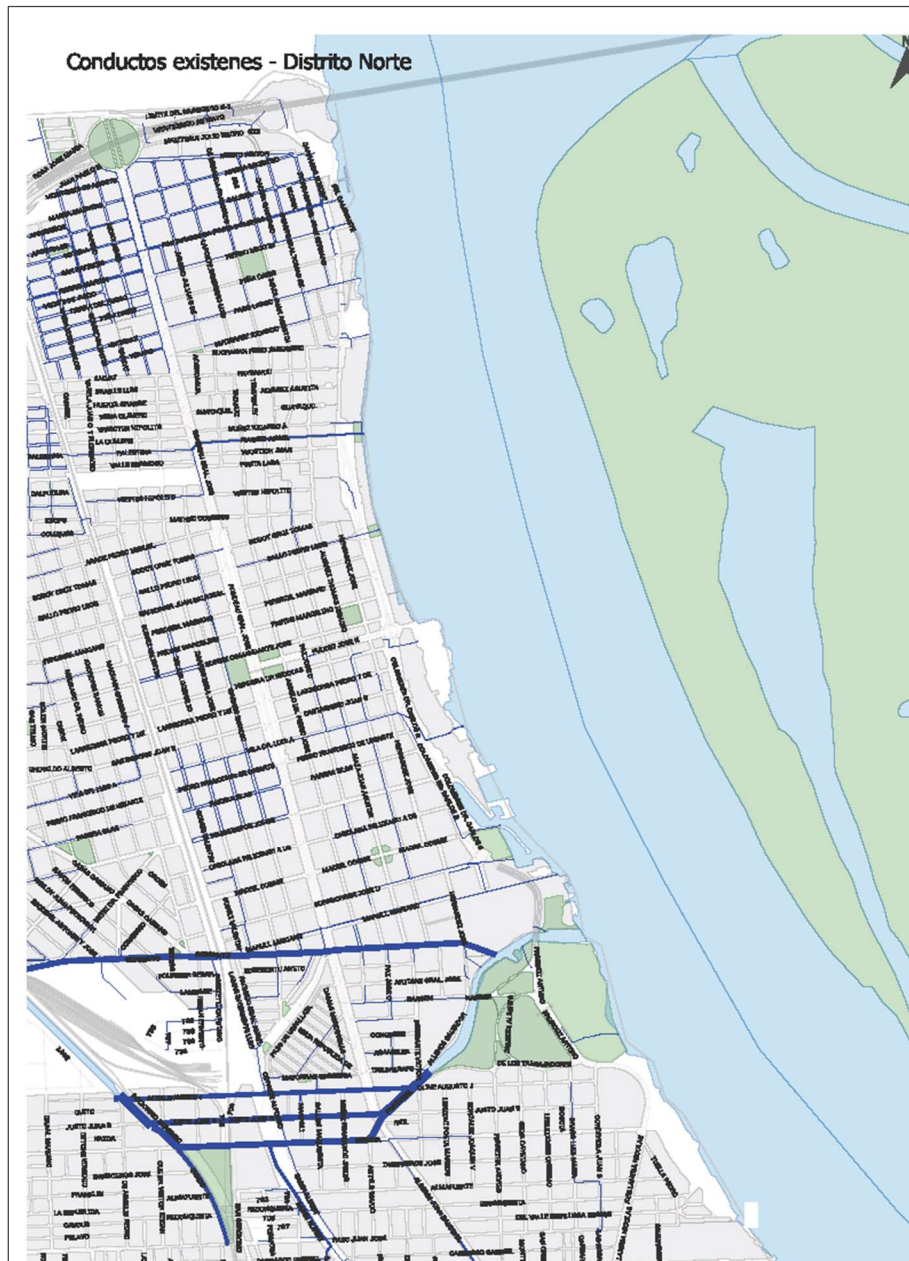
De acuerdo a un monitoreo de la calidad del arroyo en su recorrido completo por el territorio que atraviesa, y sus afluentes, a partir del convenio suscripto entre la Municipalidad de Rosario y la Universidad Nacional de Rosario (UNR), con inicio en octubre de 2022 a marzo 2024, entre las conclusiones establece que *“...las aguas del arroyo ingresan a territorio rosarino con baja carga orgánica que va aumentando en las zonas intermedias a valores altos para disminuir de nuevo a niveles medios de contaminación orgánica sobre la desembocadura en el Paraná”*. Y añade *“... en todas las zonas medidas se deduce que hay descargas de aguas domésticas y cloacales ...y en las salidas a territorio se constató la existencia de emisarios pluvio-domiciliarios con descarga al arroyo”*.

A continuación, se presenta un breve compendio de resultados de la evaluación de la calidad de este arroyo en el sitio de descarga en el río Paraná, donde se demuestra la presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal en este curso superficial, y en elevadas concentraciones concentraciones.

**Tabla 13. Calidad del arroyo Ludueña en la confluencia al río Paraná**

Fecha	pH	Turbiedad	CE	DBO	DQO	OD	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Cromo	Plomo	Niquel	Glifosato	AMPA
	unidades pH	UNT	mS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml	NMP/100ml	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
jun-12													
jul-12	8,2	10	769	6	21		$1,5 \times 10^5$	$9,1 \times 10^4$					
ago-12		350	2400	7	17		$4,3 \times 10^5$	$4,3 \times 10^5$					
ago-12	7,2	900	946		35		$2,4 \times 10^6$	$3,9 \times 10^5$					
ago-12					36		$4,6 \times 10^5$	$4,3 \times 10^4$					
nov-12	7,2		980	2	39	7,0	$4,3 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$					
mar-15					34		$9,3 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$					
may-15				7	30		$2,3 \times 10^5$	$9,1 \times 10^4$					
jun-15					35		$1,1 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$					
oct-22	7,4		440	5	12	6,5		...	...	...	...	...	...
nov-22	7,5		480	4	13	5,3		...	...	...	...	...	...
dic-22			610	6	12	4,6							
mar-23	6,8		3400	<2	10	2,3							
abr-23	7,4		3000			1,5							
jul-23	7,6			78	249	1,6		73	<0,01	<0,05	<0,02	N/D	N/D

Otro punto de aporte de contaminantes a considerar, corresponde a la existencia de descargas pluviales en toda la ribera de la zona norte de la ciudad de Rosario, ubicadas a una distancia máxima de 5 km de la toma PPR. Al respecto, en la siguiente imagen (Figura 17), se destacan en color azul los conductos pluviales con descarga al Paraná. El espesor de la línea es un indicador de la magnitud del diámetro de cada conducto. Los conductos de mayor caudal descargan en la traza final del Arroyo Ludueña (Fuente: Municipalidad de Rosario).



**Fig. 17. Conductos pluviales con descarga al río Paraná en zona norte Rosario**

Según un estudio realizado por la Universidad Nacional de Rosario (UNR), estos conductos pluviales estarían influenciados por descargas cloacales clandestinas que afectarían la calidad del agua superficial de la toma PPR ubicada aguas abajo (Fuente: Estudio preliminar de la calidad microbiológica del agua en el balneario La Florida, Centro de Ingeniería Sanitaria, FCEyA, UNR, 2001). A la fecha, no se han actualizado datos de calidad, con acceso a información pública, en los balnearios de la zona norte de Rosario, salvo los relacionados con las descargas pluviales de mayor diámetro que vierten en el arroyo Ludueña (Figura 17).

Además, de acuerdo a un informe del Ente Regulador de Servicios Sanitarios (Santa Fe), respecto a la presencia de indicadores de contaminación fecal en el agua superficial de las tomas de captación en estudio (PPR y PPGB), durante el período 2019-2023 se verificó un importante incremento del índice *E. coli*, del orden del 500%, en contraste con el resto de las tomas de captación presentes a lo largo de la ribera del río Paraná, aguas arriba del Gran Rosario: Desvío Arijón, Santa Fe, San José del Rincón y Reconquista, entre otras (Fuente: Gerencia Control de Calidad-ENRESS, 2023).

Desde el año 2016, el ENRESS ha propiciado la implementación de Planes de Seguridad del Agua, acorde a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, siendo uno de los pilares fundamentales de dicha metodología la protección de las fuentes de agua utilizadas para consumo humano.

Finalizando, es notable la exposición a la contaminación microbiológica del agua superficial de abastecimiento de las PP pertenecientes al área del Gran Rosario y promovida, al menos en parte, por descargas industriales y pluvio-cloacales gestionadas de manera inadecuada aguas arriba de éstas.

## **9. Conclusiones y recomendaciones finales**

La contaminación del ambiente se ha convertido en uno de los problemas globales más urgentes de la humanidad, con particular énfasis en la contaminación de los recursos hídricos. El agua, como bien o recurso, debe estar disponible en la cantidad necesaria, la calidad requerida y en el momento indicado

La gestión del agua, en su condición de bien económico, es un medio importante de conseguir un aprovechamiento eficaz y equitativo, y de favorecer la conservación y protección de los recursos hídricos. Las alternativas para afrontar estos retos pasan por:

- Proteger el recurso: proteger los recursos actuales, potenciarlos y en la medida de lo posible conseguir otros nuevos.

- Potenciar la eficiencia: mejorar los procesos y establecer actuaciones que potencien el uso racional del recurso hídrico y el ahorro del consumo de agua tratada.
- Sostenibilidad: fomentar la reutilización de las aguas residuales y el aprovechamiento de las escorrentías pluviales para determinados usos, y así minimizar las descargas a los cursos superficiales, incluyendo la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU).

Es fundamental conocer la calidad de las aguas de origen, ya que permite determinar las necesidades de tratamiento del agua de captación para cumplir las metas de protección de la salud establecidas en un Plan de Seguridad del Agua, también recomendado por la Organización Mundial de la Salud en sus Guías de calidad de agua para consumo. Al respecto, de lo desarrollado en este trabajo final se concluye:

\* Se demuestra el cumplimiento de los límites reglamentados en el Anexo 1.2.3 CVT para parámetros físico-químicos y bacteriológicos, a excepción de las bacterias coliformes totales en el agua superficial de captación PPR, cuya media estimada supera el límite establecido en esa normativa. Este incumplimiento resaltaría un deterioro de la calidad ambiental, que demandaría una optimización en la gestión del recurso hídrico y de los procesos unitarios de esa Planta Potabilizadora. Se reitera lo observado respecto al cambio de metodología de detección de los coliformes totales a partir del año 2018. Los parámetros plancton y protozoos no tienen límites establecidos en esta normativa.

\* Pese al cumplimiento de los límites para el índice *E. coli*, se observa una clara tendencia de aumento, durante el período en evaluación, en el agua superficial de ambas tomas de captación, acompañando el incremento de los coliformes totales descrito en los ítems 7.1 y 7.2.

\* Se confirma la contaminación fecal del agua superficial de captación en ambas PP, mediante la detección del índice *Escherichia coli* y de los quistes de protozoos *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*. La mera presencia de protozoos patógenos, independientemente de la existencia o no de límites definidos para éstos, confirma contaminación fecal en el agua superficial con microorganismos de mayor resistencia ambiental y a los tratamientos de potabilización respecto de las bacterias patógenas.

\* Teniendo en cuenta que el índice de contaminación fecal *E. coli* solo es representativo de la presencia de bacterias enteropatógenas y la determinación de quistes de protozoos demanda un elevado costo, además de alta complejidad técnica y tiempos prolongados de ensayos, el prestador del servicio de agua de las localidades en estudio debería incluir en sus determinaciones de rutina diaria, al menos, uno de los indicadores

de patógenos entéricos de resistencia recomendados en las guías OMS (enterococos intestinales, esporas de *Clostridium perfringens* y/o bacteriófagos).

\* Se demuestra, con significancia una del 5%, que existe diferencia significativa entre las medias estimadas de los parámetros microbiológicos del agua superficial de captación de las PP comparadas. Las medias estimadas en PPR son mayores respecto de PPGB, y podría ser explicado por una mayor influencia de las descargas de líquidos residuales a las que se encuentra expuesta la toma PP Rosario.

\* Se verifica una correlación negativa, de baja a moderada magnitud, entre la altura del río Paraná y los parámetros microbiológicos evaluados (*E. coli*, plancton y protozoos) en ambas tomas de captación de agua superficial, PPR y PPGB.

\* El prestador del servicio de agua para consumo de las localidades Rosario y G. Baigorria, debería implementar un Plan de Seguridad del Agua, priorizando y optimizando los procesos unitarios de sedimentación y filtración. Se recuerda que estos procesos son fundamentales en la remoción de protozoos y virus entéricos, no eliminados mediante la cloración final del agua, en las dosis y tiempos de contacto comunes a los procesos de potabilización.

\* Respecto a la valoración de la contaminación físico-química en el agua superficial de captación en PPR y PPGB, teniendo en cuenta todos los parámetros físicoquímicos evaluados por ASSA en sus controles de rutina, no se evidencia, a priori, una influencia negativa de los vertidos residuales. Sin embargo, se advierte que este trabajo no contempló, por ausencia de datos, la valoración de la contaminación antrópica del agua superficial con compuestos grupalmente conocidos como "contaminantes emergentes", a decir, microplásticos y compuestos residuales derivados del consumo de fármacos, drogas de abuso, productos cosmetológicos y otros.

Recientes trabajos de investigación a nivel mundial, demuestran que éstos, presentes en las aguas residuales domésticas, bioacumulan y biomagnifican en la cadena trófica acuática, alcanzando al ser humano a través de la ingestión del agua y otros alimentos. Dado que estos contaminantes no serían removidos mediante los tratamientos de potabilización convencional, ameritaría realizar una evaluación de su impacto en el agua de captación en PPR y PPGB, a fin de dilucidar el estado de situación en esta zona geográfica.

\* La Constitución Nacional Argentina, en su artículo 41, establece el derecho a un ambiente sano para todos los habitantes, enfatizando la necesidad de un equilibrio entre el desarrollo humano y la preservación del entorno para las futuras generaciones. Este

derecho no solo implica la posibilidad de disfrutar de un ambiente saludable, sino también el deber de preservarlo.

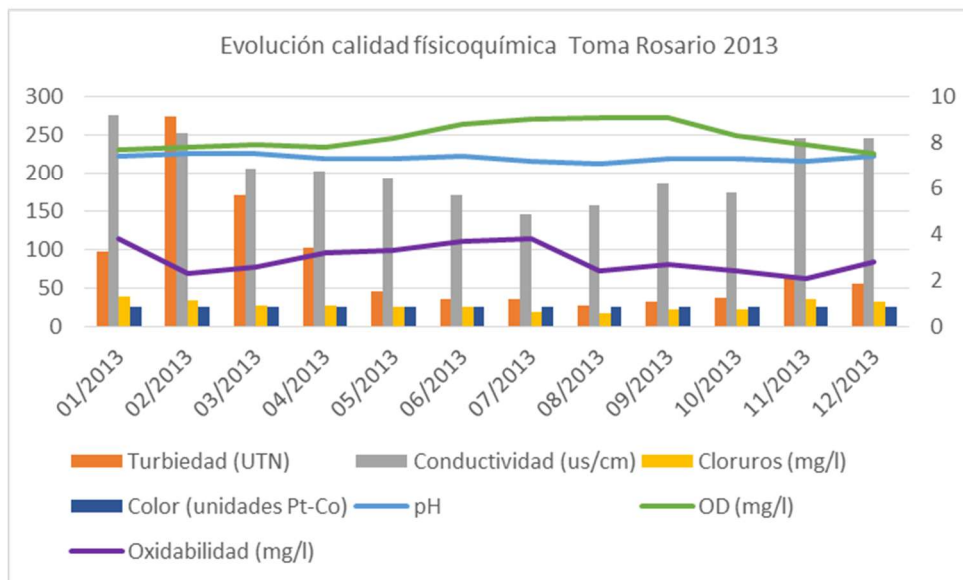
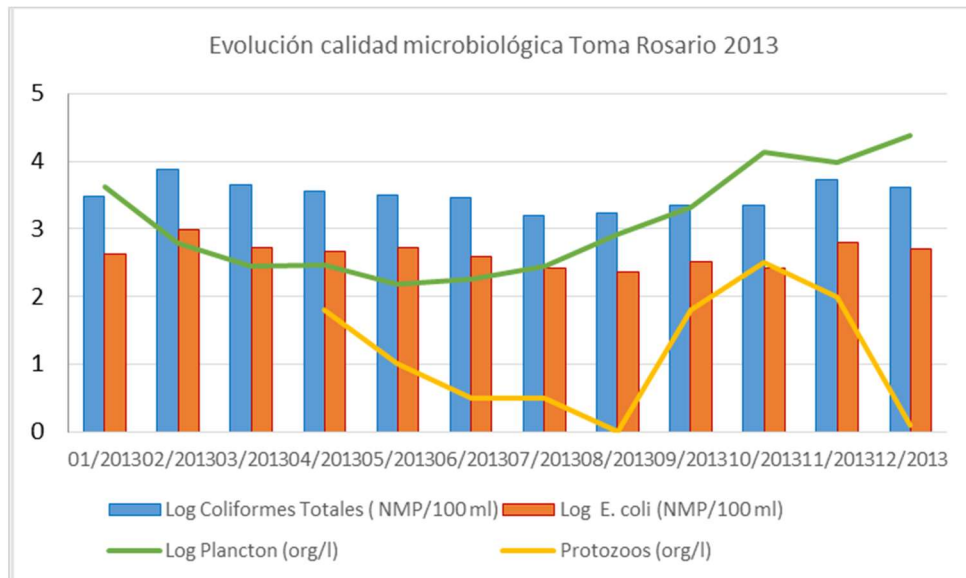
De todo lo expuesto, se puede afirmar que es imperiosa e imprescindible una mayor intervención de los organismos de competencia en la vigilancia y preservación de los recursos hídricos, maximizando las acciones de saneamiento de los afluentes del río Paraná aguas arriba de las tomas de captación relevadas, en particular, en la Planta Potabilizadora Rosario expuesta a múltiples fuentes de contaminación.

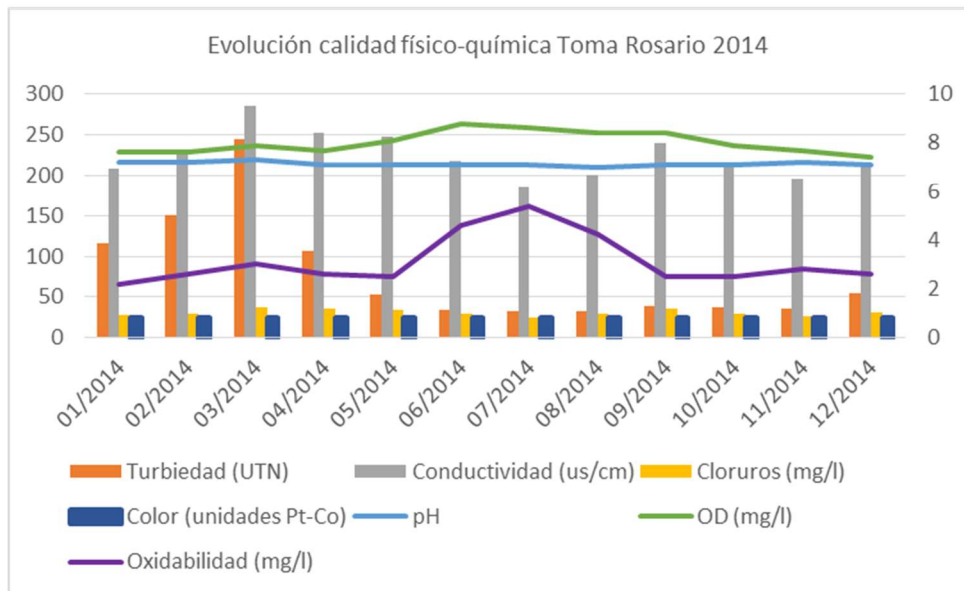
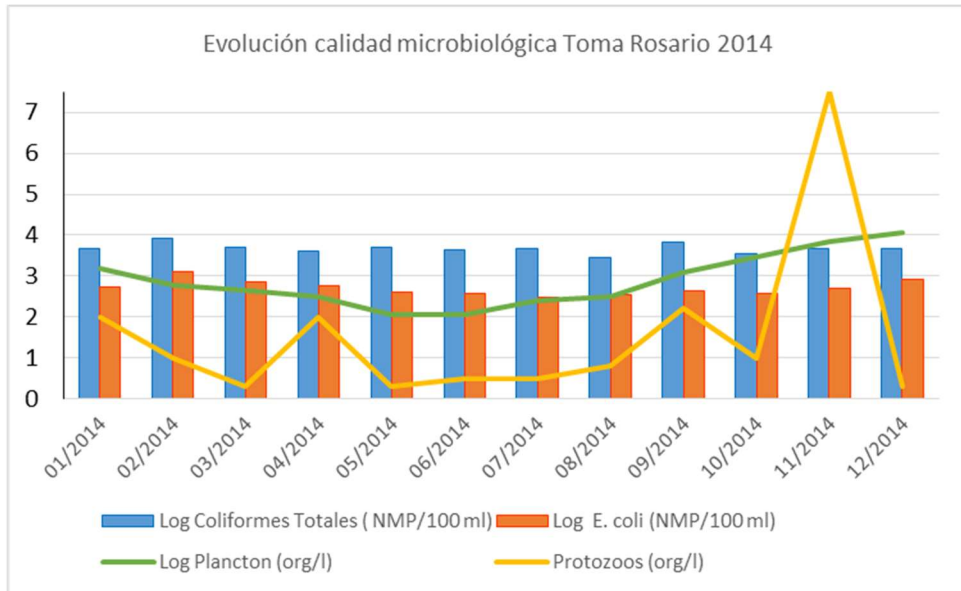
Dada la extensión de la cuenca del Arroyo Ludueña, las políticas públicas de vigilancia y normas de uso deberían ser a escala metropolitana y provincial.

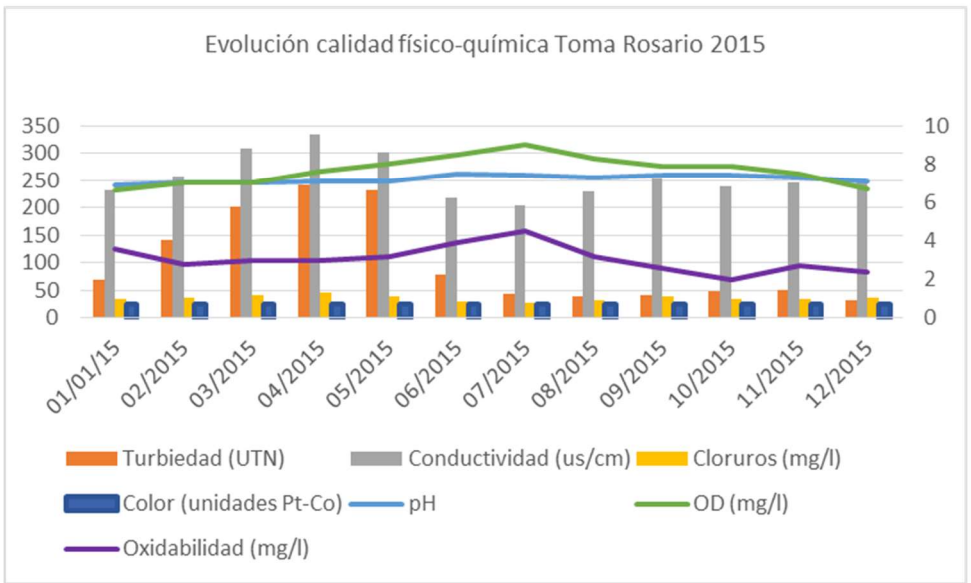
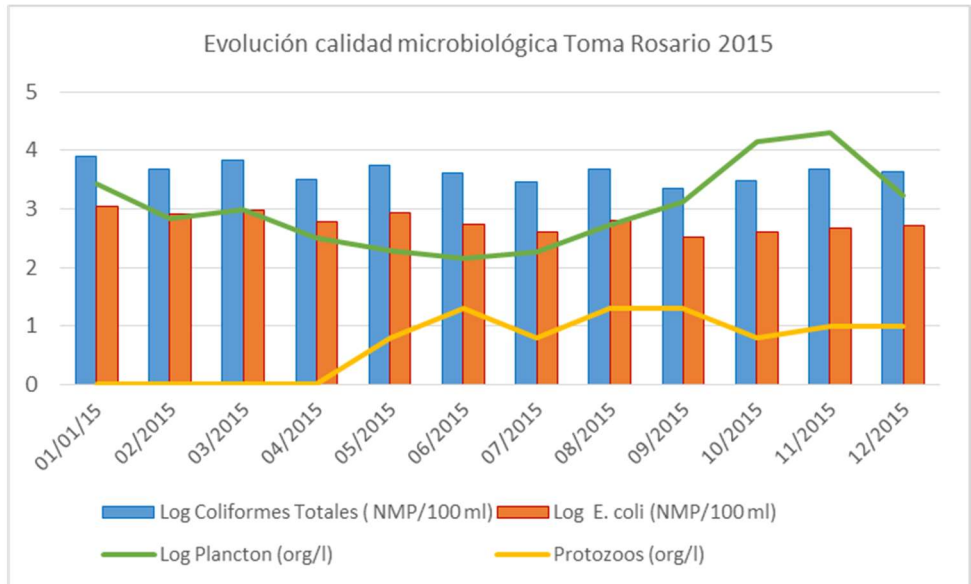
## **10. Referencias bibliográficas**

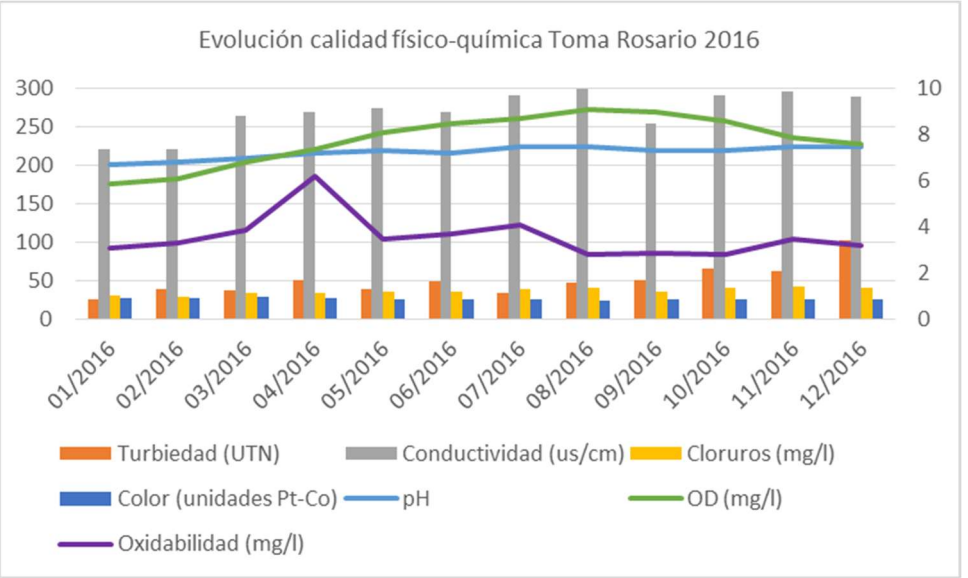
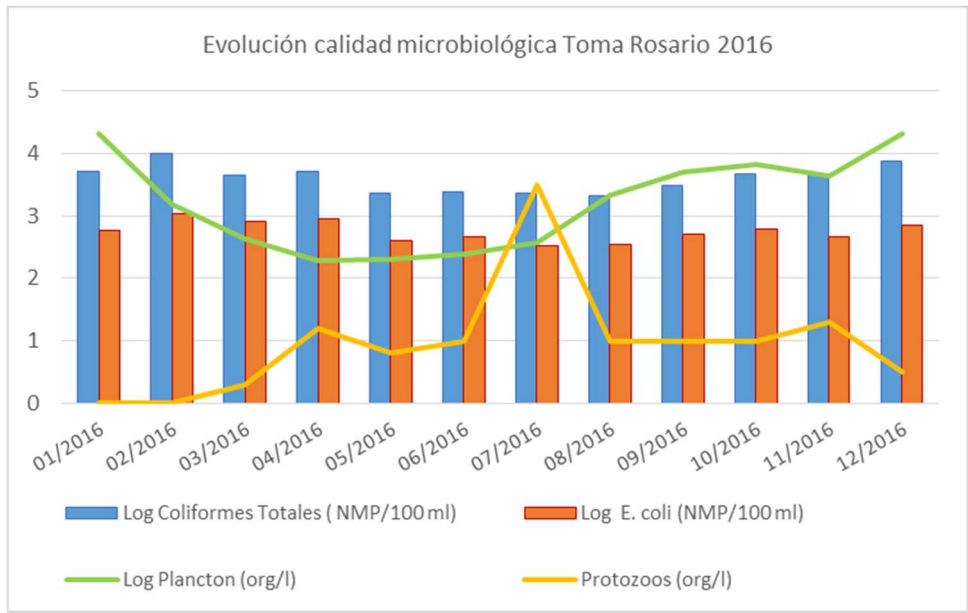
- “Bajante del Paraná”, Basile P. (2020), Departamento de Hidráulica, EIC-FCEIA-UNR, Rosario, Argentina.
- Documento electrónico: <https://www.aguasantafesinas.com.ar/portal/>
- Documento electrónico: <https://www.elciudadanoweb.com/por-fin-presentaron-estudio-riguroso-sobre-el-estado-ambiental-del-arroyo-ludueña-entre-2022-y-2024/>
- Documento electrónico: <https://support.minitab.com>
- “El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada” (2017). Estadística inferencial, vol.64 no.3, Ciudad de México.
- “Estudio preliminar de la calidad microbiológica del agua en el balneario La Florida” (2001), Centro de Ingeniería Sanitaria, FCEyA-UNR.
- “Evaluación de la dispersión de los desagües cloacales de Rosario y localidades vecinas en el Río Paraná” (1994), Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas (ICYTH)-Centro de tecnología del uso del agua y el ambiente (Convenio DIPOS).
- “Guías para la calidad del agua de consumo” (2018), 4ta ed., Radiation and health (RAD), Water, Sanitation, Hygiene and Health (WSH), Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.
- “Guías para la Presentación de Proyectos de Agua Potable” (2002), Criterios de calidad del agua, Capítulo III, ENHOSA, Buenos Aires, Argentina.
- “Logro progresivo de la efectividad de los derechos humanos al agua y al saneamiento” (2020), Organización de las Naciones Unidas, USA.
- “La bajante del río Paraná: causas e impactos de un evento extraordinario”, Paoli C. (2020), Jornadas UNL, FICH-UNL, Santa Fe, Argentina.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2022). 24th edn, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA

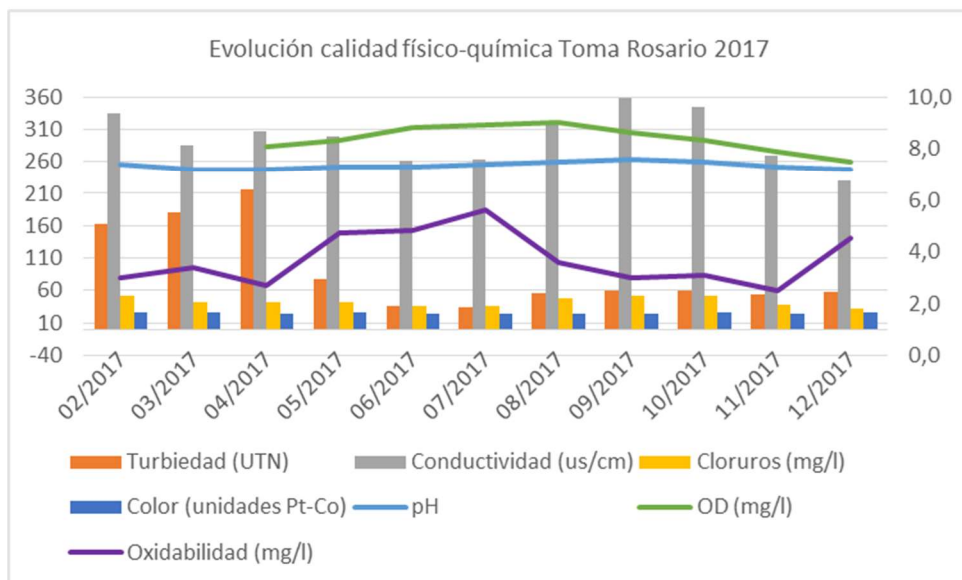
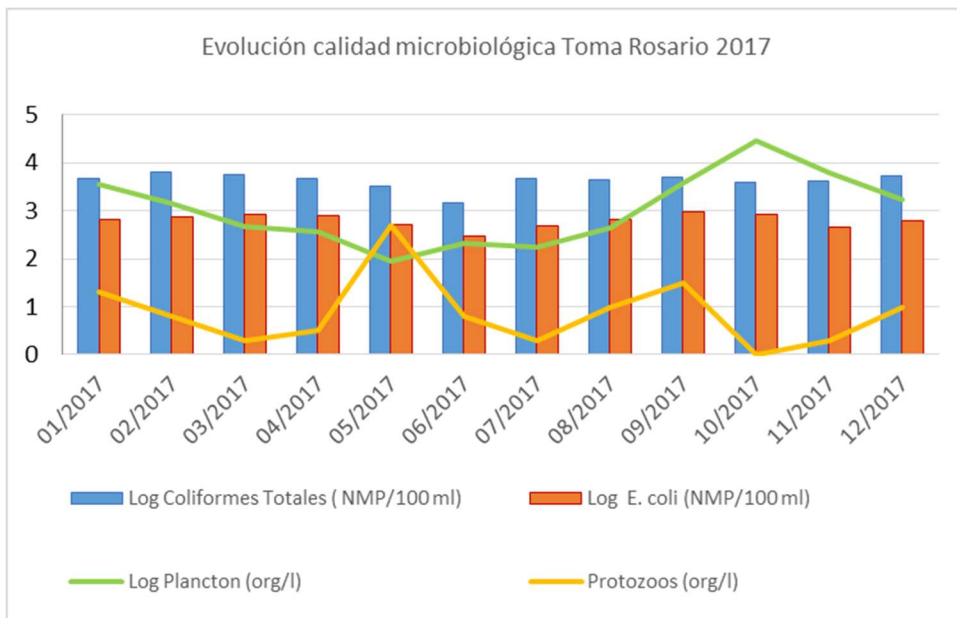
## 11. Anexos gráficos Excel por año y corridas Minitab

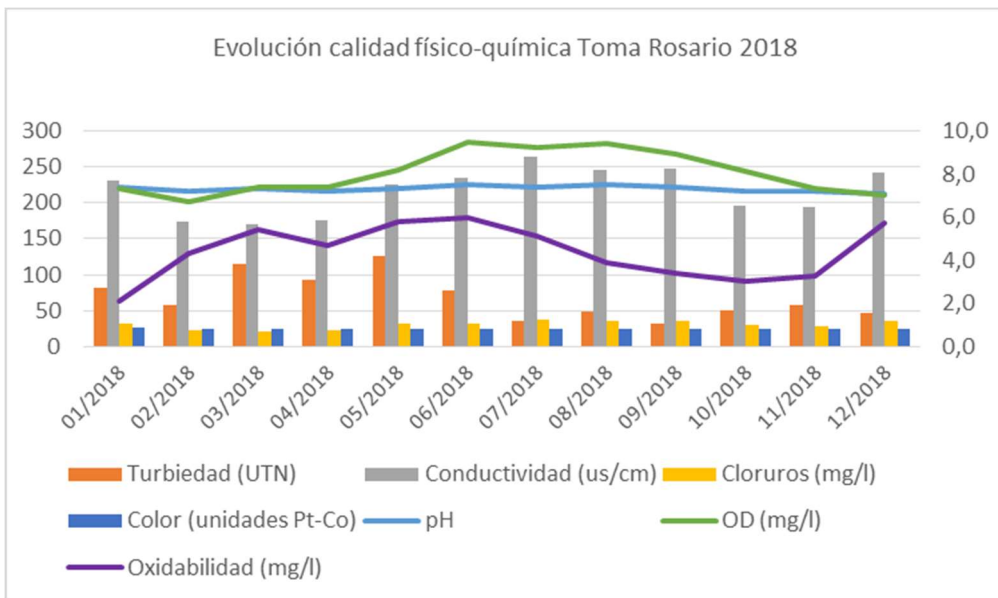
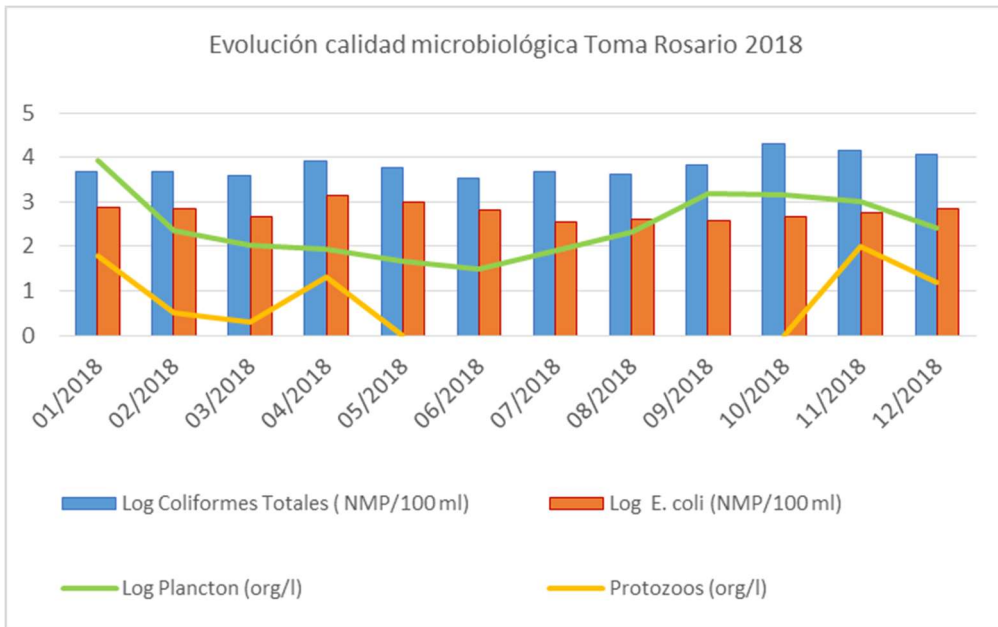


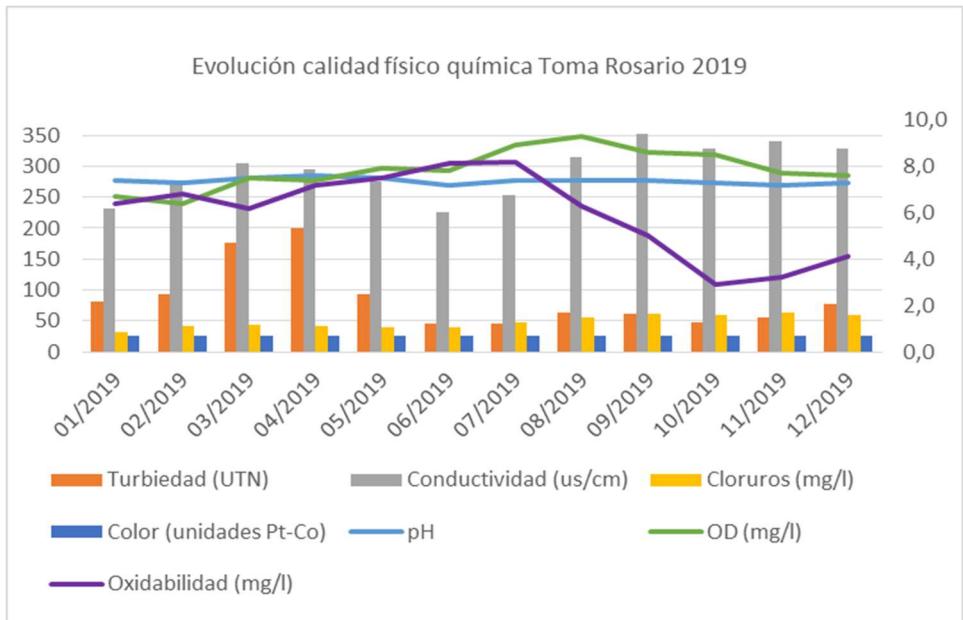
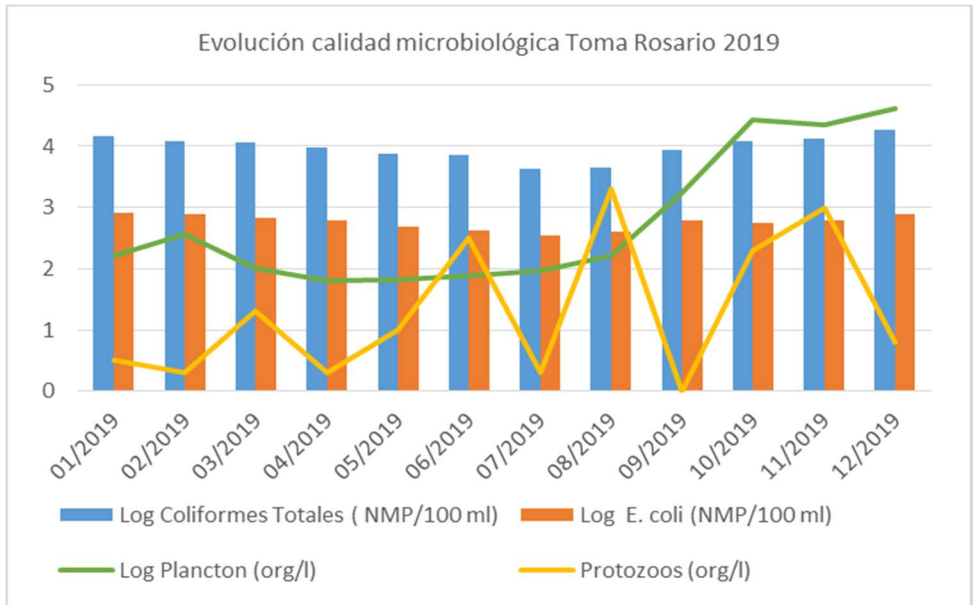


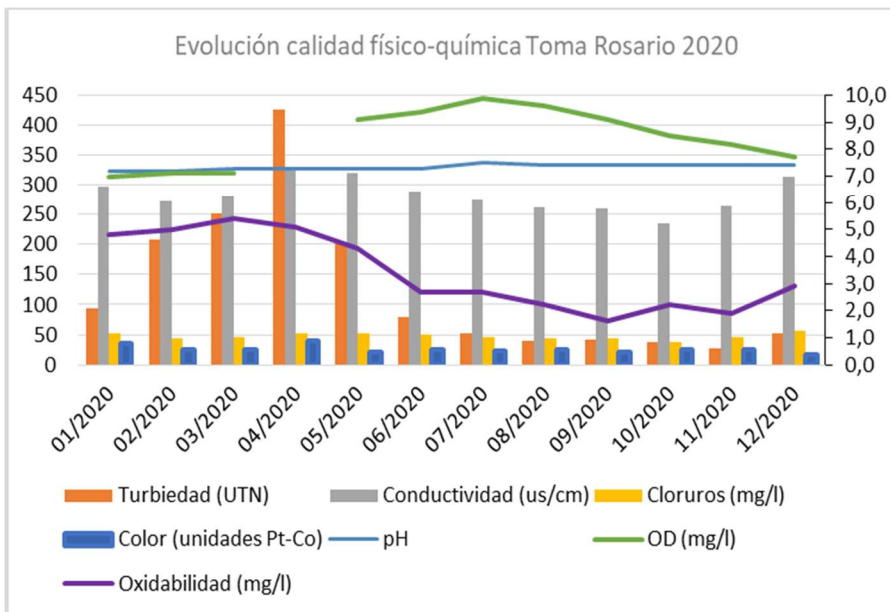
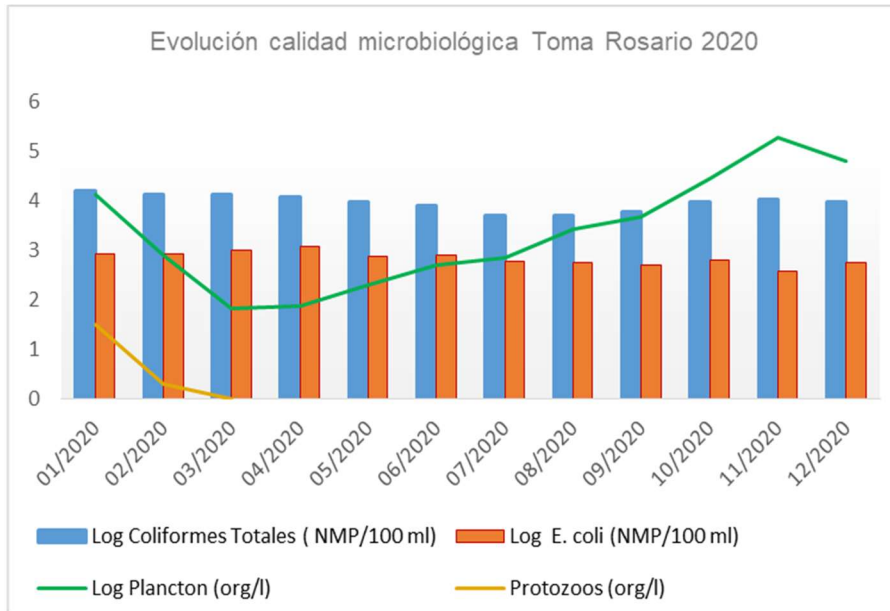


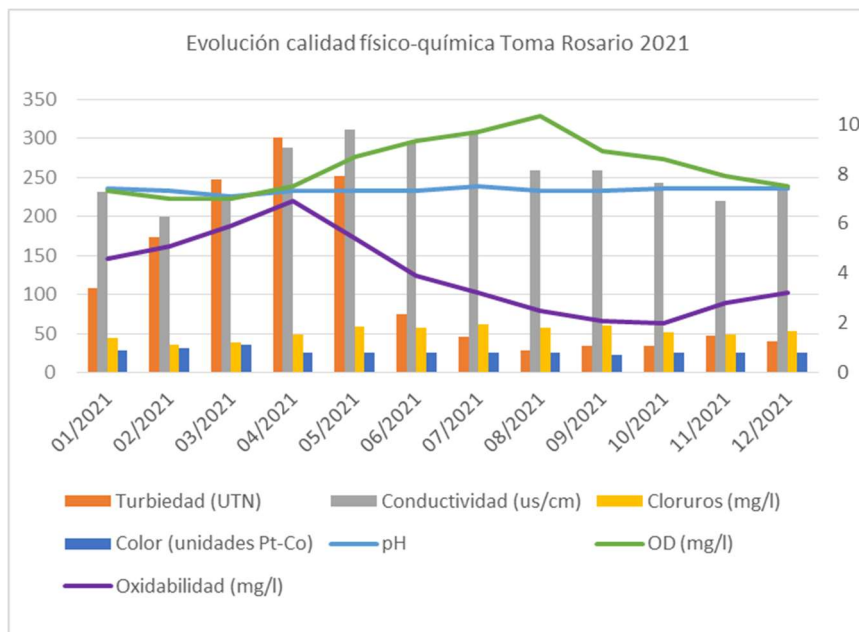
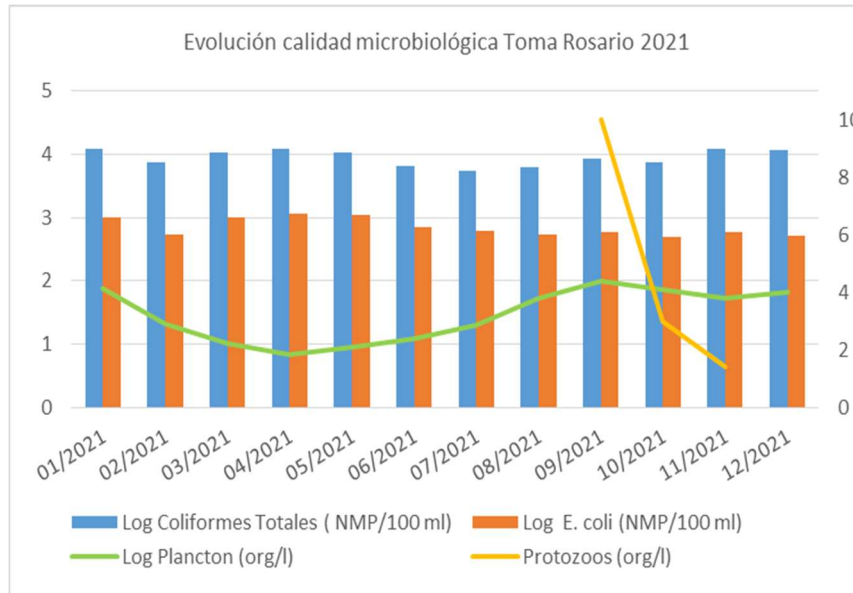


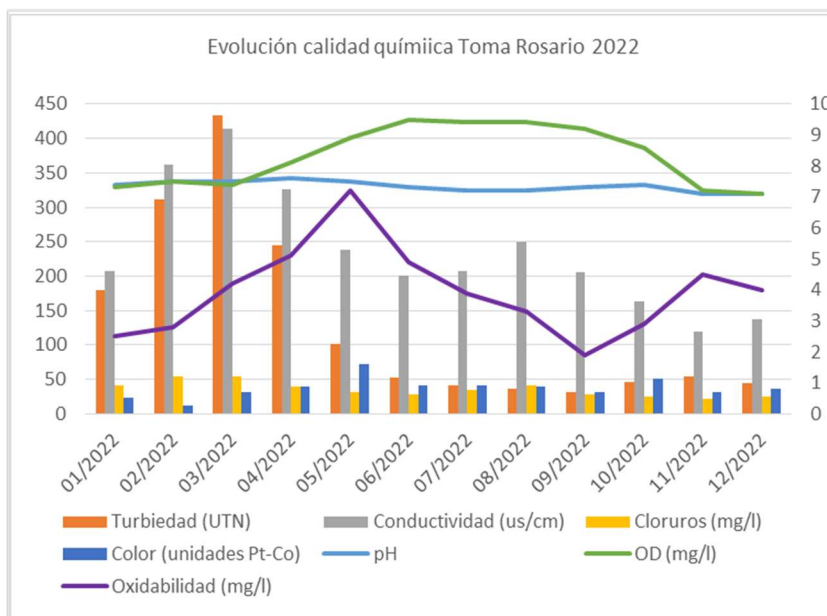
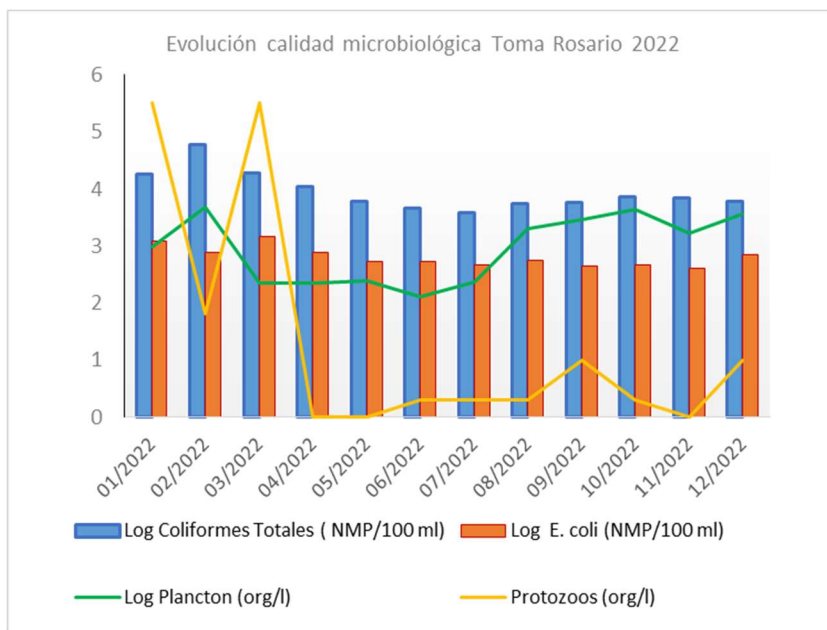


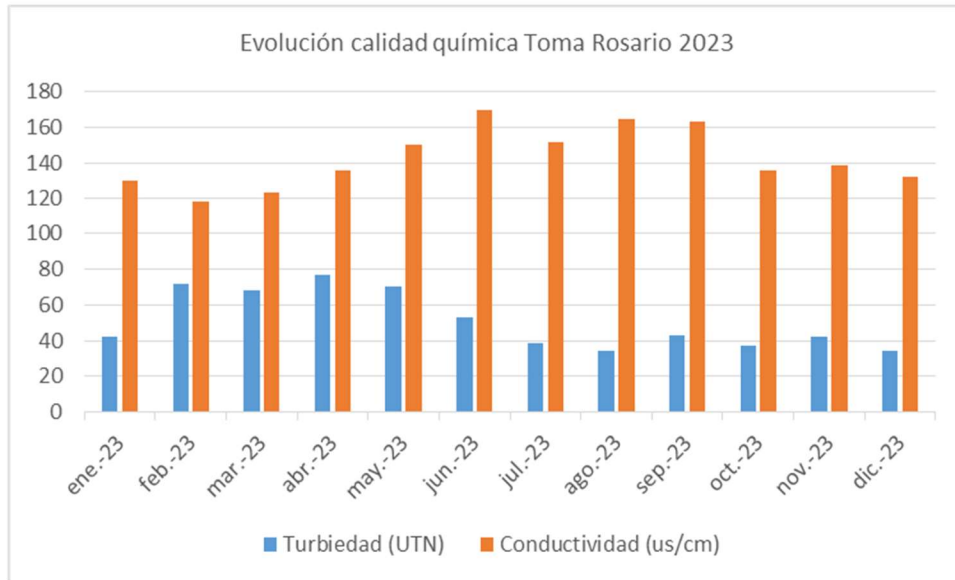
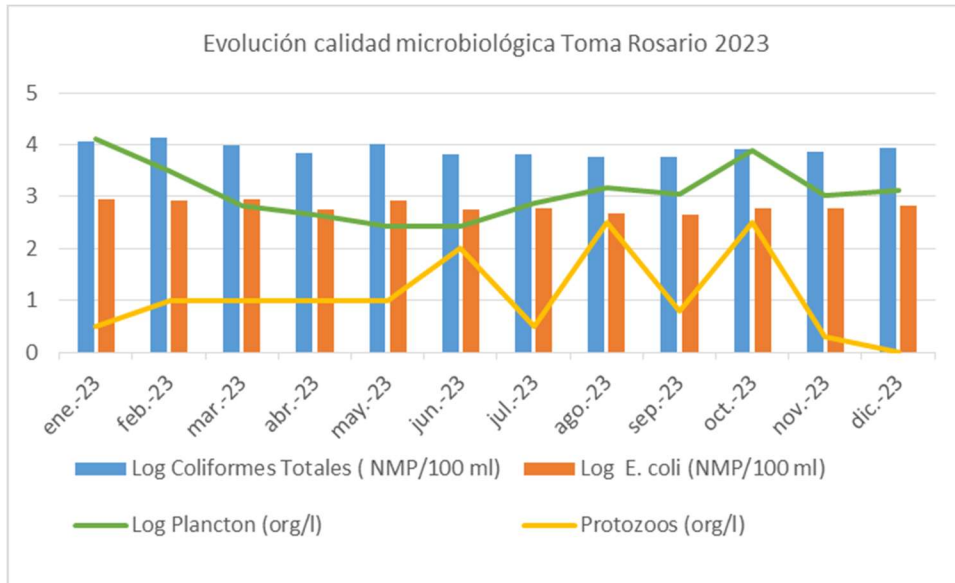






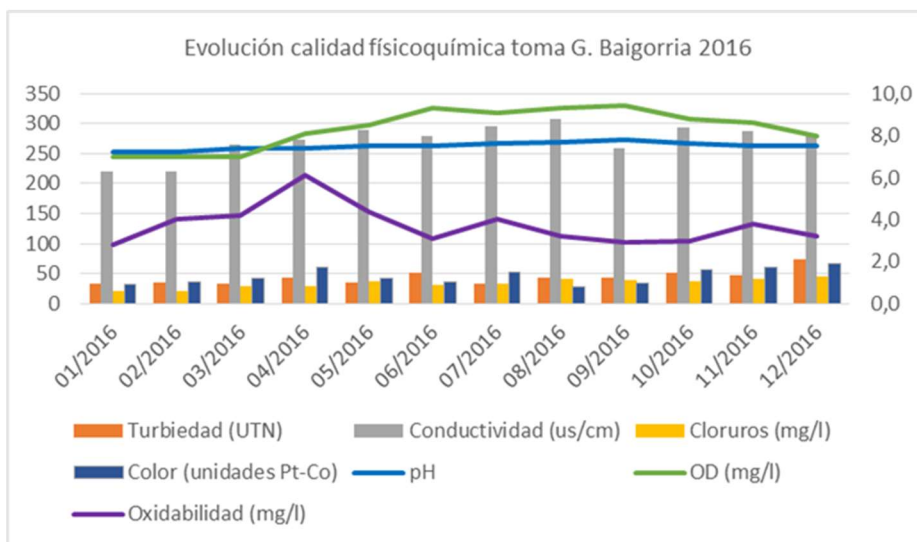
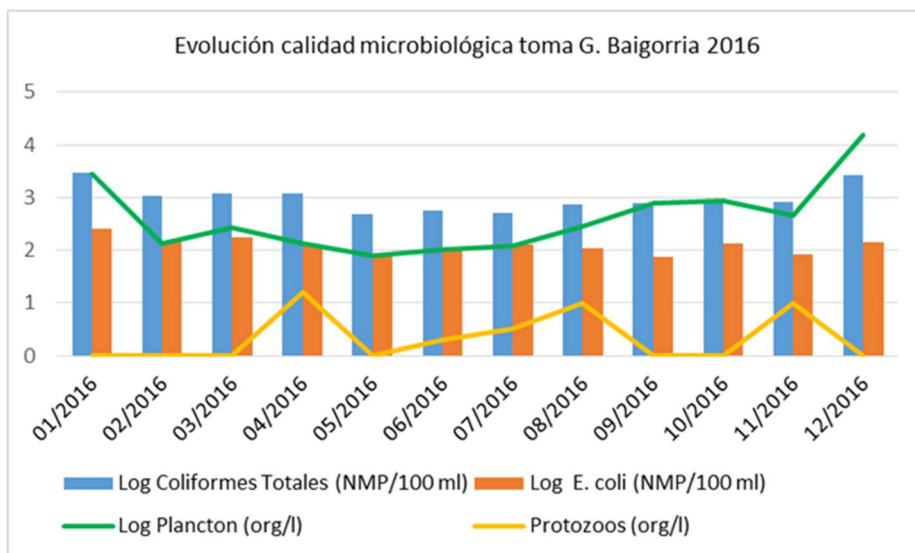


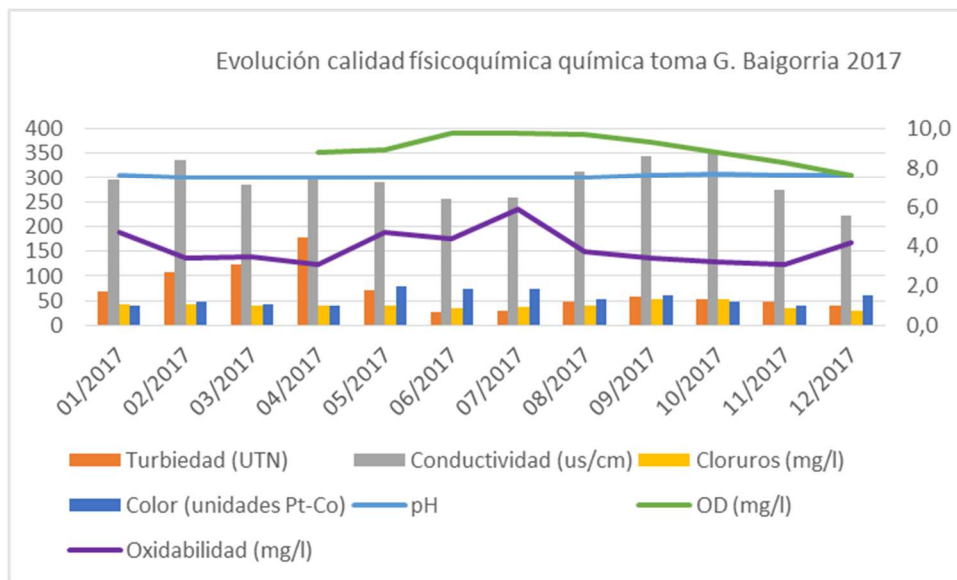
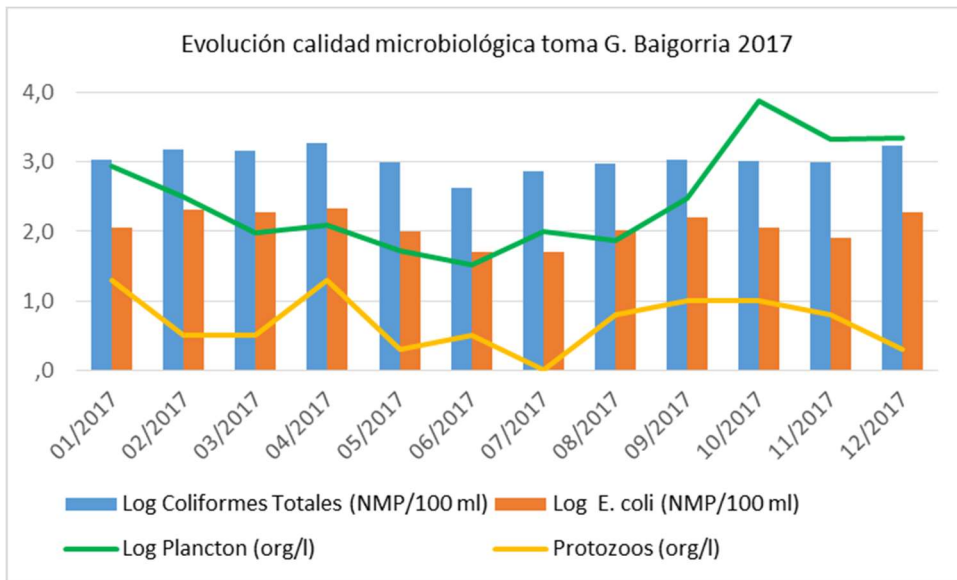


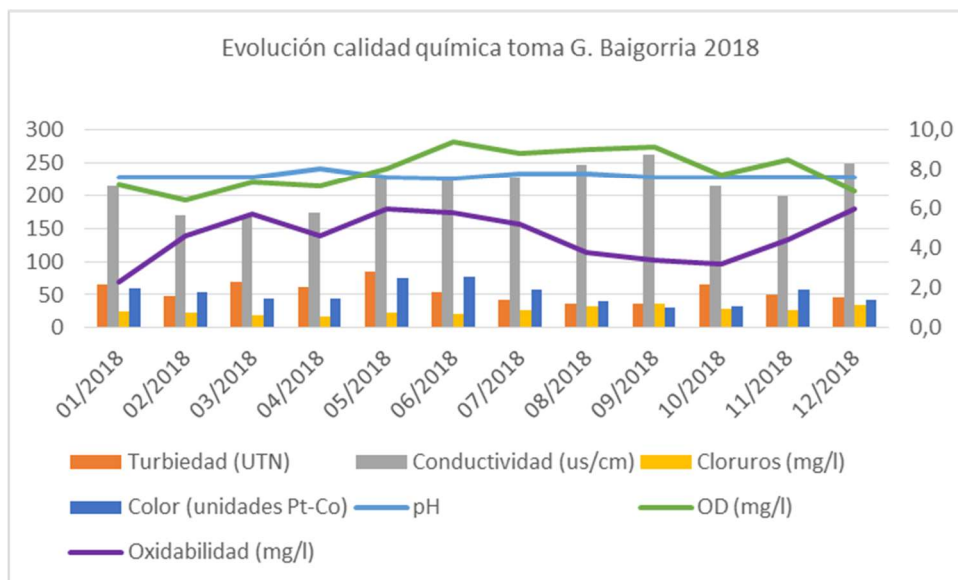
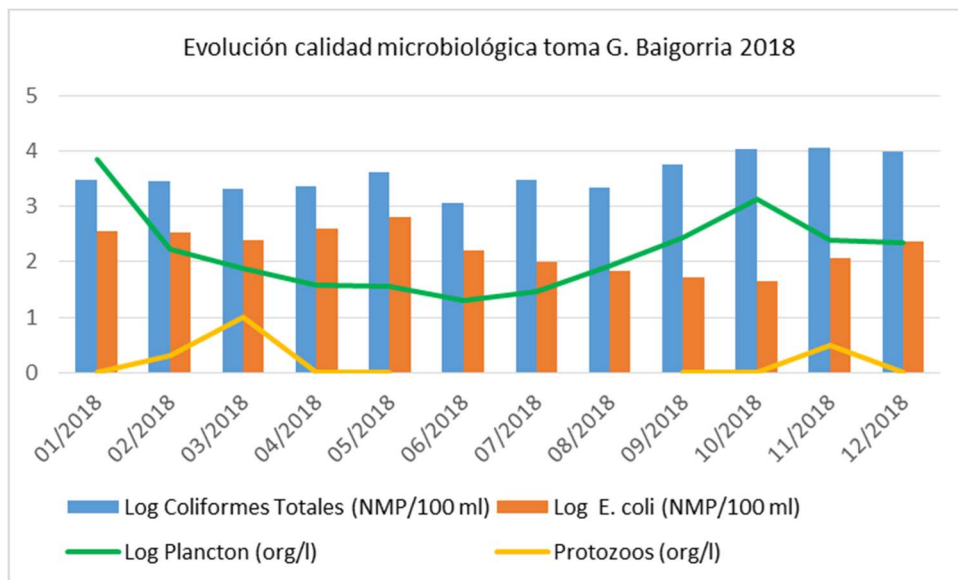


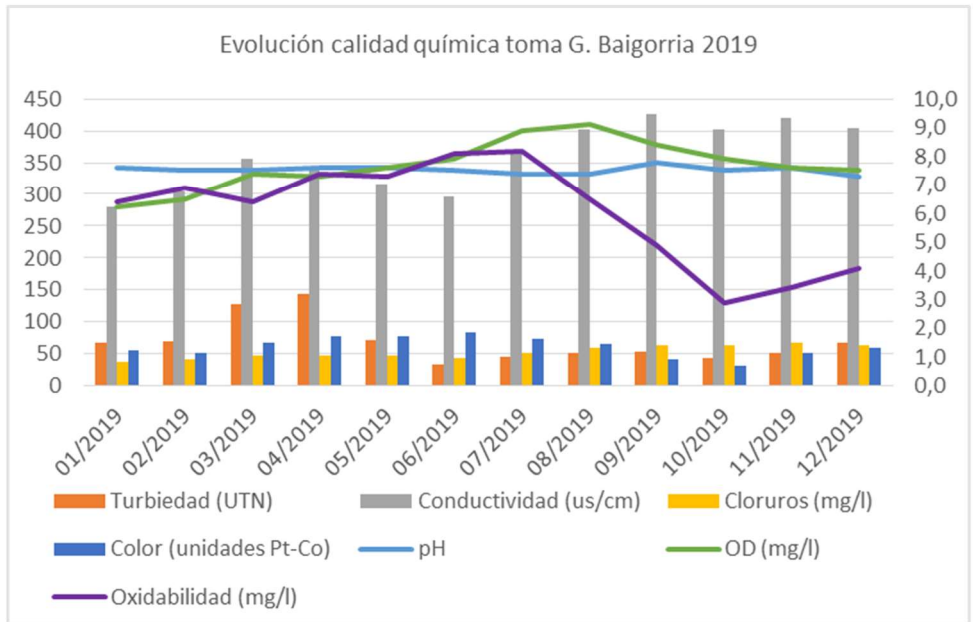
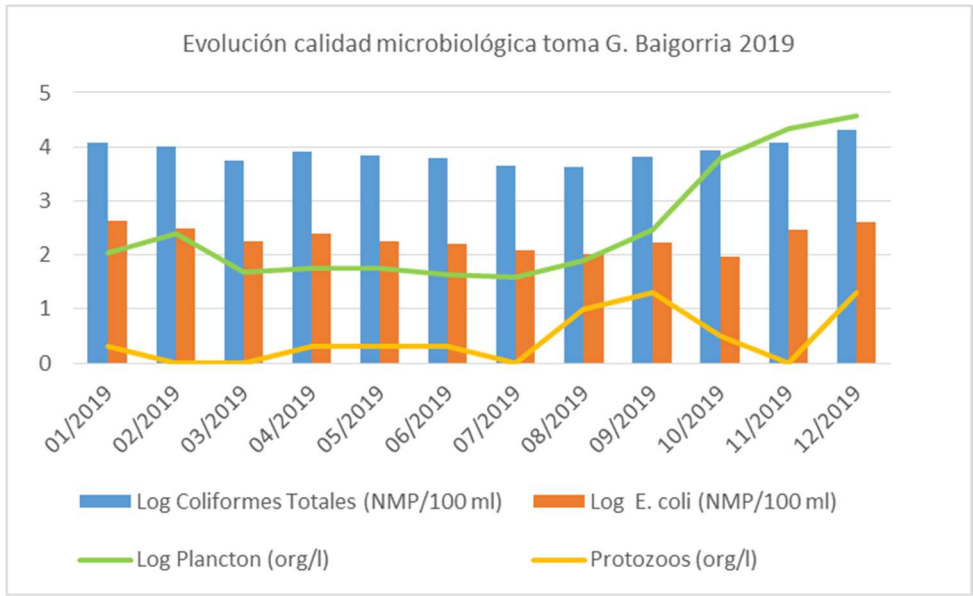
no informó los resultados mensuales para los parámetros químicos:  
pH, Cloruros, Color, OD y Oxidabilidad

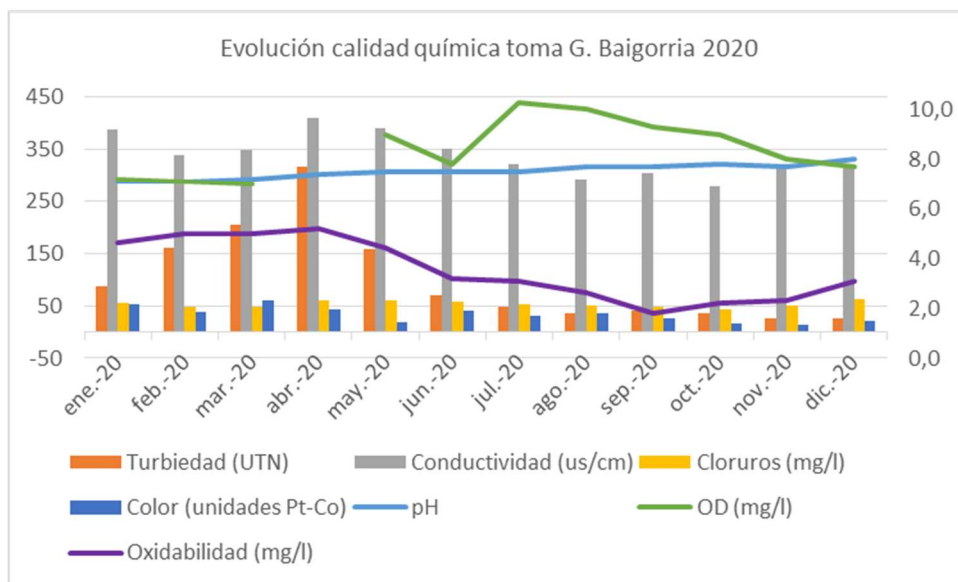
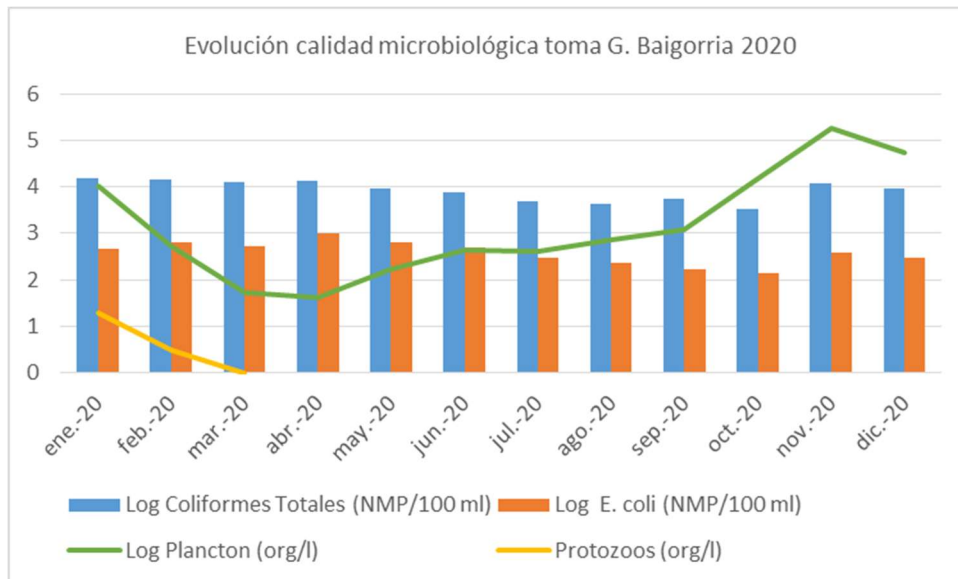
\*ASSA

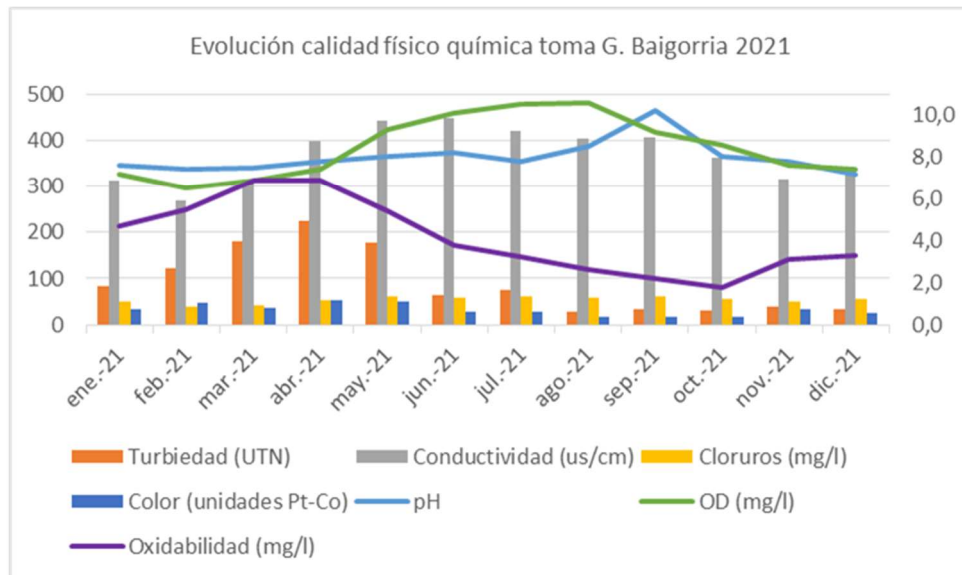
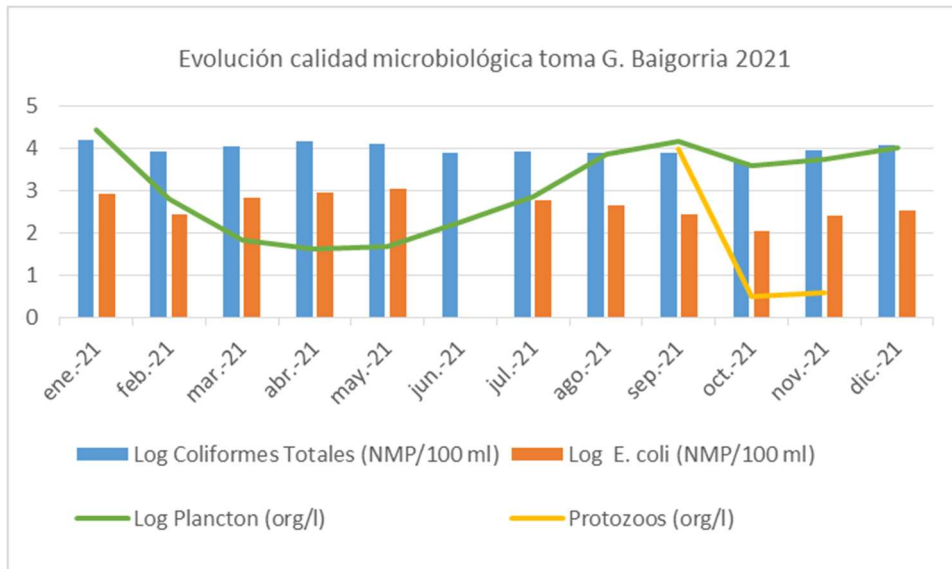


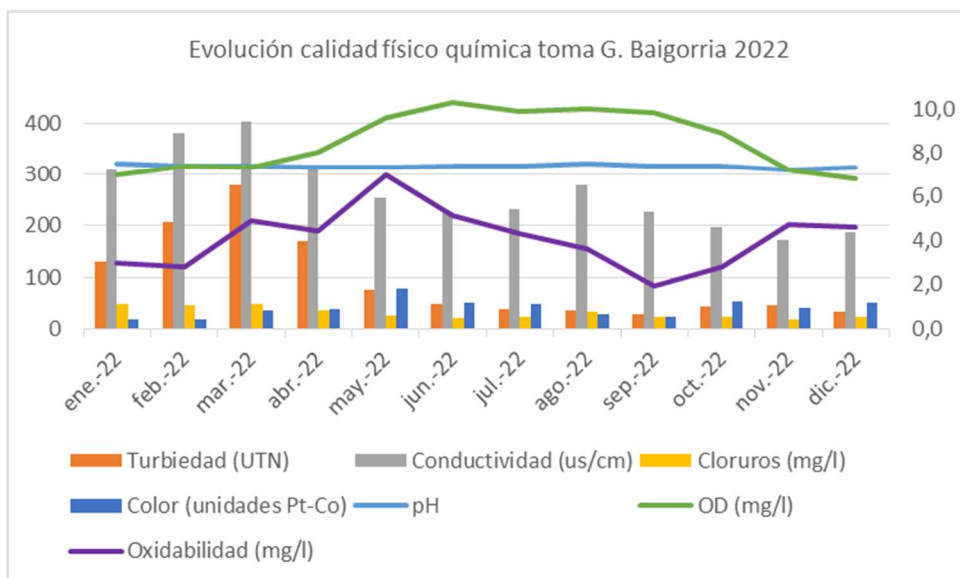
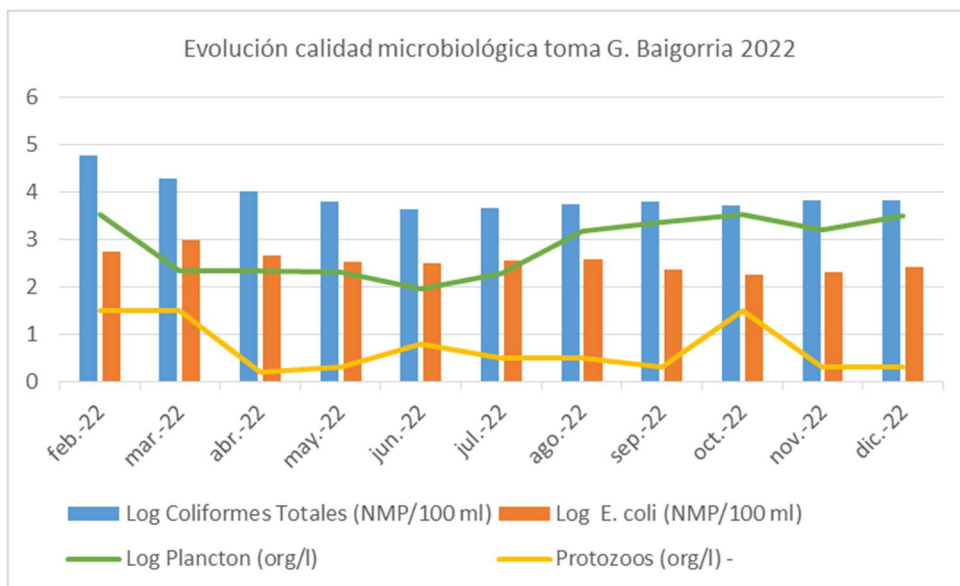


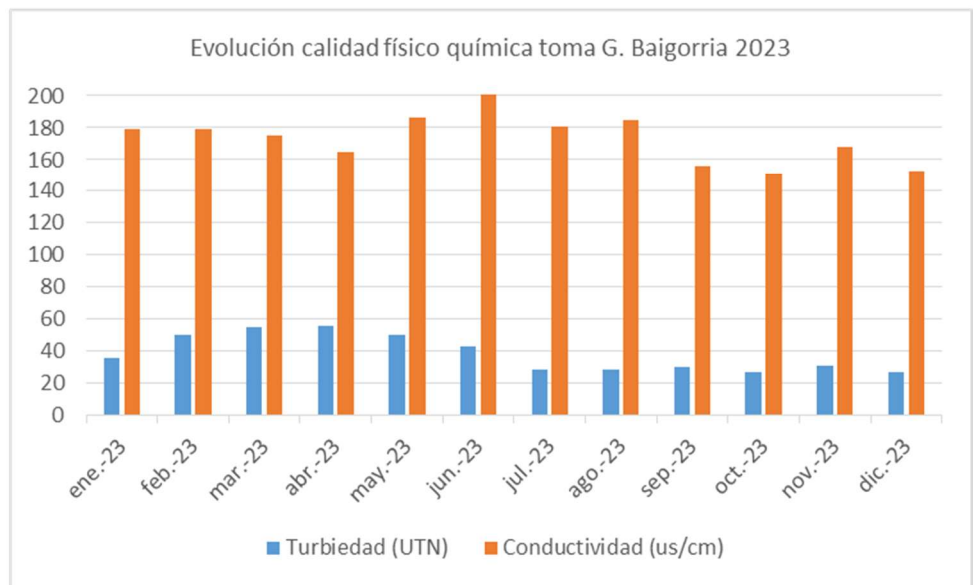
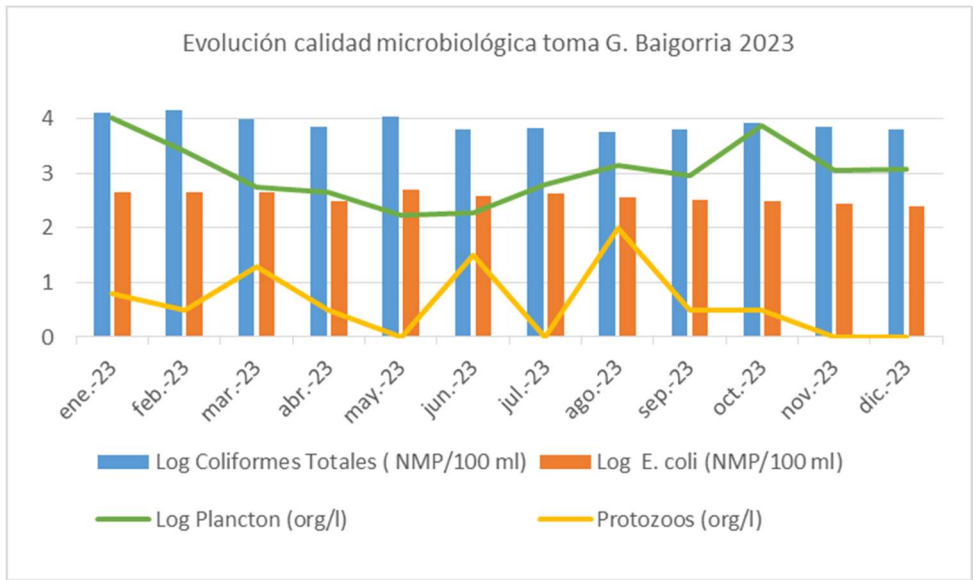












\*ASSA no informó los resultados mensuales para los parámetros químicos:  
pH, Cloruros, Color, OD y Oxidabilidad

### **Estimación de la media: Log Coliformes Totales (NMP/100ml) toma PPR**

#### **One-Sample Z: Log Coliformes Totales (NMP/100ml) toma PPR**

Test of mu = 3,7789 (Ho) vs not = 3,7789

The assumed standard deviation = 0,2537

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	p
Log C.Totales	132	3,77894	0,25373	0,02208	(3,73566;3,82222)	0,00	<b>0,999</b>
<b>C. Totales</b>	<b>132</b>	<b>6011</b>			<b>(5439;6641)</b>		

#### **One sample T Log Coliformes Totales (NMP/100ml) toma PPR**

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
Log C. Totales	132	3,77894	0,25373	0,02208	(3,73525;3,82263)
C. totales	132	6011			(5436;6647)

Interpretación: Para determinar si se acepta el valor de la media de la hipótesis nula (Ho), compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha$ : 0.05 (95%)

**El valor p de 0,999 es mayor que el nivel  $\alpha$  elegido, existe evidencia significativa de aceptar H0.**

También, viendo el gráfico de valores individuales, el valor hipotético del log 3,7789 queda dentro del intervalo de confianza del 95% para la media poblacional (3,73566;3,82222), por lo que se puede aceptar la hipótesis nula.

### **Estimación de la media: Log E. coli (NMP/100ml) toma PPR**

#### **One-Sample Z: Log E. coli (NMP/100 ml) toma PPR**

Test of mu = 2,7685 (Ho) vs not = 2,7685

The assumed standard deviation = 0,1611

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	p
Log E.coli	132	2,76848	0,16114	0,01402	(2,74100;2,79597)	-0,00	<b>0,999</b>
<b>E. coli</b>	<b>132</b>	<b>587</b>			<b>(551;625)</b>		

#### **One sample T: Log E. coli (NMP/100 ml) toma PPR**

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
Log E. coli	132	2,76848	0,16114	0,01403	(2,74074;2,79623)
E. coli	132	587			(550;625)

Interpretación: Para determinar si se acepta el valor de la media de la hipótesis nula (Ho), compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha$ : 0.05 (95%)

**El valor p de 0,999 es mayor que el nivel  $\alpha$  elegido, existe evidencia significativa de aceptar H0.**

También, viendo el gráfico de valores individuales, el valor hipotético del log 2,76848 queda dentro del intervalo de confianza del 95% para la media poblacional (2,74100; 2,79597), por lo que se puede aceptar la hipótesis nula.

### Estimación de la media: Log Plancton (org/l) toma PPR

#### One-Sample Z: Log Plancton (org/l) toma PPR

Test of mu = 2,9965 (Ho) vs not = 2,9965

The assumed standard deviation = 0,8122

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	P
Log Plancton	132	2,99652	0,81217	0,07069	(2,85796;3,13507)	0,00	<b>1,000</b>
<b>Plancton</b>	<b>132</b>	<b>992</b>			<b>(721; 1365)</b>		

#### One-Sample T: Log Plancton (org/l) toma PPR

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
Log Plancton	132	2,99652	0,81217	0,07069	(2,85667;3,13636)
Plancton	132	992			(719; 1369)

Interpretación: Para determinar si se acepta el valor de la media de la hipótesis nula (Ho), compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha: 0.05$  (95%)

**El valor p de 1,000 es mayor que el nivel  $\alpha$  elegido, existe evidencia significativa de aceptar H0.**

También, viendo el gráfico de valores individuales, el valor hipotético del log 2,9965 queda dentro del intervalo de confianza del 95% para la media poblacional (2,85796; 3,13507), por lo que se puede aceptar la hipótesis nula.

### Estimación de la media: Log Protozoos (org/l) toma PPR

#### One-Sample Z: Log Protozoos (org/l) toma PPR

Test of mu = -0,0217 vs not = -0,0217

The assumed standard deviation = 0,3712

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	P
Log Protozoos	92	-0,02165	0,37116	0,038700	(-0,097504;0,054198)	0,00	<b>0,999</b>
<b>Protozoos</b>	<b>92</b>	<b>0,95</b>			<b>(0,80; 1,13)</b>		

#### One-Sample T: Log Protozoos (org/l) toma PPR

Variable	N	Mean	StDev	E Mean	95% CI
Log Protozoos	92	-0,021653	0,371163	0,038696	(-0,09851; 0,055213)
Protozoos	92	0,95			(0,80; 1,14)

Interpretación: Para determinar si se acepta el valor de la media de la hipótesis nula (Ho), compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha: 0.05$  (95%)

**El valor p de 0,999 es mayor que el nivel  $\alpha$  elegido, existe evidencia significativa de aceptar Ho**

También, viendo el gráfico de valores individuales, el valor hipotético del log -0,02165 pertenece al INTERVALO de confianza del 95% para la media poblacional (-0,097504; 0,054198), por lo que se puede aceptar la hipótesis nula.

### **Correlación entre parámetros microbiológicos PPR**

**Test correlation = 0 (Ho) vs correlation ≠ 0**

Pearson correlation of **Log Coliformes Totales and Log E.coli= 0,630 P= 0,000**

Pearson correlation of Log Coliformes Totales and Log Plancton= 0,161 p= 0,065

Pearson correlation of Log Coliformes Totales and Log Protozoos= 0,147 P=0,161

Pearson correlation of Log E. coli and Log Plancton = -0,065 P= 0,460

Pearson correlation of Log E. coli and Log Protozoos = 0,033 P= 0,751

Pearson correlation of **Log Plancton and Log Protozoos = 0,211 P= 0,044**

Interpretación: Para determinar si el coeficiente de correlación es estadísticamente significativo, compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha: 0.05$  (95%)

Si  $p < 0.05$ , hay evidencia significativa con un nivel del 95% de confianza de rechazar Ho, es decir que la correlación es distinta de cero. Luego, la magnitud de la correlación dependerá del valor absoluto del coeficiente de Pearson, y si ésta es directa o inversa lo determinará su signo.

**Estimación de la media: Log Coliformes Totales (NMP/100ml) toma PPGB**

**One-Sample Z: Log Coliformes Totales (NMP/100ml) toma PPGB**

Test of mu = 3,6582 vs not = 3,6582

The assumed standard deviation = 0,4544

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	P
Log Coliformes	96	3,65815	0,45441	0,04638	(3,56726; 3,74905)	-0,00	<b>0,999</b>
<b>Coliformes</b>	<b>96</b>	<b>4551</b>			<b>(3692; 5611)</b>		

**One sample T Log Coliformes Totales (NMP/100ml) toma PPGB**

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
Log Coliformes	96	3,65815	0,45441	0,04638	(3,56608; 3,75023)
Coliformes Totales	96	4551			(3682; 5626)

Interpretación: Para determinar si se acepta el valor de la media de la hipótesis nula (Ho), compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha$ : 0.05 (95%)

**El valor p de 0,999 es mayor que el nivel  $\alpha$  elegido, existe evidencia significativa de aceptar H0.**

También, viendo el gráfico de valores individuales, el valor hipotético del log 3,6582 pertenece al intervalo de confianza del 95% para la media poblacional (3,56726; 3,74905), por lo que se puede aceptar Ho.

**Estimación de la media: Log E. coli (NMP/100ml) toma PPGB**

**One-Sample Z: Log E. coli (NMP/100 ml) toma PPGB**

Test of mu = 2,3837 vs not = 2,3837

The assumed standard deviation = 0,3225

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	p
Log E.coli	96	2,38371	0,32250	0,03292	(2,31920; 2,44823)	0,00	<b>1,000</b>
<b>E. coli</b>	<b>96</b>	<b>242</b>			<b>(209; 281)</b>		

**One-Sample T: Log E. coli (NMP/100ml) toma PPGB**

Variable	N	Mean	StDev	E Mean	95% CI
Log E. coli	96	2,38371	0,32250	0,03292	(2,31837; 2,44906)
E. coli	96	242			(208; 281)

Interpretación: Para determinar si se acepta el valor de la media de la hipótesis nula (Ho), compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha$ : 0.05 (95%)

**El valor p de 1,000 es mayor que el nivel  $\alpha$  elegido, existe evidencia significativa de aceptar H0.**

También, viendo el gráfico de valores individuales, el valor hipotético del log 2,3837 pertenece al intervalo de confianza del 95% para la media poblacional (2,31920; 2,44823), por lo que se puede aceptar Ho.

**Estimación de la media: Log Plancton (org/l) toma PPGB**

**One-Sample Z: Log Plancton (org/l) toma PPGB**

Test of mu = 2,7369 vs not = 2,7369

The assumed standard deviation = 0,885

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	p
Log Plancton	96	2,73688	0,88504	0,09032	(2,55985; 2,91392)	-0,00	<b>1,000</b>
<b>Plancton</b>	<b>96</b>	<b>546</b>			<b>(363; 820)</b>		

**One-Sample T: Log Plancton (org/l) toma PPGB**

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
Log Plancton	96	2,73688	0,88504	0,090330	(2,55756; 2,91621)
Plancton	96	546			(361; 825)

**Interpretación:** Para determinar si se acepta el valor de la media de la hipótesis nula (Ho), compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha$ : 0.05 (95%)

**El valor p de 0,999 es mayor que el nivel  $\alpha$  elegido, existe evidencia significativa de aceptar H0.**

También, viendo el gráfico de valores individuales, el valor hipotético del log 2,73688 pertenece al intervalo de confianza del 95% para la media poblacional (2,55985; 2,91392), por lo que se puede aceptar Ho.

**Estimación de la media: Log Protozoos (org/l) toma PPGB**

**One-Sample Z: Log Protozoos (org/l) toma PPGB**

Test of mu = -0,1949 vs not = -0,1949

The assumed standard deviation = 0,2861

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	p
Log Protozoos	48	-0,194875	0,286085	0,04129	(-0,275811;-0,113938)	0,00	<b>1,000</b>
<b>Protozoos</b>	<b>48</b>	<b>0,64</b>			<b>(0,53; 0,77)</b>		

**One-Sample T: Log Protozoos (org/l) toma PPGB**

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
Log Protozoos	48	-0,194875	0,286085	0,041293	(-0,277945;-0,111804)
Protozoos	48	0,64			(0,53; 0,77)

**Interpretación:** Para determinar si se acepta el valor de la media de la hipótesis nula (Ho), compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha$ : 0.05 (95%)

**El valor p de 1,000 es mayor que el nivel  $\alpha$  elegido, existe evidencia significativa de aceptar H0.**

También, viendo el gráfico de valores individuales, el valor hipotético del log -0,1949 pertenece al intervalo de confianza del 95% para la media poblacional (-0,275811;-0,113938), por lo que se puede aceptar Ho.

### Correlación entre parámetros microbiológicos - Toma PPGB

Test correlation = 0 (Ho) vs correlation  $\neq$  0

Pearson correlation of Log Coliformes Totales and Log E. coli= 0,695 P= 0,000

Pearson correlation of Log Coliformes Totales and Log Plancton= 0,320 P= 0,001

Pearson correlation of Log Coliformes Totales and Log Protozoos= 0,026 P= 0,862

Pearson correlation of Log E. coli and Log Plancton= 0,117 P= 0,256

Pearson correlation of Log E. coli and Log Protozoos= 0,061 P= 0,682

Pearson correlation of Log Plancton and Log Protozoos= 0,296 P= 0,041

Interpretación: Para determinar si el coeficiente de correlación es estadísticamente significativo, compare el valor p con el nivel de significancia  $p \leq \alpha$ : (95%= 0.05)

Si  $p < 0.05$ , hay evidencia significativa con un nivel del 95% de confianza de rechazar Ho, es decir que la **correlación es distinta de cero**. Luego, la magnitud de la correlación dependerá del valor absoluto del coeficiente de Pearson, y si ésta es directa o inversa lo determinará su signo.

### Test de homogeneidad de la varianza parámetros microbiológicos

#### Test for Equal Variances: E. coli PPR 1; E. coli PPGB

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
E. coli PPR1	96	200,526	233,251	278,125
E. coli PPGB	96	197,258	229,450	273,593

F-Test (normal distribution)

Test statistic = 1,03; p-value = 0,873

Levene's Test (any continuous distribution)

Test statistic = 0,08; **p-value = 0,779**

#### Test for Equal Variances: Log Plancton PPR 1; Log Plancton PPGB

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
Log Plancton PPR1	96	0,732395	0,851921	1,01582
Log Plancton PPGB	96	0,760866	0,885038	1,05531

F-Test (normal distribution)

Test statistic = 0,93; p-value = 0,711

Levene's Test (any continuous distribution)

Test statistic = 0,03; **p-value = 0,859**

#### Test for Equal Variances: Log Protozoos PPR1; Log Protozoos PPGB

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
Log Protozoos PPR1	64	0,312285	0,374889	0,467232
Log Protozoos PPGB	48	0,232185	0,286085	0,370711

F-Test (normal distribution)

Test statistic = 1,72; p-value = 0,054

Levene's Test (any continuous distribution)

Test statistic = 1,90; **p-value = 0,171**

Interpretación: Para determinar si las varianzas son similares, compare el valor p con el nivel de significancia. En una prueba de varianzas, el valor p indica la probabilidad de obtener los resultados observados si la hipótesis nula es verdadera.

**El valor p es mayor que el nivel  $\alpha$  elegido, existe evidencia significativa de aceptar  $H_0$ , es decir, que las varianzas son iguales u homogéneas.**

**Test de diferencia entre las medias estimadas parámetros microbiológicos**

**Two-sample T for Log E. coli PPR vs Log E. coli PPGB.**

	N	Mean	St Dev	SE Mean
Log E. coli PPR	96	2,795	0,146	0,015
Log E. coli PPG	96	2,384	0,323	0,033

Difference = mu (Log E. coli PPR 1) - mu (Log E. coli PPGB.)  
Estimate for difference: 0,411598  
95% CI for difference: (0,340370; 0,482826)  
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 11,40 **P-Value = 0,000** DF = 190  
Both use Pooled StDev = 0,2502

Interpretación: Para determinar si las MEDIAS son similares, compare el valor p con el nivel de significancia

Si  $p < 0.05$ , hay evidencia significativa con un nivel del 95% de confianza de rechazar  $H_0$ , es decir:

**Existe diferencia significativa entre las medias del parámetro Log E. coli**

Además, el valor hipotético de la diferencias estimadas **0,411598** pertenece al intervalo de confianza del 95% **(0,340370; 0,482826)** reforzando que no existe evidencia significativa para aceptar  $H_0$

**Two-sample T for Log Plancton PPR vs Log Plancton PPGB**

	N	Mean	StDev	SE Mean
Log Plancton PPR	96	3,003	0,852	0,087
Log Plancton PPG	96	2,737	0,885	0,090

Difference = mu (Log Plancton PPR 1) - mu (Log Plancton PPGB)  
Estimate for difference: 0,266138  
95% CI for difference: (0,018829; 0,513448)  
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 2,12 **P-Value = 0,035** DF = 190  
Both use Pooled StDev = 0,8686

Interpretación: Para determinar si las MEDIAS son similares, compare el valor p con el nivel de significancia

Si  $p < 0.05$ , hay evidencia significativa con un nivel del 95% de confianza de rechazar  $H_0$ , es decir:

**Existe diferencia significativa entre las medias del parámetro Log Plancton**

Además, el valor hipotético de la diferencias estimadas **0,266138** pertenece al intervalo de confianza del 95% **(0,018829; 0,513448)**, reforzando que no existe evidencia significativa para aceptar  $H_0$

**Two-sample T for Log Protozoos PPR vs Log Protozoos PPGB**

	I	N	Mean	StDev	SE Mean
Log Protozoos PP		64	-0,019	0,375	0,047
Log Protozoos PP		48	-0,195	0,286	0,041

Difference = mu (Log Protozoos PPR1) - mu (Log Protozoos PPGB)  
Estimate for difference: 0,176085  
95% CI for difference: (0,047506; 0,304664)  
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 2,71 **P-Value = 0,008** DF = 110  
Both use Pooled StDev = 0,3398

Interpretación: Para determinar si las MEDIAS son similares, compare el valor p con el nivel de significancia

Si  $p < 0.05$ , hay evidencia significativa con un nivel del 95% de confianza de rechazar  $H_0$ , es decir: **Existe**

**diferencia significativa entre las medias del parámetro Log Plancton**

Además, el valor hipotético de la diferencias estimadas **0,176085** pertenece al intervalo de confianza del 95% **(0,047506; 0,304664)**, reforzando que no existe evidencia significativa para aceptar  $H_0$

### **Correlación entre Altura del río Paraná y parámetros microbiológicos Toma PPR**

Test correlation = 0 (Ho) vs correlation  $\neq$  0

Pearson correlation of Altura(m) and Log Coliformes Totales NMP/100ml)= -0,464  
P-Value = 0,000

Pearson correlation of Altura (m) and Log E. coli (NMP/100 ml)= -0,222  
P-Value = 0,012

Pearson correlation of Altura (m) and Log Plancton (org/l)= -0,312  
P-Value = 0,000

Pearson correlation of Altura (m) and Log Protozoos (org/l)= -0,264  
P-Value = 0,011

### **Correlación entre Altura del río Paraná y parámetros microbiológicos Toma PPGB**

Test correlation = 0 (Ho) vs correlation  $\neq$  0

Pearson correlation of Altura(m) and Log Coliformes Totales (NMP/100ml)= -0,601  
P-Value = 0,000

Pearson correlation of Altura(m) and Log E. coli (NMP/100 ml)= -0,484  
P-Value = 0,000

Pearson correlation of Altura (m) and Log Plancton (org/l)= -0,450  
P-Value = 0,000

Pearson correlation of Altura (m) and Log Protozoos (org/l)= -0,294  
P-Value = 0,043

*Fín*