

Universidad de la República (UDELAR).

Centro Universitario de Rivera (CUR) - Facultad de Ciencias.

Tesina de la Licenciatura en Bioquímica.



Estudio de posibles riesgos ambientales en cuerpos de agua del Departamento de Rivera.

Tutora: María Laura Lavaggi Destro.

Estudiante: Erika Arbildi Ferreira.

2017

Agradecimientos:

A mi tutora, María Laura, quien siempre me apoyó y brindó oportunidades para mi crecimiento. De quién aprendí mucho, no solo a nivel académico.

A mi madre, padre y hermano, que permanecieron a mi lado en mis mejores y peores momentos, siempre dándome su cariño incondicional.

A mi pareja, Juan Manuel, el pilar fundamental de mi vida, siempre comprendiéndome y aconsejándome. Siendo parte de todos mis procesos.

A mi abuela y mi tía que siempre me motivan a conseguir mis logros.

A la familia que elegí, mis amigos, a los del Pinar Agustina, Florencia, Mauricio, Tania y Carolina. A los que conocí en la facultad pero pareciera que los conozco de toda la vida Lucía y Joaquín. Y a todos los demás amigos de la Fcien, especialmente a Federico, Renzo, Florencia, Bethania, Juliette y Joaquin.

A toda las personas del CUR que me recibieron con brazos abiertos, especialmente a Isabel. También a los choferes Gonzalo y Juan, siempre dispuestos ayudaron en todo lo que estaba a su alcance.

A INUMET por brindarme los datos pluviométricos necesarios para este trabajo.

Índice

Resumen

1. Introducción.....	5
2. Delimitación geográfica.....	6
2.1 Situación ambiental del Departamento de Rivera.....	6
2.2 Situación ambiental de Tranqueras.....	6
2.3 Área protegida Valle del Lunarejo.....	7
2.4 Situación ambiental de Vichadero.....	7
2.5 Situación ambiental de Paso Hospital.....	7
2.6 Situación ambiental de la Ciudad de Rivera.....	8
2.7 Situación ambiental de Minas de Corrales.....	8
2.8 Parámetros analizados en los distintos cursos de agua..	8
3. Objetivo general.....	11
3.1. Objetivos específicos.....	11
4. Metodología.....	12
4.1 Diseño de muestreo.....	12
4.1.1 Tranqueras y Valle del Lunarejo.....	12
4.1.2 Vichadero.....	13
4.1.3 Paso Hospital.....	14
4.1.5 Ciudad de Rivera.....	15
4.1.5 Minas de Corrales.....	18
4.2. Determinación de parámetros fisicoquímicos y biológicos de calidad de agua.....	18
5. Resultados y discusión.....	21
5.1 Tranqueras y Valle del Lunarejo.....	21
5.2 Vichadero.....	27
5.3 Paso Hospital.....	32
5.4 Ciudad de Rivera.....	36
5.4.1 Resultados Microbiológicos.....	38
5.5 Minas de Corrales.....	39
5.6 RESULTADOS DE MUTAGENICIDAD.....	41
6. Conclusiones.....	42
7. Perspectivas.....	43
8. Referencias bibliográficas.....	43

Resumen

El cuidado del medio ambiente, en particular del agua, se ha convertido en una preocupación a nivel global. La calidad del agua superficial está siendo amenazada por la eutrofización, principalmente causada por la intervención antropogénica de efluentes industriales, escorrentías tanto agrícolas como de aguas domésticas, y emisiones de la atmósfera de incendios forestales y de la combustión de combustibles fósiles.

Por estas razones es que en este estudio se plantea monitorear la calidad de distintos cuerpos de agua de las principales localidades del Departamento de Rivera, siendo estos el Río Tacuarembó (Tranqueras), Arroyo Coronilla y Arroyo Ceibal (Vichadero), Arroyo Paso Hospital (Paso Hospital), Arroyo Corrales (Minas de Corrales), Arroyo Cuñapirú y Lago del Parque Gran Bretaña (Ciudad de Rivera) y el Arroyo Lunarejo, como punto control debido a que se encuentra dentro de la clasificación de paisaje protegido (Valle del Lunarejo).

Diversos motivos fueron los que llevaron a la delimitación geográfica de este estudio. Uno de estos fue el interés mostrado por parte de los pobladores de las distintas localidades, particularmente de Paso Hospital, quienes mostraron preocupación sobre la calidad del agua. Otro motivo importante que impulsó el desarrollo de este trabajo fue la escasa información del estado de los Arroyos y Ríos de la zona, así como la situación ambiental que se conocía de cada una de estas localidades. Los principales factores de riesgo comunes a la mayoría de estas localidades fueron la falta de saneamiento generalizado y la generación de basurales debido a la poca frecuencia de la recolección de basura por parte de los camiones.

El objetivo de este trabajo es evaluar parámetros fisicoquímicos y biológicos, generando información que permita tener una noción del estado general de la calidad ambiental de los cuerpos de agua estudiados.

Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos medidos *in situ*, así como la concentración de Nitrato (NO_3) y Fósforo total (P total) se encontraron dentro de los límites aceptables (Límites aceptables: 10mg/L NO_3 , $25\mu\text{g/L}$ de P total, $\text{pH} = 6-8$), exceptuando el valor de pH (8,89) del Arroyo Coronilla cercano a la trinchera sanitaria (Vichadero). Asimismo el valor más alto de P total se encontró en el mismo punto (Trinchera sanitaria, $17,09\mu\text{g}$ de P total /L).

No sucedió lo mismo con los ensayos biológicos (estudio de coliformes fecales y mutagenicidad de las muestras). Los coliformes fecales (Límite aceptable = $1000\text{ UFC}/100\text{mL}$) se notaron excedidos en distintos puntos del Arroyo Cuñapirú, denominados según su localización como La Racca, La Estiba y sobre el Puente de Av. Italia. Lo mismo aconteció en los ensayos de mutagenicidad, esta resultó positiva para todos los puntos muestreados del Arroyo Cuñapirú, así como para el Arroyo Coronilla, en la zona de la Trinchera Sanitaria, y en el Arroyo Paso Hospital, particularmente en el punto denominado "Paso Viejo".

Debido a los resultados mencionados, este trabajo plantea como perspectiva profundizar los estudios en la Ciudad de Rivera, Vichadero y Paso Hospital. A su vez, los notorios

resultados de la presencia de compuestos mutagénicos podrían plantear el desafío de incluir este ensayo en los estudios de rutina de calidad de agua.

1. Introducción.

Calidad de Agua.

En la actualidad, a nivel global, la calidad del agua se ha convertido en un gran motivo de preocupación ambiental, siendo afectada principalmente por la eutrofización de la misma (aumento de nutrientes en el ecosistema), proveniente principalmente de escorrentías agrícolas y de aguas domésticas, de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de incendios forestales. Esta preocupación ha dado lugar a la generación, a nivel internacional, de distintos programas de monitoreo de la calidad de cursos de agua y de las posibles fuentes puntuales o difusas que pueden estar afectándolo. (Decenio Internacional para la acción “El agua fuente de vida”, 2005-2015).

Un ejemplo de la preocupación mundial que existe sobre el tema es un programa existente en Estados Unidos, llamado Clean Water Act (CWA), el cual es fundamental en la protección de las aguas superficiales. Este emplea diversas herramientas regulatorias y no regulatorias para reducir las descargas directas de contaminantes en vías navegables, establecer estándares de calidad de agua ambiental, financiar las instalaciones para el tratamiento de aguas residuales municipales y administrar las escorrentías contaminadas. (EPA, 2009). En estos programas de monitoreo existen estándares de calidad que han sido establecidos como necesarios para el estudio de cuerpos de agua, asimismo “United States Environmental Protection Agency” (EPA) recomienda incluir dentro de los “contaminantes de preocupación ambiental” a cualquier contaminante que tenga un “potencial razonable” para ser descargado en grandes cantidades en cuerpos de agua, por tanto la inclusión de nuevos parámetros está en continúa discusión. (EPA, 2004).

En la naturaleza los cuerpos de agua pueden encontrarse en forma superficial o subterránea. En cuanto a esto, es de gran importancia destacar que el agua superficial posee una susceptibilidad mayor que el agua subterránea a la contaminación, debido a su fácil acceso a aguas residuales. Tanto la erosión como la geogénica, es decir la interacción entre el agua y las rocas que provocan lixiviación de minerales, e influencias antropogénicas determinarán la calidad del agua superficial de la región. (Jabeen, S. 2013)

Por lo tanto para introducirnos en la temática de la calidad del medio ambiente es importante destacar en profundidad cuáles son los procesos que repercuten en la misma, en el caso del agua, como fue mencionado, procesos de origen natural, como la erosión y geogénica, y los procesos como la industrialización, el cultivo extensivo y la explotación de recursos naturales descargan una gran cantidad de efluentes al medio ambiente, causando su polución. Estos procesos mencionados implican la incorporación de materia extraña al medio ambiente ocasionando contaminación de todo tipo. De esta manera, esta problemática ha llamado la atención de la sociedad, ya que el agua está vinculada a distintas enfermedades tanto para el ser humano así como para la conservación de la biodiversidad vegetal y animal de ecosistemas acuáticos. (Swain, A.K. 2016)

La importancia que denota este recurso natural, genera interés y preocupación por parte de los actores sociales de las distintas localidades de estudio. Esta preocupación junto a la ausencia de publicaciones científicas o de divulgación recientes sobre la calidad del agua en la región, son motores fundamentales para llevar a cabo estudios de esta índole con el fin de generar una base de información pertinente para posteriores investigaciones, y que sea de utilidad para generar un diálogo con la población y autoridades pertinentes en lo referente a temas del medio ambiente, concientizando de esta forma sobre el cuidado del mismo.

2. Delimitación geográfica.

Este estudio se delimitó al Departamento de Rivera, específicamente a las localidades de Tranqueras, Valle del Lunarejo, Vichadero, Paso Hospital, la ciudad de Rivera y Minas de Corrales. Estas ciudades fueron escogidas por diversos motivos de preocupación ambiental general por parte de la población.

2.1. Situación ambiental del Departamento de Rivera

El Departamento de Rivera, se encuentra al Noreste del país, limitando al Norte con Salto, al Norte y Noreste con Brasil, al Noroeste con Artigas, al Sureste y Sur con Cerro Largo y Tacuarembó respectivamente. Tiene una superficie de 9370 km² y una población, en 2011, de 103.493 habitantes. (INE, 2011)

Este departamento es atravesado por el Sistema de Acuífero Guaraní (SAG), un reservorio transfronterizo de aguas subterráneas que se encuentra latente en el territorio de cuatro países sudamericanos, Uruguay, Paraguay, Brasil y Argentina. (Montes, R. 2007; Estol, G. 2007). Su distribución en territorio uruguayo abarca unos 36.170 km², ocupando la menor porción que en el resto de los países que lo contienen, siendo el principal acuífero uruguayo por su extensión y potencial productivo. En la ciudad de Rivera y Tranqueras el SAG constituye la principal fuente de abastecimiento público de agua potable a las localidades (OSE). (MVOTMA, PNA), estando ambas ciudades situadas en la zona de recarga del acuífero.

2.2. Situación ambiental de Tranqueras

Tranqueras se ubica al noroeste de Rivera, siendo la segunda ciudad más grande de este departamento luego de la capital, con aproximadamente 7.284 habitantes según el censo del INE realizado en el 2004. Es de gran importancia para este proyecto mencionar que la ciudad no cuenta totalmente con un sistema de saneamiento adecuado, lo que conlleva a la presencia de aguas cloacales alrededor de las viviendas, siendo una preocupación, que el vertido de dichas aguas pueda resultar en contaminación del SAG y el río Tacuarembó.

Una aseveración de esto es que la deposición final de los residuos domésticos de esta ciudad se hace a tan solo 200 mts del río Tacuarembó, pudiendo implicar un alto impacto en la calidad de sus aguas, y también en las del Acuífero Guaraní debido a posibles filtraciones del Río Tacuarembó al mismo, especialmente por estar situado en la zona de recarga del SAG.

A su vez es importante mencionar que los vecinos, en algunos talleres realizados en el marco del proyecto GEO, mencionaron haber destinado el pozo de extracción de agua de

consumo para la realización del pozo negro para desagotar las aguas servidas de la vivienda, lo que también podría implicar posible contaminación al SAG.

En síntesis todos estos factores podrían acarrear un potencial impacto sobre las reservas del acuífero y sobre la calidad del agua general de la ciudad, planteando un riesgo ambiental y un riesgo para la salud de los pobladores de Tranqueras. (PNUMA, 2009)

Por estas razones Tranqueras fue un lugar de análisis, precisamente sobre distintos puntos del Río Tacuarembó.

2.3. Área Protegida Valle del Lunarejo

Valle del Lunarejo es un paisaje natural (área protegida) que se encuentra a pocos km de la ciudad de Tranqueras. Se ubica en la parte norte del sistema de la Cuchilla de Haedo, la cual cumple una función de corredor biológico de especies subtropicales de flora y fauna que ingresan desde el sur de Brasil al territorio uruguayo. (MVOTMA). Este paisaje natural es un área de desarrollo social y económico, cuya economía sustentable se basa en agricultura, ganadería y turismo. El principal curso de agua que atraviesa la zona es el arroyo Lunarejo.

2.4. Situación ambiental de Vichadero

La localidad de Vichadero se encuentra al sudeste del departamento de Rivera, sobre la cuchilla Caraguatá. Su población es de 4.074 habitantes, representando el 4% de la población departamental (INE Censo Fase I, 2004). Dentro de los motivos de su elección se encuentran, la ausencia de un sistema generalizado de saneamiento y a su vez la producción ganadera, sojera y arrocería también podría contribuir a comprometer el estado general de cuerpos de agua de la zona.

Como fue mencionado anteriormente, Vichadero no posee una red de saneamiento generalizada, únicamente menos del 10% de la población total, en los complejos MEVIR, cuentan con saneamiento. El resto de los pobladores vierte las aguas residuales, en su mayoría domésticas, a las cunetas de la vía pública. Apareciendo así una situación ambiental a tener en cuenta.

En cuanto a los sistemas de saneamiento de MEVIR I y MEVIR II, estos consisten en un sistema de efluentes decantados en cámara séptica y luego un sistema de lagunaje. En la actualidad el sistema de tratamiento de aguas residuales no funciona adecuadamente, siendo esto notorio en la turbidez, color y olor del agua en la salida del sistema de tratamiento. Al igual que en MEVIR II, donde tampoco se posee de un sistema de saneamiento adecuado. El agua que sale de los sistemas se vierte en el Arroyo Coronilla. (PNUMA, 2009).

2.5. Situación ambiental de Paso Hospital

Paso Hospital es una localidad situada a tan solo 18 km de Vichadero que cuenta, según el censo del INE en 2011, con 295 habitantes, estando a pocos metros del arroyo Paso

Hospital a la altura de la ruta nacional número 6. Esta fue escogida porque es un importante pasaje de camiones de carga arroceros y de soja y que la población hace hincapié es en la poca frecuencia o ausencia de la recolección de basura cuyo impacto es visible por la acumulación de residuos de todo tipo, a orillas del arroyo Paso Hospital.

2.6. Situación ambiental de la Ciudad de Rivera

La cuenca del Arroyo Cuñapirú nace en la cuchilla Negra, a unos 15 km de la ciudad de Rivera y desemboca en el Río Tacuarembó a la altura de la localidad de Pueblo de Barro. Ésta comprende unos 3502 km² dentro de los límites del departamento. Cabe señalar que su cauce se desliza en un valle entre la cuchilla de su mismo nombre y la cuchilla de Corrales, y que su principal afluente es el Arroyo Corrales que bordea la ciudad de Minas de Corrales.

El Arroyo Cuñapirú junto al SAG son los sistemas de abastecimiento de la población de Rivera siendo muy importante para la ciudad. A su vez, al igual que como se mencionó anteriormente la existencia de una relación entre el Río Tacuarembó (Tranqueras) y el SAG, se presenta una relación importante entre el SAG y el Arroyo Cuñapirú. La naciente del Arroyo Cuñapirú se localiza sobre la zona de recarga del SAG y teniendo en cuenta este factor es evidente la importante relación de carga y descarga del acuífero con el arroyo.

2.7. Situación ambiental de Minas de Corrales

Minas de Corrales se ubica al Oeste del departamento de Rivera sobre la Cuchilla de Corrales, a 110 km de la capital departamental. Esta pequeña localidad ha estado vinculada, a lo largo de la historia, con la actividad minera. Hoy en día la minera San Gregorio es quien lleva las explotaciones en el área. A su vez este pueblo carece de saneamiento generalizado al igual que Vichadero y Tranqueras, la ausencia de saneamiento y el mal funcionamiento de los sistemas de aguas cloacales de los complejos MEVIR se plantea como un problema ambiental importante.

También se destaca, dentro de su situación ambiental, la falta de mantenimiento del basurero local que atiende a Minas de Corrales que implica a la generación de basurales por parte de los vecinos y pueblos cercanos, lo que lleva a la quema de basura por parte de los pobladores. También los pobladores han manifestado otras preocupaciones como el polvo proveniente de los camiones que trasladan materiales de la minera. (PNUMA, 2009). El principal curso de agua que se sitúa en la zona, es el arroyo Corrales.

2.8. Parámetros analizados en los distintos cursos de agua

El pH es una variable imprescindible en los análisis de calidad de agua, se sabe que éste es de gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, un pH ácido puede estar dado, en aguas naturales por la presencia de CO₂, disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico proveniente de algunos minerales, entre otras causas. Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener un pH muy ácido.

A su vez tanto la conductividad como los sólidos totales disueltos (TDS) son otros parámetros importantes. La conductividad es proporcional a la cantidad y características de los electrolitos presentes, mientras que los TDS hacen alusión a residuos sólidos filtrables a través de una membrana con poros de $2\mu\text{m}$ es decir sales y residuos orgánicos. (Echarri, L. 2007). Análisis de Componentes Principales han demostrado la correlación positiva entre los TDS, conductividad, salinidad y la temperatura, por otra parte han evidenciado que el aumento de la temperatura disminuye la solubilidad de gases como el Oxígeno, y aumenta, en general, la solubilidad de las sales, aumenta también la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando así la putrefacción, y por ende siendo un parámetro a tener en cuenta. (Miranda, J. 2015)

El monitoreo del Sulfito es importante, ya que estos iones son tóxicos para algunas formas de vida acuática y su habilidad para remover el oxígeno disuelto en el agua destruiría el balance ecológico de ríos, lagos.

El cloruro también es un ion que se debe tener en cuenta a la hora de realizar monitoreos de cuerpos de agua, éste es de los principales iones inorgánicos presentes en el agua, no es de conocimiento que altas concentraciones de cloruro sean tóxicas para el ser humano pero si puede serlo para la vida vegetal.

Asimismo la dureza y alcalinidad del agua son otros dos parámetros que deben medirse, la dureza se mide como la concentración de CaCO_3 en el agua y la alcalinidad en las aguas naturales se debe en su mayoría a la presencia de ciertas sales de ácidos débiles y también puede contribuir la presencia de bases débiles y fuertes. (Hanna Kit, 1987)

En todas las ciudades se ha mencionado como un punto importante la ausencia de saneamiento. Esto puede afectar de distintas formas al agua subterránea. Una de ellas es la contaminación de la misma con bacterias coliformes mediante la filtración de las cámaras sépticas. Por esta razón es necesario realizar estudios microbiológicos, especialmente de coliformes fecales, siendo este uno de los factores que más influye a la calidad del agua. Es un factor muy importante ya que mejorando la higiene y el manejo de los recursos de agua se pueden prevenir 1 de 10 enfermedades globales, en los países de bajos ingresos el 80% de las enfermedades están relacionadas al agua. La causa primaria de las enfermedades transmitidas por el agua es la contaminación microbiológica, y los riesgos microbiológicos más importantes son los que se deben a la ingesta de agua contaminada por heces, aunque esta agua no es de consumo sí lo es de recreación y por tanto también está en contacto con el cuerpo humano resultando así un parámetro importante a ser controlado. (Engstrom, E. 2015).

A su vez la presencia de Nitratos, juega un importante rol en el ambiente y en la salud humana y animal. Tanto el nitrato como el nitrito son fuente de ciertos microorganismos en ambientes acuáticos por lo que son asimilados por estos, pero a altas concentraciones pueden ser tóxicos causando la eutrofización. En consecuencia, se utiliza a ambas especies como indicadores de la polución del agua. En la salud humana surten efectos como formación de nitrosaminas, al reaccionar con aminas, siendo estos agentes carcinógenos. A altas concentraciones en la sangre, el Nitrógeno puede impedir el transporte de Oxígeno mediado por la Hemoglobina, ya que este reacciona con el Hierro (II) de la misma formando metahemoglobina, ocasionando la enfermedad metahemoglobinemia. Por lo que es de suma importancia su detección en el agua como indicador de contaminación, y evaluar la misma según el uso que se le dará. Las actividades antropogénicas, como la

agricultura, descarga de desechos industriales, emisiones de vehículos entre otras causan el incremento de estas especies de Nitrógeno en ecosistemas acuáticos, por lo que podría encontrarse un aumento de esta especie en cuerpos de agua relacionados a estas actividades. (Brandao, G.C. 2014)

El Fósforo es otro parámetro que corresponde evaluar, su presencia puede colaborar a la eutrofización del agua, acelerando la misma. Sobre todo esto sucede en las aguas superficiales, que son sensibles a la pérdida del fósforo por parte de las actividades agrícolas. Esto desencadenaría en la proliferación de floraciones de algas potencialmente tóxicas, muerte de invertebrados y peces debido a la desoxigenación, y por ende a la pérdida de la biodiversidad a largo plazo. La escorrentía superficial es una importante fuente de pérdida de fósforo, pero corresponde recordar que ésta vía está limitada espacialmente y temporalmente a eventos de lluvia de alta magnitud e intensidad. (Heathwaite, A. 2000)

La presencia de compuestos mutagénicos también es objeto de análisis. El ensayo de mutagénesis de Salmonella ha sido utilizado ampliamente para identificar sustancias genotóxicas en muestras ambientales. Este ensayo determina la mutagenicidad, pero no la carcinogenicidad de las muestras complejas. Sin embargo, debido a que muchos carcinógenos actúan por mecanismos mutagénicos, la mayoría de los carcinógenos orgánicos que son mutágenos son positivos en el ensayo de Salmonella. Por el contrario el ensayo ha identificado algunos mutágenos que no han resultado ser carcinógenos. Este ensayo es útil para identificar la actividad mutagénica en muestras medio ambientales complejas y así poder comparar esta actividad entre distintos puntos de muestreo. (Warren, S.H. 2015).

Los límites permitidos para los distintos parámetros enunciados se encuentran en el decreto 253/79 según el tipo de uso que se le dé al agua, como se puede observar en la Tabla. En este caso solo se presenta la clase 2b ya que dentro de esta se encuentra el agua destinada a la recreación y el contacto directo con el cuerpo humano, es decir el tipo de agua analizada en este trabajo. (Collazo, 2009)

Tabla 1. Límites establecidos para cada parámetro estudiado .

Parámetro	Clase 2b
Ph	6.5-8.5
Nitratos	Máx 10 mg/L
Fósforo total	Máx 25 µg/L
TDS	-
Coliformes fecales	1000 CF/100mL

Todos estos parámetros son elegidos con el propósito de plantear un panorama general de la calidad del agua en distintas zonas del departamento de Rivera y a su vez relacionar los distintos resultados con el uso de los suelos de las distintas cuencas involucradas.

Es importante mencionar que Rivera cuenta con cinco cuencas hidrográficas, la del Río Tacuarembó, dentro de la que se encuentra Tranqueras, la del Arroyo Cuñapirú, a la que pertenece Minas de Corrales, la del Arroyo Yaguarí, del Arroyo Caraguatá y la del Río Negro, sobre las divisas de agua de las dos últimas se encuentra el poblado de Vichadero.

(PNUMA, 2009). El uso de los suelos relacionado a estas cuencas se puede interpretar a partir de la Fig7.

Como se puede visualizar, sobre la cuenca del Río Tacuarembó, se observan en su mayoría arbustos, cultivos regados y de secano y montes nativos que rodean al Río Tacuarembó.

Los suelos sobre la cuenca del Arroyo Cuñapirú son en su mayoría herbáceos naturales, al igual que a los de la cuenca del Río Negro, aunque en estos suelos también se pueden encontrar cultivos de secano.

A su vez sobre la cuenca del Arroyo Caraguatá también se encuentran herbáceos naturales y algunos montes nativos.

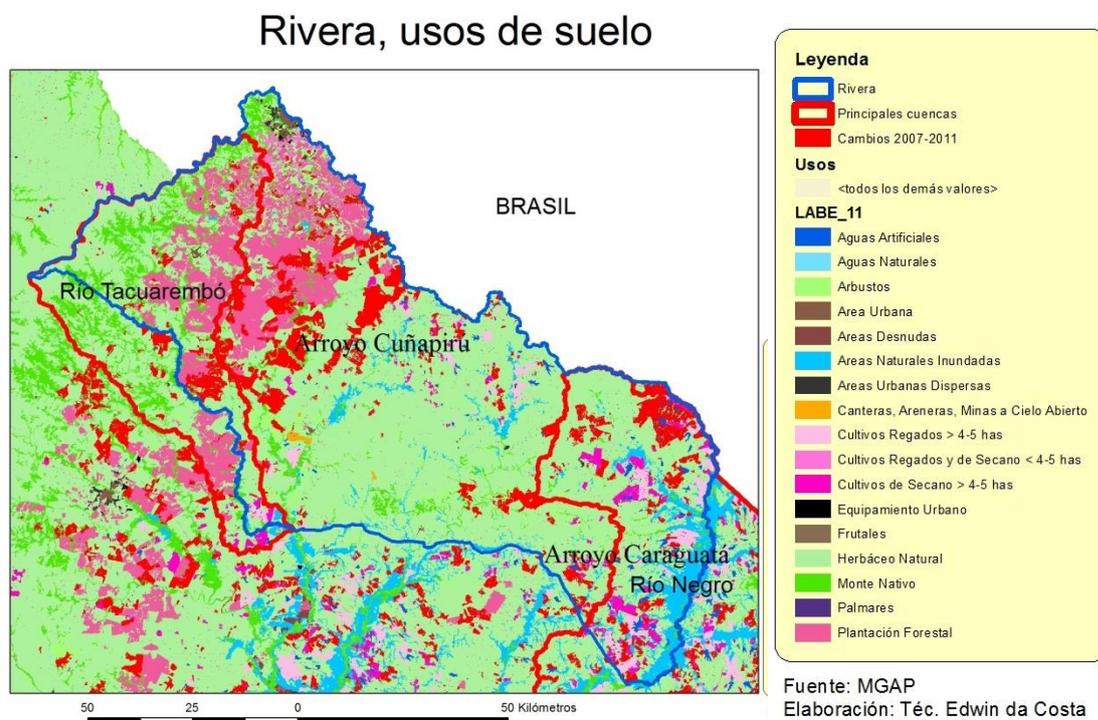


Fig 1. Mapa de Rivera y los distintos usos de su suelo.

3. Objetivo General:

El presente trabajo pretende el estudio de posibles riesgos ambientales que afectan a distintos cuerpos de agua del departamento de Rivera, y a su vez relacionar la influencia de los que correspondan con el Sistema Acuífero Guaraní (SAG).

3.1. Objetivos Específicos:

- Determinar parámetros fisicoquímicos in situ, tales como pH, TDS, conductividad y temperatura.

- Determinar la concentración de NO_3 y P total mediante métodos espectrofotométricos.
- Realizar ensayo microbiológico con el fin de detectar la presencia coliformes fecales.
- Evaluar la mutagenicidad de las muestras mediante el Test de Ames.
- Establecer un vínculo, cuando corresponda, con las actividades antropogénicas de los alrededores de cada punto muestreado con los resultados obtenidos de los análisis mencionados.

4. Metodología:

4.1. Diseño de muestreo:

4.1.1. Tranqueras y Valle del Lunarejo:

Los puntos seleccionados en el Río Tacuarembó en la localidad de Tranqueras, se pueden observar en la Fig 2, estos se ubican antes del ingreso del curso de agua a la zona urbana de la ciudad de Tranqueras, río abajo en el balneario de Tranqueras, una zona concurrida de recreación, y a la altura de la Trinchera Sanitaria, donde se depositan todos los residuos de la ciudad. Las coordenadas de estos puntos se pueden apreciar en la Tabla 2.

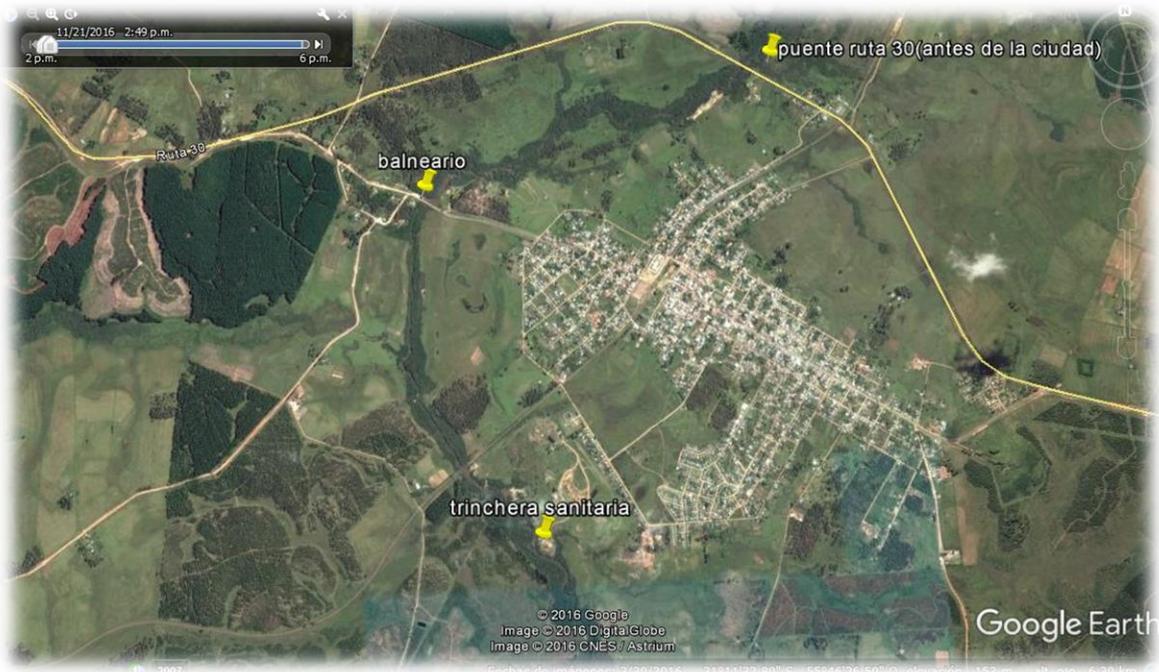


Fig 2. Mapa de la ciudad de Tranqueras con los puntos del río Tacuarembó seleccionados para el muestreo.

Tabla 2. Coordenadas Geográficas de puntos escogidos en Tranqueras.

Tranqueras	Coordenadas 1	Coordenadas 2
Balneario Tranq.	31° 10' 59.26"S	55° 47' 00.22"O
Ruta 30 (antes ciudad)	31° 10' 36.21"S	55° 45' 37.03"O
Trinchera Sanitaria	31° 12' 15.29"S	55° 46' 39.68"O

El Arroyo Lunarejo fue seleccionado como un punto control, ya que presenta poca intervención humana, debido a que desde el 2009 integra el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), por tanto esta región se encuentra protegida por estas políticas ambientales. (MVOTMA). En la imagen y tabla a continuación, se ubica al mismo. (Fig3 y Tabla3).

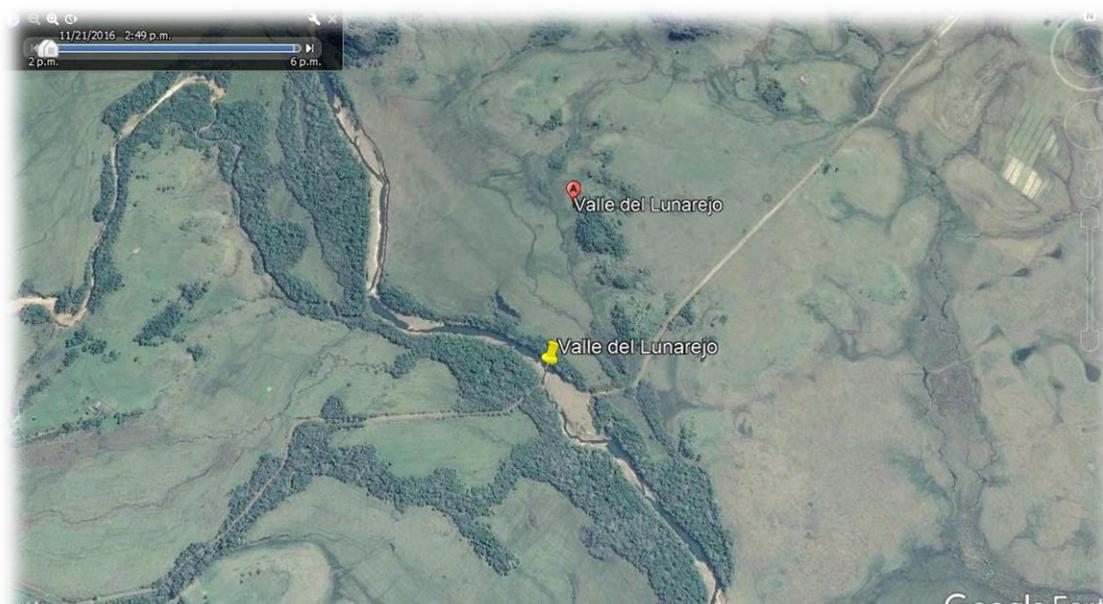


Fig 3. Mapa de Valle del Lunarejo, con el punto seleccionado para el muestreo.

Tabla 3. Coordenadas Geográficas del punto escogido.

Lunarejo	Coordenada1	Coordenada2
A. Lunarejo	31°11' 23.42" S	55° 54' 05.93" O

4.1.2. Vichadero:

Los puntos de análisis fueron el Arroyo Coronilla, en las cercanías de la Trinchera Sanitaria, y el otro punto, sobre el Arroyo Ceibal, se localiza en la ruta 6. (CEIBAL). (Fig. 4)

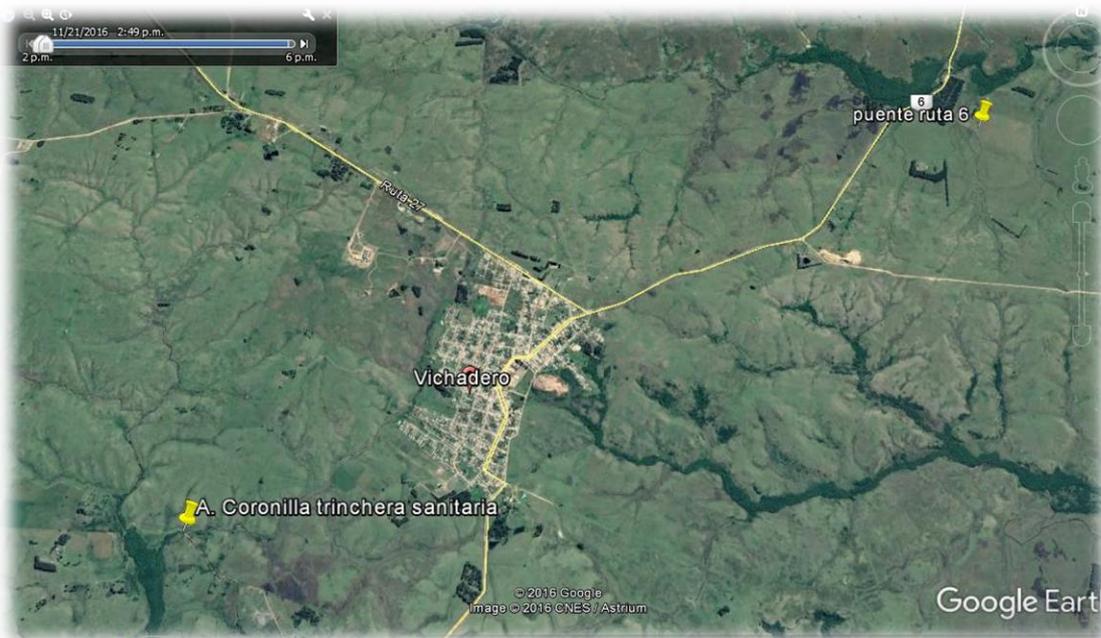


Fig 4. Mapa de Vichadero con los puntos seleccionados para el muestreo.

Las coordenadas de los puntos mostrados en la Fig 4 son las que se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4. Coordenadas de Vichadero.

Vichadero	Coordenadas 1	Coordenadas 2
A, Coronilla (T. Sanitaria)	31° 47' 20. 36''S	54° 43' 00. 29''O
A.Ceibal, ruta 6 km 698	31° 45' 12. 40''S	54° 39' 01. 18''O

4.1.3 Paso Hospital

Los puntos seleccionados del Arroyo Paso Hospital fueron dos, el primero cerca del basurero, donde la población descarta sus desechos aquí debido a la problemática con el camión recolector de basura, y al otro se lo denomina “Paso Viejo”, un lugar de recreación de los habitantes de la zona. (Fig5). Las coordenadas de estos puntos se encuentran en la Tabla 5.

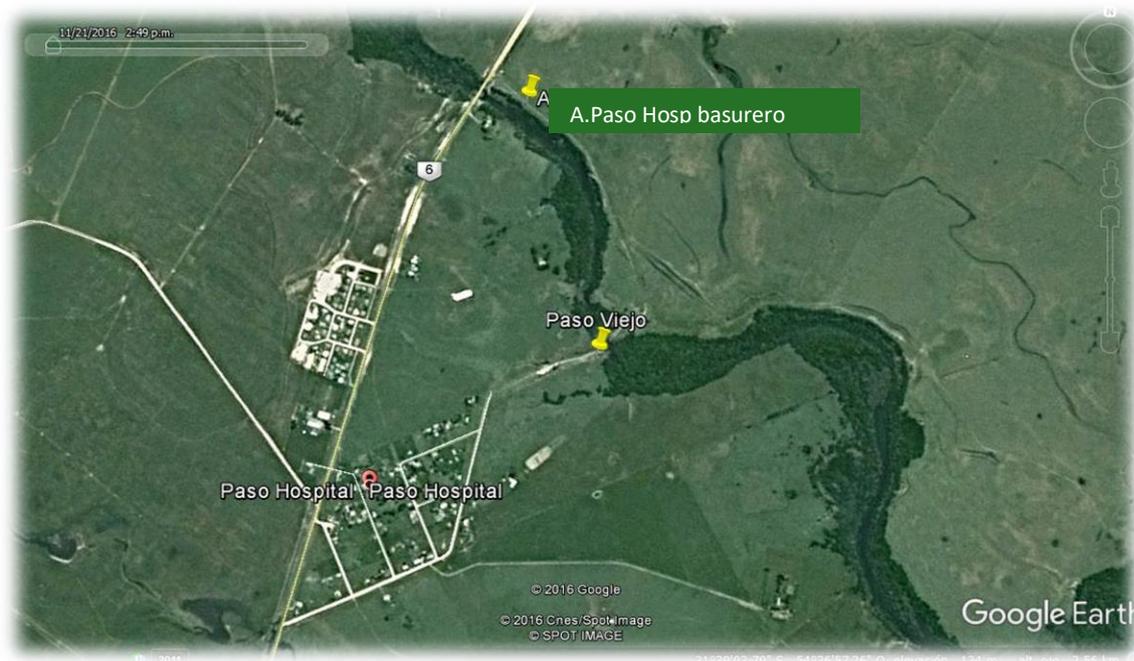


Fig 5. Mapa de Paso Hospital con los puntos seleccionados para el muestreo.

Tabla 5. Coordenadas de Paso Hospital.

Paso Hospital	Coordenadas 1	Coordenadas 2
A. Paso Hospital (basurero)	31° 38' 44.19"S	54° 37' 04.61"O
A. Paso Hospital "Paso Viejo"	31° 39' 04.44"S	54° 36' 54.88"O

4.1.4 Ciudad de Rivera

En la Ciudad de Rivera el análisis comprendió fundamentalmente el Arroyo Cuñapirú, de éste se tomaron muestras en distintos puntos de relevancia, ya sea antes del inicio de la ciudad como en dos barrios importantes de Rivera, La Racca y La Estiba. Como se ha mencionado anteriormente, este curso de agua junto al SAG son las principales fuentes de abastecimiento de la Ciudad de Rivera, por ello se consideró como un importante sitio de estudio. (Fig. 6, Tabla 6.)

Otro punto de muestreo fue en el Parque Gran Bretaña, donde se encuentra un lago artificial, que es utilizado como zona de recreación, tanto para baño como para pesca. Fig 7, Tabla 7.

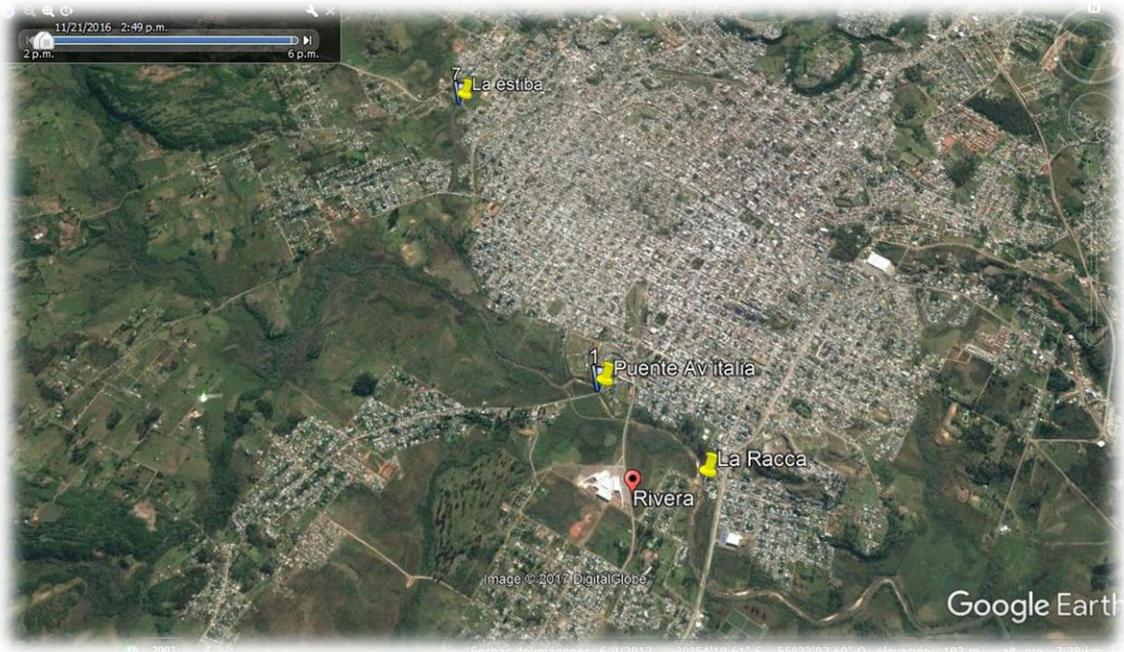


Fig 6. Mapa de Rivera con los puntos seleccionados para el muestreo correspondiente.

Tabla 6. Coordenadas de los puntos de la Ciudad de Rivera.

Rivera	Coordenada1	Coordenada2
Puente Av. Italia	30° 54' 33.73" S	55° 32' 54.31" O
Estiba	30° 53' 02.94" S	55° 33' 39.54" O
La Racca	30° 54' 59.86" S	55° 32' 26.91" O



Fig 7. Mapa de Rivera con los puntos seleccionados en el Parque Gran Bretaña.

Tabla 7. Coordenadas de los puntos del Parque Gran Bretaña

Rivera	Coordenada1	Coordenada 2
PGB playa	30° 51' 47.62" S	55° 35' 51.76" O
PGB pesca	30° 51' 41.78" S	55° 35' 47. 68" O

4.1.5 Minas de Corrales

Los puntos de análisis se observan en la Figura 8, fueron cuatro, estos se tomaron a lo largo del Arroyo Corrales, antes de entrar a la ciudad, entrando a la ciudad, río abajo luego del lixiviado de la Trinchera Sanitaria y más abajo a la altura de la minera.

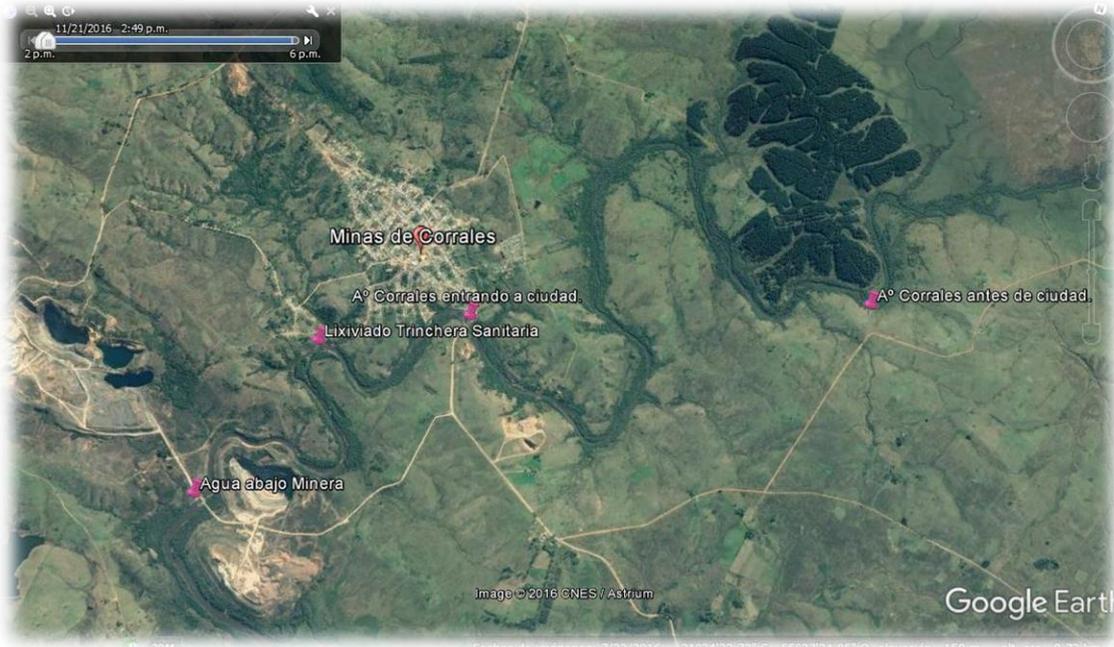


Fig 8. Mapa de Minas de Corrales con los puntos seleccionados para el muestreo correspondiente.

Las coordenadas de los puntos escogidos se encuentran en la tabla 8.

Tabla 8. Coordenadas de Minas de Corrales

Minas de Corrales (A° Corrales)	Coordenadas 1	Coordenadas2
Antes de la Ciudad	31° 34' 05.18"S	55° 25' 43.13"O
Entrando a la ciudad	31° 34' 38.48"S	55° 27' 56.07"O
Represa OSE (atrás minera)	31° 35' 42.51" S	55° 29' 06.26"O
Lixiviado T. Sanitaria	31° 34' 56.29" S	55° 28' 41.49" O

Los distintos métodos utilizados que se especifican a continuación fueron evaluados en las distintas muestras de agua, en distintas épocas del año. Se realizaron muestreos en Abril, Mayo y Diciembre del año 2016, también en Marzo y Julio del 2017.

4.2. Determinación de parámetros fisicoquímicos y biológicos de calidad de agua.

- Determinación de sulfito, cloruro, hierro, dureza y alcalinidad mediante titulaciones por medio del kit de Hanna HI 3817:

Mediante titulaciones colorimétricas dadas por el kit, se evaluó alcalinidad, sulfito, dureza, cloruros y hierro en las distintas muestras.

- Determinación de parámetros fisicoquímicos *in situ* mediante el multiparámetro (CRISON MM 40+):

Se procedió a la calibración del multiparámetro “CRISON MM 40+” como las instrucciones dictan, se calibró pH y conductividad.

- Determinación de Nitrato mediante método espectrofotométrico

Se siguió el protocolo de IDEAM con el fin de medir el Nitrógeno proveniente de Nitrato (N- NO₃) en agua por espectrofotometría UV. (IDEAM, 2007).

Para ello se prepararon soluciones de KNO₃ a distintas concentraciones 0,03, 1, 2 y 5 mg/L de N-NO₃ con el fin de realizar la curva de calibración correspondiente, habiendo contemplado que en estas se encontrara el límite permitido de N-NO₃, 10 mg/L.

Se midió la absorbancia a dos longitudes de onda, $\lambda=220\text{nm}$ que es la longitud de onda a la cual absorbe el Nitrato, y $\lambda=275\text{nm}$ en la cual el Nitrato no absorbe pero sí lo hace la materia orgánica que puede interferir en la medida de concentración del Nitrato, por lo que se le resta la Abs₂₇₅ a la Abs₂₂₀. Las muestras fueron filtradas previo a las mediciones de absorbancia, con el fin de descartar materia orgánica que pueda interferir.

- Determinación de Coliformes Fecales mediante filtración a través de membrana:

Se realiza en el Laboratorio de Medio Ambiente de la Intendencia Departamental de Rivera por medio de una pasantía en una única oportunidad. Se procedió a filtrar las diversas muestras de agua a través de membranas de nitrocelulosa cuyo tamaño de poro impide el pasaje de los coliformes, reteniéndolos en la membrana. Esta membrana se coloca en un medio nutritivo MCF necesario para el crecimiento de estas bacterias. Se prosigue dejando crecer las bacterias en un baño caliente a 45°C durante 24 hs, pasado este tiempo se procede al recuento.

Cabe mencionar que para poder tener un recuento eficiente se debe tener en cuenta las diluciones a realizar de cada muestra, en este caso estas ya estaban estipuladas por la Intendencia de Rivera.

➤ Determinación de fósforo total por espectrofotometría.

Para este ensayo, se utilizó la técnica prevista por el Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA).

El fósforo puede encontrarse en diversos estados, por ejemplo combinado con materia orgánica. Mediante esta técnica se convierte el fósforo presente en las muestras en ortofosfato, para luego así poder ser medido mediante espectrofotometría por su reacción con el ácido ascórbico.

Se realizaron las curvas de calibración correspondientes a cada día que se midió este parámetro, las concentraciones escogidas fueron 0, 10, 100, 200 y 500µg de P total/L, ya que es esencial que el límite de P admitido (25 µg/L) se encuentra en la recta.

➤ Ensayo de mutagénesis:

Con el propósito de evaluar la presencia de componentes mutagénicos en las distintas muestras de agua se realizó el test de Ames (Jomini, S.2012).

Para este experimento se utilizó la cepa TA98 y TA100 de Salmonella Typhirium Por tratarse de muestras de agua se modificó la técnica original desarrollada por Bruce Ames, para utilizar placas de 96 pocillos y así utilizar un mayor volumen de agua, ya que en muestras ambientales estos compuestos mutagénicos pueden hallarse diluídos y consecuentemente no ser detectados. Los materiales, soluciones y medios de cultivo necesarios para este ensayo fueron esterilizadas mediante uso de autoclave durante 15 min a una presión entre 98 y 137 kPa, aquellas que no podían esterilizarse por este medio (Biotina, Glucosa, Púrpura de Bromocresol e Histidina) fueron filtradas en filtros de 0,22µm en campana de flujo laminar. Las muestras de agua a analizar son filtradas también utilizando filtros de 0,22µm, para evitar que la propia carga microbiológica de las mismas interfiera con el ensayo. Luego de sembradas las placas se incuban a 37°C de 3 a 6 días en una estufa, y se evalúa la mutagenicidad por el cambio de color de púrpura a amarillo en los pocillos donde la mutación se revirtió. Teniendo en cuenta al control positivo (que posee NaN3 un compuesto mutagénico en el caso de la cepa TA100) y el control negativo que no posee ningún compuesto mutágeno. Este último control es esencial para visualizar las revertientes espontáneas, aquellas muestras cuyo número de pocillos positivos sea el doble o más que el número de revertientes espontáneas, dadas por el control negativo, se consideran muestras con mutagenicidad positiva.

5 Resultados y Discusión:

Es significativo destacar lo fundamental que es identificar la presencia de distintos contaminantes en estos cursos de agua para poder comprender las causas de degradación del ecosistema con el fin de identificar las posibles fuentes de contaminación y buscar soluciones para la remediación y restauración del cuerpo de agua. (Granger, S. 2017).

Por tanto, han sido varios parámetros que se han analizado, entre ellos los parámetros fisicoquímicos básicos como la temperatura, el pH, la conductividad y los TDS, también mediante un Kit (Hanna HI 3817) se analizaron presencia de iones como sulfitos y cloruros, de la misma manera se determinó la dureza y alcalinidad del agua.

Como se ha mencionado anteriormente, algunos cursos de agua que estudiaremos pueden influir al SAG, por su cercanía con este, un ejemplo es el Río Tacuarembó y el Arroyo Cuñapirú; por lo que los contaminantes en el caso de estar presentes en el cuerpo de agua también podrían filtrarse teniendo influencia en este importante acuífero.

Los resultados de los ensayos realizados en los distintos puntos de muestreo, se encuentran enumerados por zona a continuación.

5.1 Tranqueras y Valle del Lunarejo

En las tablas que se adjuntan se encuentran los resultados con su respectiva fecha de muestreo. Primeramente se realizó un muestreo el 5 de Abril del 2016, donde la precipitación diaria medida por INUMET fue de 47 mm, se evaluó la concentración de cloruros y sulfitos mediante un kit (Hanna), parámetros fisicoquímicos *in situ* y se determinó la concentración de Nitrato (tabla 9, 10 y 11). Mediante el kit Hanna se realizan titulaciones, con los correspondientes reactivos e indicadores colorimétricos para cada ensayo.

Tabla 9. Compuestos químicos presentes en las distintas muestras tomadas de Tranqueras

Lugar Tranq.	Fecha	Cloruros mg/L	Sulfitos (mg/L)	Dureza (mg/L CaCO ₃)	Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	Hierro (mg/L)
Baln Tranqueras	04/2016	40	<10	48	48	1
Trinchera sanitaria	04/2016	40	<10	54	51	1

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de Tranqueras.

Lugar Tranq.	Fecha	pH	Conductiv(μS/cm)	TDS (ppm)
Baln. Tranqueras	05/04/2016	6.64	4.48	19
Trinchera Sanitaria	05/04/2016	6.69	3.56	15

Para evaluar la concentración de nitratos, se tuvo la precaución de filtrar todas las muestras en filtros de 0,22µm para que la materia orgánica interfiera lo menos posible en el ensayo, además de la filtración, al corregir la absorbancia ($Abs_{220} - Abs_{275}$) también se corrige la posible interferencia de materia orgánica que haya quedado en la muestra. Esto se realizó para todos los ensayos de Nitrato, en todas las localidades en las que se evaluó.

Tabla 11. Concentración de Nitrato medida por espectrofotometría.

Lugar Tranq.	[NO ₃] mg/L
Baln Tranqueras	0,0714
Trinchera Sanitaria	0,0846

El segundo muestreo fue realizado el 24 de Noviembre del 2016, cuya precipitación diaria fue traza, es decir igual o inferior a 0,1 mm. En este muestreo se adicionaron dos nuevos puntos, uno antes de la ciudad, con el fin de comparar la calidad de agua en este punto con la del agua en el balneario con el fin de evidenciar la influencia del balneario sobre este curso hídrico, y el segundo punto fue cerca de Tranqueras, en Valle del Lunarejo.

Los resultados de este muestreo se adjuntan en las Tablas 12, 13, 14 y 15.

Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de Tranqueras.

Lugar Tranq	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv. (µS/cm)	TDS (ppm)
Balneario Tranq.	24/11/2016	20,3°C	7,27	8,66	40
Ruta 30 (antes ciudad)	24/11/2016	19°C	6,75	8,57	49
Trinchera Sanitaria	24/11/2016	20,6°C	7,19	8,82	42

Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de Valle del Lunarejo

Lugar Lunarejo	Fecha	Temperatura	Ph	Conductiv. (µS/cm)	TDS (ppm)
Lunarejo	24/11/2016	24,0°C	7,29	10,21	46

Tabla 14. Compuestos químicos presentes en las distintas muestras tomadas de Tranqueras

Lugar Tranq.	Fecha	Cloruros mg/L	Sulfitos (mg/L)	Dureza (mg/L CaCO ₃)	Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)
Baln Tranqueras	12/2016	40	<10	60	50
Trinchera sanitaria	12/2016	40	<10	48	46
Ruta 30 (antes ciudad)	12/2016	40	<10	57	55

Tabla 15. Compuestos químicos presentes en las distintas muestras tomadas de Valle del Lunarejo.

Lugar	Fecha	Cloruros (mg/L)	Sulfitos (mg/L)	Dureza (mg/L CaCO ₃)	Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)
Lunarejo	12/2016	40	<10	45	46

El tercer muestreo fue realizado el 27 de Marzo de 2017, la precipitación diaria medida fue de 0,0 mm. Los resultados se observan en las tablas 16 y 17.

Tabla 16. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de Tranqueras.

Lugar Tranq	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv. (μS/cm)	TDS (ppm)
Balneario Tranq.	03/2017	21,0°C	7,18	10,27	30
Ruta 30 (antes ciudad)	03/2017	20,6°C	7,16	9,97	27
Trinchera Sanitaria	03/2017	20,3°C	7,12	10,03	27

Tabla 17. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de Valle del Lunarejo.

Lugar Lunarejo	Fecha	Temperatura	Ph	Conductiv. (μS/cm)	TDS (ppm)
Lunarejo	03/2017	21,5°C	7,32	11,34	30

Por último se realizó un muestreo el 26 Julio de 2017 (Tabla 18 y 19), la precipitación medida fue de 0,0 mm, en esta oportunidad se analizó el Fósforo total (P total). Para evaluar la presencia del mismo, se llevó a cabo la preparación de solución Stock de P a partir KH₂PO₄ anhidro, de la cual se parte para realizar la curva de calibración. Previo a la medición de absorbancia, las muestras se digieren en autoclave durante 30 minutos a una presión entre 98 y 137 kPa. Con la digestión se asegura que todo el P presente se encuentre en forma de ortofosfato, de esta manera es posible medir el fósforo total como fósforo reactivo, mediante la reacción colorimétrica con ácido ascórbico. (MVOTMA)

Tabla 18. Concentración de P total en Tranqueras.

Lugar	Ptotal (μg/L)
Balneario	12,31
Ruta 30 (antes ciud)	13,19
Trinchera Sanitaria	12,40

Tabla 19. Concentración de P total en Valle de Lunarejo.

Lugar	Ptotal (μg/L)
Lunarejo	10,81

En todos los casos la concentración de P total estuvo dentro del parámetro establecido siendo este 25 μg/L, presentando su menor valor en el Arroyo Lunarejo, como podía esperarse, debido a la poca influencia antropogénica, y el mayor valor presente en el Río Tacuarembó antes de la ciudad, a la altura del puente de la ruta 30.

En base a los parámetros fisicoquímicos y los compuestos determinados, se construyeron los gráficos que se observan en la Fig 9, 10 y 11 con el fin de visualizar mejor los resultados y compararlos (Períodos Abril, Noviembre y Marzo).

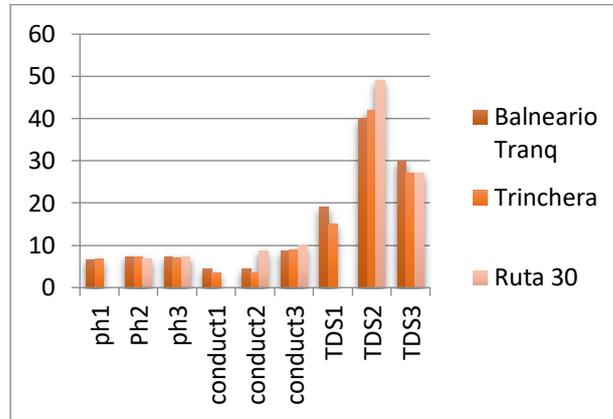


Fig.9 Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros fisicoquímicos medidos en distintos períodos (1-Abril 2016, 2- Noviembre 2016 y 3- Marzo 2017) en la localidad de Tranqueras. **Conduct ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS(ppm).**

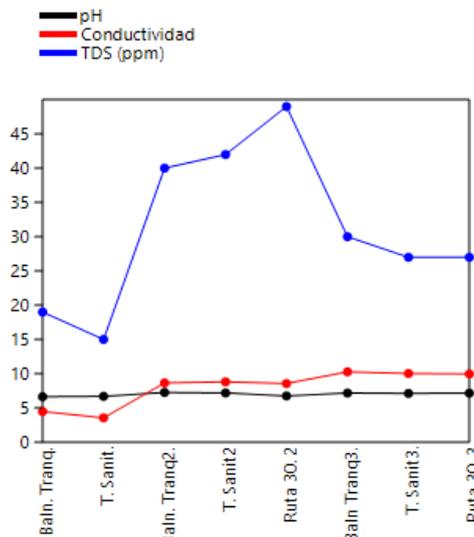


Fig.10 Gráfico de puntos, dónde se visualizan parámetros fisicoquímicos medidos en distintos períodos (1-Abril 2016, 2- Noviembre 2016 y 3- Marzo 2017) en la localidad de Tranqueras. **Conduct ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS(ppm).**

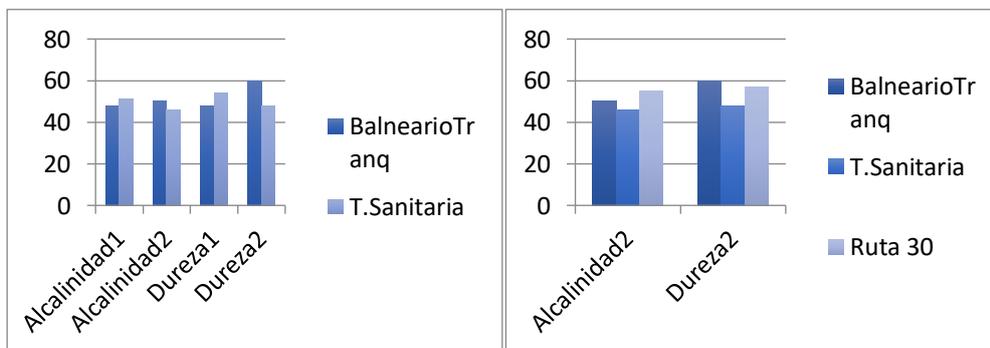


Fig.11 Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros alcalinidad y dureza ($\text{mg}/\text{L CaCO}_3$) en distintos períodos (1-Abril 2016, 2- Noviembre 2016) en la localidad de Tranqueras. En 5B se observa un nuevo punto añadido en Noviembre, Ruta 30.

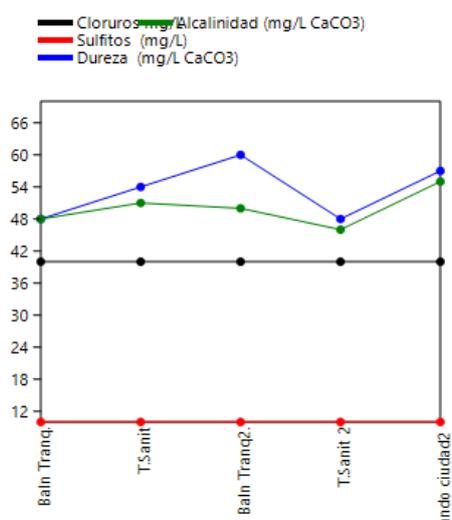


Fig.12 Gráfico de puntos, dónde se visualizan los compuestos químicos medidos en distintos períodos (1-Abril 2016, 2- Noviembre 2016) en la localidad de Tranqueras. **Cloruros, Sulfitos (mg/L), Alcalinidad y Dureza (mg/L CaCO₃)**

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos, se puede observar que tanto para los TDS, como para la conductividad, los mayores valores se alcanzaron en Noviembre 2016, y entre estos se destaca el mayor valor en el punto perteneciente a la Ruta 30. Las principales fuentes de los TDS y de una mayor conductividad en arroyos y ríos urbanos pueden ser una mayor alcalinidad, y concentración de Ca, resultantes del clima. (Mikalsen, T. 2005)

A su vez al visualizar los gráficos correspondientes a alcalinidad y dureza, se puede apreciar que también el punto muestreado en la Ruta 30 es el de valor más alto. En el balneario, tanto la dureza como alcalinidad se vieron aumentadas en Noviembre, con respecto a Abril. Esta zona del cuerpo de agua, es utilizada para recreación, tanto como zona de baño, como parque. Si bien estos parámetros no son indicadores de uso de agua recreacional, si lo son para el agua potable por tanto pueden ser de interés tenerlos en cuenta.

En todos los períodos se puede notar que los parámetros fisicoquímicos se presentaron dentro del rango normal estipulado como aceptable para uso recreacional. (Collazo, P. 2012)

Otros parámetros evaluados como la concentración de N-Nitrato y P total se observan en las figuras 13 y 14 respectivamente. El Nitrato se evaluó en dos oportunidades, en Abril del 2016 y Marzo del presente año. En ambos períodos, se puede observar que alcanzó valores más altos en la Trinchera Sanitaria que en el Balneario, aún así en ambos períodos se encuentran por debajo del límite admitido (10 mg/L).

En Abril, los cursos de agua se encontraron crecidos, esto puede afectar a la determinación de los compuestos. Tanto las precipitaciones y la mineralización de la materia orgánica de los suelos tienen un importante efecto en la pérdida del drenaje y en las concentraciones de Nitrato, entre otras (Gyles W, Randall).

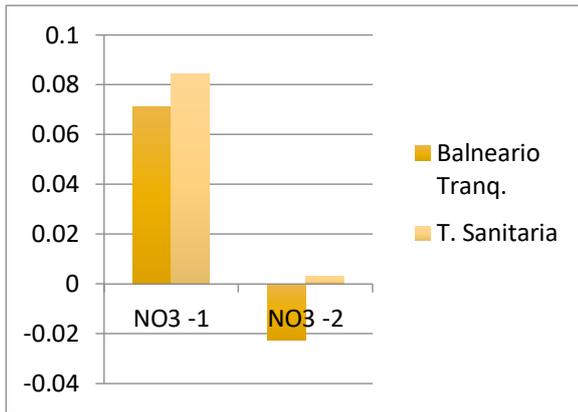


Fig 13. Concentración de N-Nitrato (**mg/L**) en Tranqueras. NO₃ (1) corresponde a Abril 2016 y NO₃ (2) a Marzo 2017.

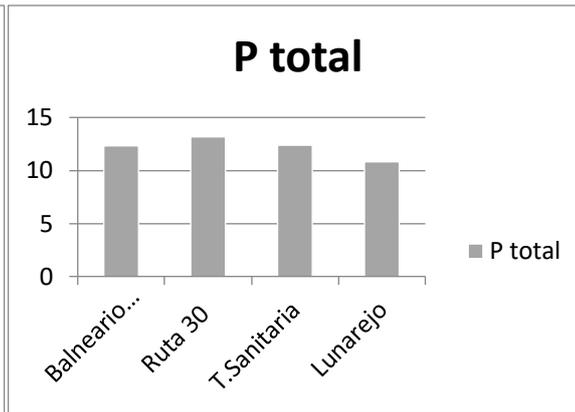


Fig 14. Concentración de P total (**µg/L**) en los distintos puntos de Tranqueras en el mes de Julio 2017.

En síntesis, todos los parámetros evaluados se encontraron dentro del rango esperado.

5.2 Vichadero.

Al igual que para los datos presentados del Río Tacuarembó, en Tranqueras, en todas las tablas pertinentes se encuentra la fecha correspondiente al muestreo realizado.

El primer muestreo fue realizado en Mayo, la precipitación diaria medida fue de 0,0 mm. En esta ocasión se determinó la presencia de algunos compuestos químicos, parámetros fisicoquímicos y concentración de nitratos, para esto se llevaron a cabo los procedimientos ya mencionados. (Tabla 20, 21 y 22).

Tabla 20. Compuestos químicos presentes en distintas muestras tomadas de Vichadero

Lugar (Vichadero)	Fecha	Cloruros (mg/L)	Sulfitos (mg/L)	Dureza(mg/L CaCO3)	Alcalinidad (mg/L CaCO3)	Hierro (mg/L)
Arroyo Ceibal, ruta6	05/16	40	<10	54	78	1
A. Coronilla. T sanitaria	05/16	40	<10	48	108	1

Tabla 21. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de Vichadero.

Lugar (Vichadero)	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv. (µS/cm)	TDS (ppm)
Arroyo Ceibal (ruta 6)	12/05/2016	15,2°C	6.66	11.52	48
Arroyo Coronilla. T. Sanit	12/05/2016	16,2°C	7,97	22,4	95

El valor de N-NO₃ para el Arroyo ceibal resultó dentro de los parámetros establecidos como normales (10 mg/L).

Tabla 22. Concentración de N-Nitrato evaluada en Vichadero.

Lugar Vichadero	[NO ₃] mg/L
Arroyo Ceibal (ruta 6)	0,765

Los datos correspondientes al segundo muestreo, efectuado en Diciembre del año 2016, se encuentran en las tablas 23 y 24. La precipitación diaria medida fue de 0,0 mm.

Tabla 23. Compuestos químicos presentes en distintas muestras tomadas de Vichadero.

Lugar (Vichadero)	Fecha	Cloruros (mg/L)	Sulfitos (mg/L)	Dureza(mg/L CaCO3)	Alcalinidad (mg/L CaCO3)	Hierro (mg/L)
Arroyo Ceibal, ruta6	12/16	40	<10	75	81	-
A. Coronilla T. Sanit	12/16	-	-	-	-	-

Tabla 24. Parámetros fisicoquímicos de las muestras evaluadas en Vichadero en Diciembre 2016.

Lugar (Vichadero)	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv.(μ S/cm)	TDS (ppm)
Arroyo Ceibal (ruta 6)	12/2016	25,8°C	7,31	15,16	70
A. Coronilla T. S.anit.	12/2016	27,8°C	8,89	30,9	144

En el tercer muestreo, en Marzo del presente año, se determinó la concentración de nitrato y se midieron los parámetros fisicoquímicos. Al igual que en los muestreos anteriores, la precipitación diaria medida fue de 0,0mm. (Tabla 25 y 26).

Tabla 25. Parámetros fisicoquímicos de las muestras evaluadas en Vichadero en Marzo 2017.

Lugar (Vichadero)	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv. (μ S/cm)	TDS (ppm)
Arroyo Ceibal, ruta 6	03/2017	22,1°C	7,6	22,7	61
T.Sanitaria A, Coronilla.	03/2017	21,1°C	7,7	50,6	133

Tabla 26. Concentración de N-Nitrato en Vichadero.

Lugar Vichadero	NO ₃ (mg/L)
Arroyo Ceibal, ruta 6	0,71277
Arroyo Coronilla, T.sanitaria	0,63659

En cuanto al P total, este se determinó en Julio 2017, como ya se especificó anteriormente. La precipitación medida en esta fecha fue de 0,0 mm. (Tabla 27).

Tabla 27. Concentración de P total en Vichadero.

Lugar	Ptotal(μ g/L)
A.Ceibal, ruta 6	3,59
A.Coronilla T. Sanitaria	17,09

A partir de estos resultados se construyeron los gráficos pertinentes. (Fig 15, 16, 17, 18, 19 Y 20.)

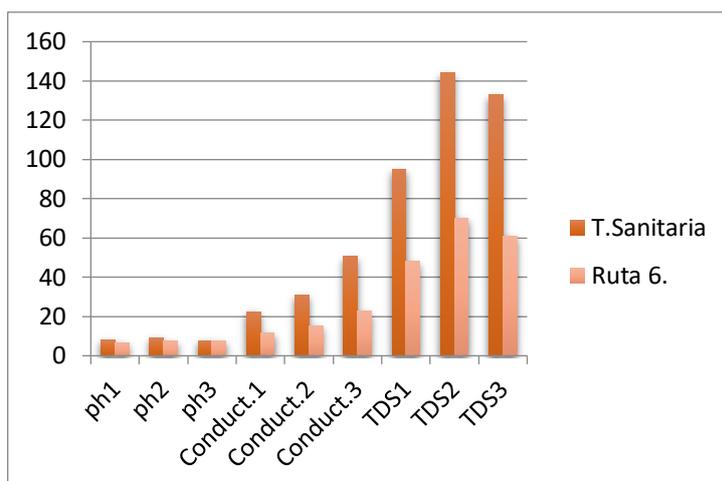


Fig.15 Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros fisicoquímicos medidos en distintos períodos (1-Mayo 2016, 2- Diciembre 2016 y 3- Marzo 2017) en la localidad de Vichadero. **Conduct ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS (ppm).**

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, en todos los períodos (Mayo, Diciembre y Marzo), los valores más altos correspondieron a la Trinchera Sanitaria. La contaminación de esta puede provenir de desechos domésticos en general, así como neumáticos y otros residuos que son depositados en la cercanía de esta zona.

A su vez, en cuanto a los TDS, los valores más altos se encontraron en Diciembre 2016. El pH se encontró apenas variable según el gráfico, aun así los valores más altos se encontraron en Diciembre, alcanzando un valor en la Trinchera Sanitaria de 8,89 superando levemente el límite aceptable, pudiendo deberse a la gran acumulación de desechos que están a pocos metros de esta zona del Arroyo Coronilla.

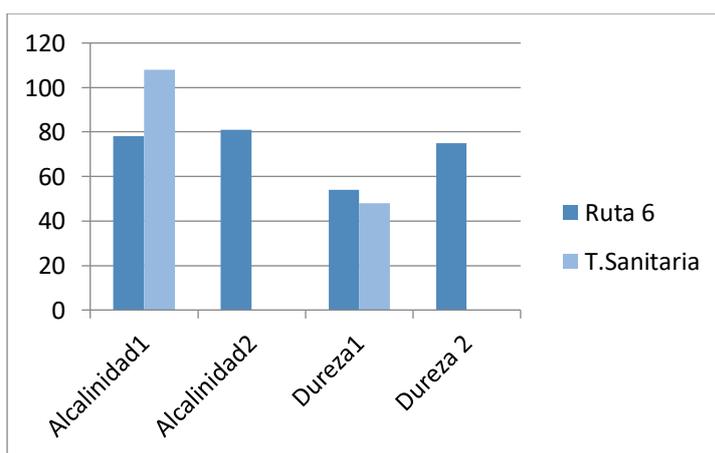


Fig.16 Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros alcalinidad y dureza ($\text{mg}/\text{L CaCO}_3$) en distintos períodos (1- Mayo 2016, 2- Diciembre 2016) en la localidad de Vichadero.

La alcalinidad también se encontró en valores más altos para la Trinchera Sanitaria, concomitante con los TDS y el valor de pH. A su vez, el punto de la ruta 6 se evaluó dos

veces, con respecto a los compuestos químicos analizados, en Mayo y Diciembre del año 2016.

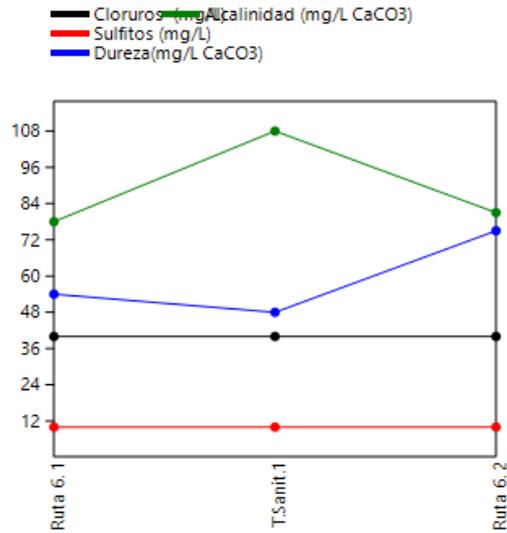


Fig.17 Gráfico de puntos, dónde se visualizan los compuestos químicos medidos en distintos períodos (1-Mayo 2016, 2- Diciembre 2016) en la localidad de Vichadero. **Cloruros, Sulfitos (mg/L), Alcalinidad y Dureza (mg/L CaCO₃)**

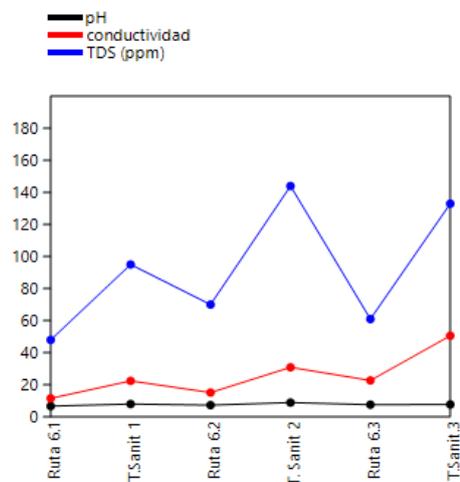


Fig.18 Gráfico de puntos, dónde se visualizan los parámetros fisicoquímicos medidos en distintos períodos (1-Mayo 2016, 2- Diciembre 2016 y 3- Marzo 2017) en la localidad de Vichadero. **Conduct (µS/cm), TDS (ppm).**

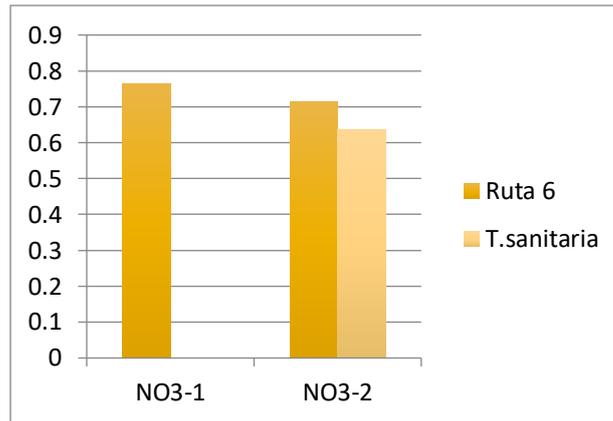


Fig.19 Concentración de N-Nitrato (**mg/L**) medida en dos periodos (Mayo 2016 y 2- Marzo 2017) en la localidad de Vichadero.

El N-Nitrato se evaluó en Mayo del 2016 y Marzo 2017 para el punto de la ruta 6, mientras que la trinchera sanitaria se evaluó solo en Marzo. Se puede ver que la concentración de Nitrato fue mayor en Mayo que en el siguiente período. Y que a su vez se encontró un valor mayor en la Ruta 6 en comparación con la Trinchera sanitaria.

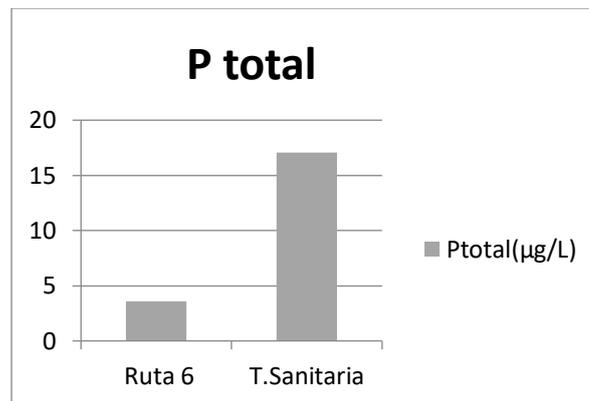


Fig 20. Concentración de P total (**µg/L**) en Vichadero, en el mes de Julio 2017.

El P total tuvo valores normales para los dos puntos muestreados, siendo mayor en la Trinchera Sanitaria de Vichadero.

5.3 Paso Hospital.

Es de relevancia mencionar que en esta región se logró vincular a personas referentes, maestras de la escuela N° 41 de Paso Hospital, quienes hicieron hincapié en su preocupación por el estado general del agua de la respectiva localidad y su posible vínculo con la incidencia de diversas enfermedades como cálculos renales y cáncer.

Los resultados obtenidos para el primer muestreo en Mayo, 2016 se observan en las siguientes tablas 28, 29 y 30. El valor medido de precipitación diaria fue de 0,0 mm.

Tabla 28. Compuestos químicos presentes en distintas muestras tomadas de Paso Hospital.

Lugar P. Hosp	Fecha	Cloruros (mg/L)	Sulfitos (mg/L)	Dureza(mg/L CaCO3)	Alcalinidad (mg/L CaCO3)	Hierro (mg/L)
A.P.Hosp(basurero)	05/16	40	<10	69	81	1
"Paso viejo"	05/16	40	<10	69	84	1

Tabla 29. Parámetros fisicoquímicos de Paso Hospital.

Lugar Paso Hospital	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv. $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS (ppm)
Arroyo Paso Hosp (basurero)	12/05/2016	16,9°C	7.3	14.70	65
"Paso viejo"	12/05/2016	16,4°C	7.4	14.75	63

Tabla 30. Concentración de N- NO3 en Paso Hospital.

Lugar Paso Hospital	[NO3] mg/L
Arroyo Paso Hosp (basurero).	0,148
"Paso Viejo"	0,303

Como puede apreciarse se encontraron valores bajos de N-NO3 en agua, que se encuentran dentro de la normalidad.

Se llevó a cabo otro muestreo en el mes de Diciembre del año 2016. Los resultados se encuentran en las tablas 31 y 32. La precipitación diaria fue de 0,0 mm.

Tabla 31. Compuestos químicos presentes en las muestras de Paso Hospital.

Lugar P. Hosp	Fecha	Cloruros (mg/L)	Sulfitos (mg/L)	Dureza(mg/L CaCO3)	Alcalinidad (mg/L CaCO3)
A.P.Hosp(basurero)	12/16	40	<10	87	88
"Paso viejo"	12/16	40	<10	57	75

Tabla 32. Parámetros fisicoquímicos (Paso Hospital).

Lugar Paso Hospital	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)
Arroyo Paso Hosp (basurero)	12/2016	26,3°C	7.43	15.70	74
"Paso viejo"	12/2016	26,3°C	7.28	16.31	76

A su vez el último muestreo se realizó en Marzo del 2017, con el fin de hallar nuevamente la concentración de N-NO₃. (Tablas 33 y 34). La precipitación diaria alcanzada fue de 0,0mm.

Tabla 33. Parámetros fisicoquímicos (Paso Hospital).

Lugar Paso Hospital	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)
Arroyo Paso Hosp (basurero)	03/2017	25,2°C	7.45	21,0	58
"Paso viejo"	03/2017	24,1°C	7.46	21,0	55

Tabla 34. Concentración de N-Nitrato en Paso Hospital

Lugar P.Hosp	NO ₃ (mg/L)
A.P. Hospital (basurero)	0,09135
Paso viejo	0,04253

Tras estos resultados se procedió a la construcción de los siguientes gráficos.

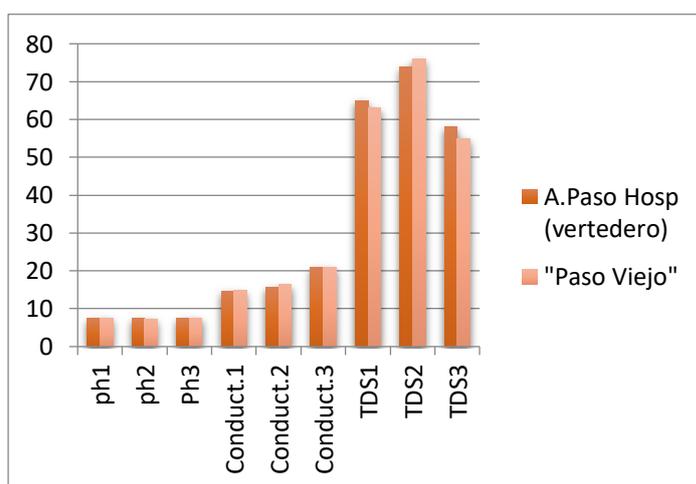


Fig.21 Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros fisicoquímicos medidos en distintos períodos (1-Mayo 2016, 2- Diciembre 2016 y 3- Marzo 2017) en la localidad de Paso Hospital. **Conduct ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS (ppm).**

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos los TDS aumentaron notoriamente entre Mayo y Diciembre del 2016 en el caso del vertedero, luego de pasado el verano en Marzo 2017 volvieron a disminuir y encontrarse en niveles menores aún que los de Mayo del 2016,

exactamente lo mismo aconteció con el punto muestreado en “Paso Viejo”. El pH se mantuvo constante en los tres períodos al igual que la conductividad, aunque esta se ve aumentada en el último período de muestreo. Cabe resaltar que “Paso Viejo” es un curso utilizado como zona de baño, por lo que se puede haber visto influenciado en Diciembre por esta misma razón. (Fig 21)

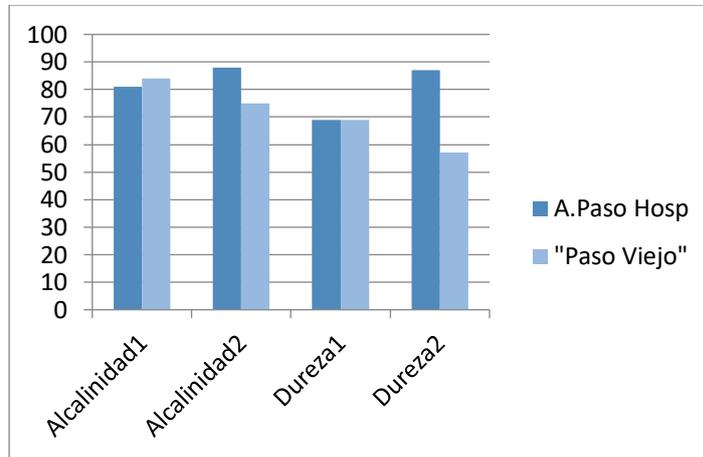


Fig.22 Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros alcalinidad y dureza (mg/L CaCO₃) en distintos períodos (1- Mayo 2016, 2- Diciembre 2016) en la localidad de Paso Hospital.

La alcalinidad y dureza fueron los parámetros que más variaron, en el caso de la Trinchera Sanitaria del Arroyo Paso Hospital (“Basurero”) tanto la alcalinidad como la dureza se vio notoriamente aumentada en el mes de Diciembre con respecto al mes de Mayo del 2016. Lo contrario se observa en “Paso Viejo” donde se ve que estos parámetros han disminuido. (Fig 22)

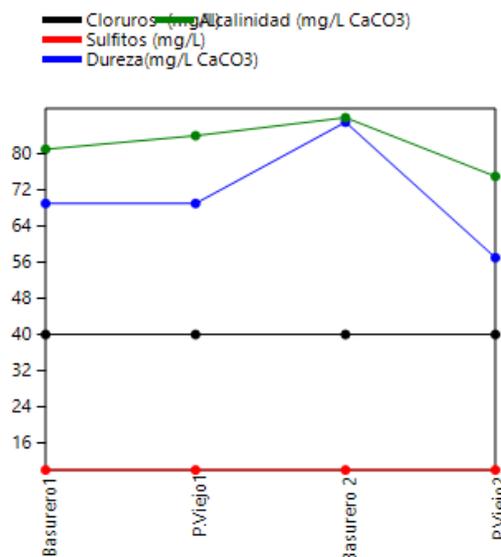


Fig.23 Gráfico de puntos, dónde se visualizan los compuestos químicos medidos en distintos períodos (1-Mayo 2016, 2- Diciembre 2016) en la localidad de Paso Hospital. **Cloruros, Sulfitos (mg/L), Alcalinidad y Dureza (mg/L CaCO₃)**

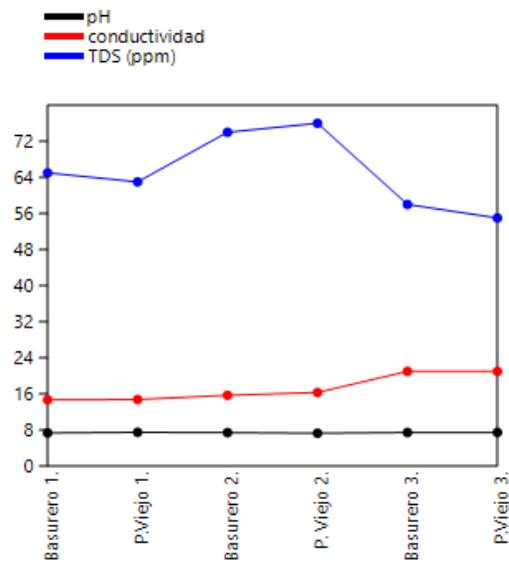


Fig.24 Gráfico de puntos, dónde se visualizan los parámetros fisicoquímicos medidos en distintos períodos (1-Mayo 2016, 2- Diciembre 2016 y 3-Marzo 2017) en la localidad de Paso Hospital. **Conduct(μS/cm), TDS (ppm).**

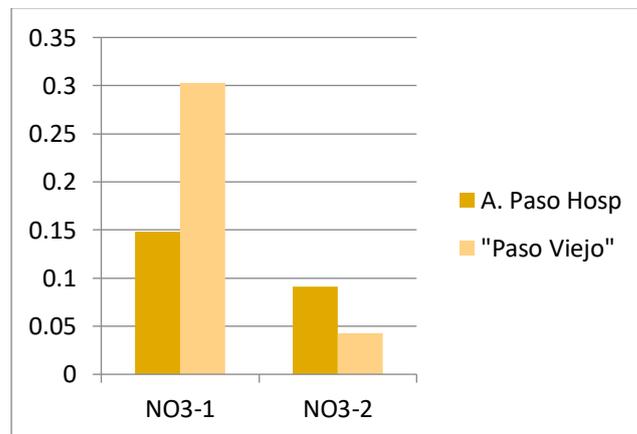


Fig.25 Concentración de N-Nitrato (mg/L) medida en dos períodos (Mayo 2016 y 2- Marzo 2017) en la localidad de Paso Hospital.

El N-Nitrato, evaluado en Mayo del 2016 y Marzo del presente año, disminuyó en Marzo con respecto al muestreo anterior. A su vez el valor más alto fue en “Paso viejo”. En este caso la concentración de P total no se pudo determinar.

5.4 Ciudad de Rivera.

Esta ciudad se decidió incluir en Diciembre 2016. Los resultados obtenidos en este primer muestreo se visualizan en las tablas 35 y 36. La precipitación diaria en esta fecha de muestreo fue de 0,0 mm.

Tabla 35. Compuestos químicos presentes en las distintas muestras de Rivera.

Lugar Rivera(Aº Cuñapirú)	Fecha	Cloruros (mg/L)	Sulfitos (mg/L)	Dureza(mg/L CaCO3)	Alcalinidad (mg/L CaCO3)
Puente Av Italia	12/2016	40	<10	135	69
Estiba	12/2016	40	<10	111	99
PGB. Pesquero	12/2016	40	<10	48	33
PGB. Playa	12/2016	40	<10	39	36
La Racca	12/2016	40	<10	90	75

Tabla 36. Parámetros fisicoquímicos de los puntos analizados en Rivera.

Lugar	Fecha	Temperatura	Ph	conductiv. (µS)	TDS (ppm)
Paso de la Estiba	21-nov	28,4	7,6	306	153
PGB playa	21-nov	27	7,78	43	21
La Racca	21-nov	26,6	8,88	182	91

En Julio del presente año se realizó nuevamente un muestreo con el fin de determinar la concentración de P total. La precipitación diaria medida fue de 0,0 mm. (Tabla 37).

Tabla 37. Concentración de P total en Rivera.

Lugar Rivera	Ptotal (µg/L)
Pte Av Italia	12,00
La Estiba	19,44
PGB pesca	5,68
PGB playa	13,62
La Racca	17,64

Los siguientes gráficos visualizan los resultados ya presentados.

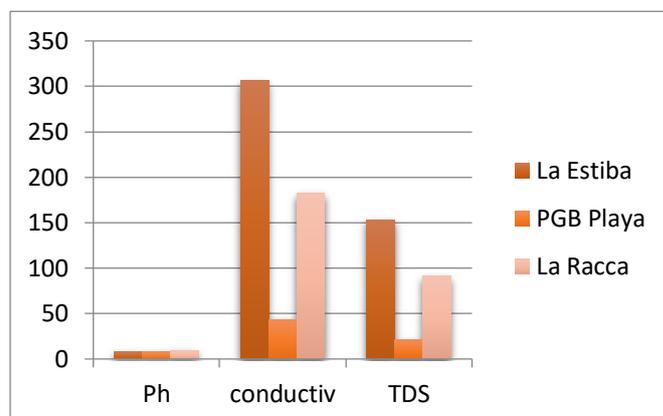


Fig.26. Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros físicoquímicos medidos en Diciembre 2016 en la Ciudad de Rivera. **Conduct($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS (ppm).**

Los valores de conductividad y TDS más altos se encuentran en La Estiba, podrían deberse a los vertidos domésticos de la zona.

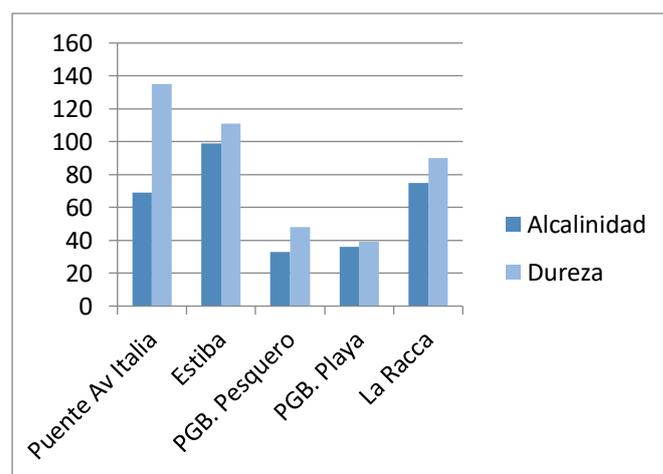


Fig.27. Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros alcalinidad y dureza (**mg/L CaCO₃**) en Diciembre 2016, en la Ciudad de Rivera.

En Diciembre se incluyó el estudio de alcalinidad y dureza, y también se evaluó en el puente de Av Italia y la zona pesquera del Parque Gran Bretaña. Los mayores valores de alcalinidad se encontraron en el Puente de Av Italia y la Estiba, así como la dureza fue mayor en este último punto también. Los menores valores fueron encontrados en el Parque Gran Bretaña en la zona pesquera y la playa.

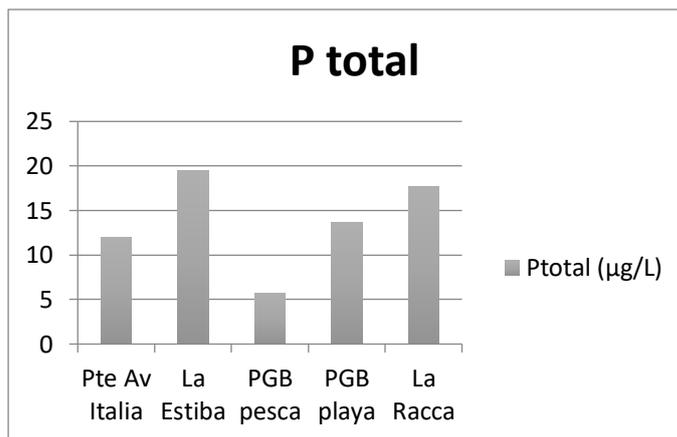


Fig 28. Concentración de P total ($\mu\text{g/L}$) en Rivera, en el mes de Julio 2017.

Todos los puntos escogidos del Arroyo Cuñapirú se encontraron dentro de lo aceptable, siendo el punto de La Estiba y La Racca los de mayor concentración. A su vez el punto perteneciente al Parque Gran Bretaña, en la zona de pesca, se encontró el menor valor.

5.4.1 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS:

Se realizan estudios microbiológicos de las muestras de agua del arroyo Cuñapirú, en el marco de una pasantía realizada en la Intendencia Departamental de Rivera.

En cuanto a los resultados microbiológicos se pueden visualizar en la tabla 38, detallándose el lugar de donde fue tomada la muestra, las respectivas diluciones y el número de unidades formadoras de colonias en 100mL (UFC/ 100mL). Cabe mencionar que este muestreo fue realizado en Diciembre del año 2016.

Tabla 38. Numero de UFC de coliformes en los distintos puntos de muestreo del Arroyo Cuñapirú.

Muestra	Factor de dilución	Colonias contadas	UFC/100mL	Factor de dilución	Colonias contadas	UFC/100mL
Puente Av. Italia	0,1	15 UFC	15000	1	103	10300
Paso de la estiba	1	390 UFC	39000	10	793	7930
PGB Playa	10	2 UFC	20			
PGB Pesquero	10	1 UFC	10			
La Racca	0,1	15 UFC	15000	1	103	10300

Obtenidos los datos y comparando con los límites aceptados para su uso como recreación (clase 2b, según el decreto-253/79) puede concluirse que tanto los parámetros fisicoquímicos como los iones analizados están dentro del rango aceptable. (Collazo, P. 2012). Por otra parte esto no se puede afirmar para los coliformes que tanto en el puente de Av. Italia, como en paso de la Estiba y la Racca sobrepasan notoriamente el límite aceptable.

5.5 Minas de Corrales.

Los resultados obtenidos para Minas de Corrales presentes en las tablas 39 y 40 fueron muestreados a principios de Diciembre, cuya precipitación diaria fue de 0,0 mm.

Tabla 39. Compuestos químicos presentes en muestras de Minas de Corrales

Lugar (Minas de Corrales)	Fecha	Cloruros (mg/L)	Sulfitos (mg/L)	Dureza(mg/L CaCO ₃)	Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)
Aº Corrales antes ciudad	12/2016	40	<10	81	102
Aº Corrales entrando ciudad	12/2016	40	<10	72	90
Represa OSE	12/2016	40	<10	84	90
Lixiviado T. Sanitaria	12/2016	40	<10	69	81

Tabla 40. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de Minas de corrales.

Lugar (Minas de Corrales)	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv(µS)	TDS ppm
A Corrales antes ciudad	02/12/2016	23,8°C	7,29	217	108
A Corrales entrando ciudad	02/12/2016	23,6°C	7,42	17,59	81
Represa OSE	02/12/2016	25,1°C	7,4	192	89
Lixiviado T.Sanitaria	02/12/2016	24,8°C	7,52	157	82

Asimismo se muestreó en marzo 2017 con el fin de determinar parámetros fisicoquímicos. La precipitación diaria medida en esta fecha fue de 0,0 mm. (Tabla 41).

Tabla 41. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de Minas de Corrales

Lugar (Minas de Corrales)	Fecha	Temperatura	pH	Conductiv(µS/cm)	TDS ppm
A Corrales antes ciudad	03/2017	23,6°C	7,13	14,62	40
A Corrales entrando ciudad	03/2017	23,6°C	7,40	14,72	41
Represa OSE	03/2017	24,1°C	7,59	14,30	38
Lixiviado T.Sanitaria	03/2017	23,6°C	7,38	14,64	38

El P total no se pudo determinar, por la misma razón que en Paso Hospital.

En síntesis, en cuanto a Minas de Corrales, los compuestos químicos fueron evaluados solo en el período de Diciembre del 2016 donde todos permanecieron en el rango aceptable. A su vez los parámetros fisicoquímicos, medidos *in situ*, han estado dentro de los parámetros normales, como en todos los puntos muestreados. A partir de los resultados mostrados se construyeron los siguientes gráficos comparativos.

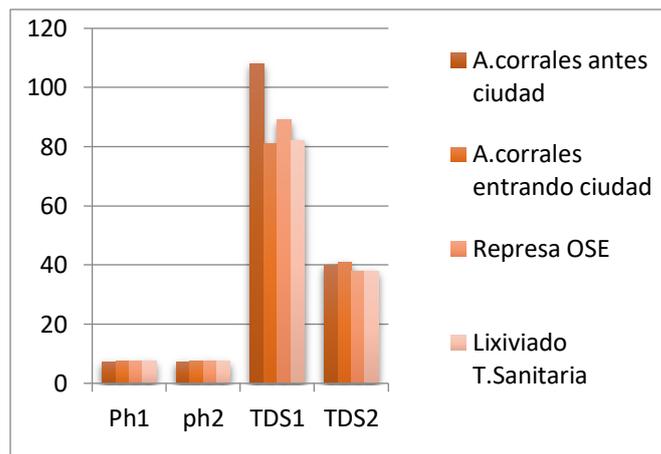


Fig.29 Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros fisicoquímicos medidos en Diciembre 2016 en Minas de Corrales. **Conduct ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS (ppm).**

Es posible apreciar que en el segundo período, luego del verano, los parámetros de han disminuido notoriamente en todos los casos. Los TDS se encuentran en mayor concentración en el Arroyo Corrales antes de la ciudad, cerca de la forestación, el segundo en mayor concentración de TDS es donde se encuentra la represa de OSE, donde los habitantes la utilizan como zona de baño en verano y primavera.

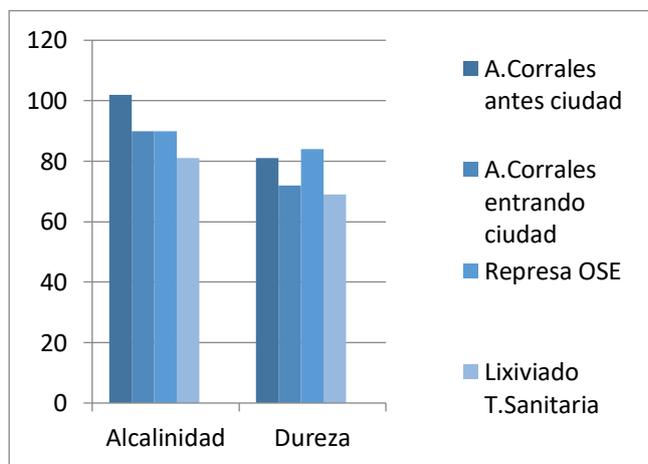


Fig.30 Gráfico de barras, dónde se visualizan parámetros alcalinidad y dureza ($\text{mg}/\text{L CaCO}_3$) en Diciembre 2016, en Minas de Corrales.

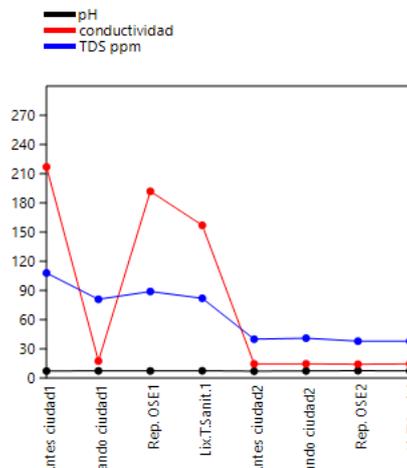


Fig.31 Gráfico de puntos, dónde se visualizan los parámetros fisicoquímicos medidos en distintos períodos (1-Diciembre 2016 y 3-Marzo 2017) en Minas de Corrales. **Conduct ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS (ppm).**

Con respecto a la alcalinidad, concomitante con los TDS, es mayor en el Arroyo Corrales antes de la ciudad que en el resto de los puntos escogidos, y es menor en el Lixiviado de la Trincherá sanitaria de San Gregorio, concomitante también con los TDS. La dureza del agua es mayor en el Arroyo Corrales entrando en la ciudad y antes de la ciudad. Estos parámetros pueden verse influenciados por cambios climáticos como temperatura, precipitaciones. Y en este caso, tanto para los parámetros fisicoquímicos como para la alcalinidad, los valores mayores fueron en una zona cerca de la zona de forestación, por lo

que podría ser la mayor influencia en estos valores. La tala de árboles en la cercanía de cuerpos de agua, afecta a los mismos, al reducir el sombreado de los ríos que regula la temperatura del agua, y al eliminar la vegetación que estabiliza las orillas de estos. Estos cambios pueden afectar la vida acuática negativamente, al limitar las fuentes de alimentos, sombra y refugio.

5.6. RESULTADOS GENERALES DE MUTAGENICIDAD:

Los resultados para el ensayo de Mutagénesis mediante el test de Ames se realizaron en el mes de Agosto del presente año en dos tandas, en primera instancia se evaluó Vichadero, Tranqueras, Paso Hospital, Minas de Corrales y Lunarejo, y luego los puntos correspondientes al Arroyo Cuñapirú en la ciudad de Rivera, los resultados se encuentran en las tablas 42 y 43. En el primer ensayo, en Agosto, se utilizó la cepa TA100 y en el segundo ensayo, la cepa TA98.

Es de gran relevancia mencionar que este ensayo se puso a punto para muestras ambientales en placas de 96 pocillos, con el fin de poder evaluar mayor cantidad de la muestra bruta, donde se evalúan 17,5 mL de agua por placa. Habitualmente el test de Ames, se realiza en placas de Agar, en las cuales se deposita 50 μ L de muestra, y se visualiza el crecimiento como unidades formadoras de colonias (UFC), a diferencia de este ensayo donde el crecimiento se manifiesta por una reacción colorimétrica. La puesta a punto de este ensayo es ideal para muestras ambientales, donde es necesario evaluar mayor cantidad de muestra, debido a que la presencia de distintos contaminantes que pueden resultar mutagénicos pueden no ser detectados, al encontrarse diluïdos en la muestra en bruto.

Para esto, se realizaron las esterilizaciones correspondientes, ya sea del material a utilizar y del medio preparado DAVID- MINGIOLI SALTS, mediante autoclave durante 15 minutos a 121°C, las otras soluciones pertinentes como la Glucosa, Biotina, L-Histidina, Púrpura de Bromocresol y las muestras de agua a analizar fueron filtradas en filtros de nitrocelulosa con un tamaño de poro de 0,22 μ m, en la campana de flujo laminar. La esterilización es fundamental para no tener interferencia de otras bacterias en el ensayo. A su vez las muestras de agua a analizar son esterilizadas por filtración utilizando también filtros de 0,22 μ m.

A su vez dentro de la puesta a punto, se realizó la curva de crecimiento de la cepa TA98, para saber efectivamente el rango de horas en el que esta cepa se encuentra en fase exponencial, es decir en la fase de duplicación celular, y así realizar el ensayo en esta fase, donde las bacterias están en continuo crecimiento.

Se trabajó en condiciones de asepsia, en la campana de flujo laminar, donde se preparó el Mix de Ames (Glucosa 40%, Púrpura de Bromocresol y L-Histidina) y luego se preparó la solución a sembrar (Mix de Ames, muestra, cepa bacteriana TA100 o TA98) en las proporciones correspondientes. (Warren, S.H, 2015)

En el primer ensayo las muestras resultantes mutagénicas fueron las correspondientes a “Paso Viejo” de Paso Hospital y a la Trinchera Sanitaria de Vichadero (Tabla 42).

La segunda tanda de ensayos se realizó con las muestras de Rivera, en el cual todas las muestras de los distintos puntos del Arroyo Cuñapirú resultaron mutagénicas. (Tabla 43).

Tabla 42. Resultados de Mutagénesis, primer ensayo.

Muestra	Mutagenicidad
Lixiviado T. Sanit. M.Corrales	Negativa
Puente Ruta 30 Tranq.	Negativa
T.Sanitaria Tranq.	Negativa
Balneario Tranq.	Negativa
Paso Viejo. P. Hosp.	Positiva
A.Corrales forestación	Negativa
Lunarejo	Negativa
T.Sanitaria Vichadero	Positiva

Tabla 43. Resultados de Mutagénesis , segundo ensayo.

Muestra (Rivera)	Mutagenicidad
PGB playa	Positiva
PGB pesca	Positiva
La Racca	Positiva
La Estiba	Positiva
Puente Av Italia	Positiva

6 Conclusiones

- ✓ En cuanto a los parámetros fisicoquímicos todos se encontraron dentro de los parámetros normales según lo reglamentado, por lo que basándose en estos parámetros la calidad del agua se encuentra en buen estado para su uso recreacional.
- ✓ Si bien todos los valores de P se encontraron en el rango de la normalidad, los valores más altos fueron alcanzados en Vichadero (vertedero) y en la ciudad de Rivera principalmente (La estiba y La Racca), donde predominan cultivos de secano y herbáceos naturales.
- ✓ En relación a los ensayos microbiológico, los resultados para los puntos denominados “La Racca”, “Puente Av. Italia” y “Paso de la Estiba” del Arroyo Cuñapirú fueron notoriamente altos, superiores a los esperados para una zona de recreación (1000UFC/100mL). Este análisis debería extenderse hacia todas las localidades. Cabe mencionar que fue llevado a cabo a principio de Diciembre, dónde se supone que en esas fechas este cuerpo de agua no se ha utilizado aún como zona de baño.

- ✓ A su vez, los ensayos de mutagénesis realizados con la cepa TA98 dieron positivos para todos los puntos escogidos en Rivera. Mientras que los ensayos realizados con la cepa TA100, resultaron positivos en “Paso Viejo”, la zona de baño de Paso Hospital, y en la trinchera sanitaria de Vichadero. Dicho esto, es importante destacar que los resultados positivos se encontraron donde se presenta mayor uso de suelo urbano (todos los puntos de la Ciudad de Rivera) y podría mencionarse una cierta tendencia a compuestos mutagénicos en zonas asociadas a lixiviados. Por lo que estos resultados podrían dar hincapié para replantear los análisis de calidad de agua que hoy en día se llevan a cabo, e incluir este tipo de ensayos en el monitoreo habitual.

7 Perspectivas

- ✓ Seguir realizando estudios estivales de los distintos cursos hídricos escogidos para la región, con el fin de monitorear si hay algún cambio en la calidad del agua, de ser así determinar las causas, y en caso de ser necesario buscar posibles vías de remediación.
- ✓ Incluir en los próximos estudios presencia de metales pesados y pesticidas. Asimismo realizar ensayos de mutagénesis analizando distintas fracciones del agua separadas por diferencia en polaridad, y también realizar ensayos de mutagénesis en los sedimentos para complementar el estudio. A su vez dados los resultados del Test de Ames se debe seguir monitoreando con hincapié el Arroyo Cuñapirú, Vichadero y Paso Hospital.

8 Referencias bibliográficas

Brandao, G.C. (2014). "Development of a simple method for the determination of nitrite and nitrate in groundwater by high-resolution continuum source electrothermal molecular absorption spectrometry." *Analytica Chimica Acta*, 806, 101-106.

Collazo, M.P. (2012). Manual de agua subterranea. Montevideo, Uruguay. Ed: Denald International, S.A.

Decenio Internacional para la acción " El agua, fuente de vida" (2005-2015).

Engstrom, E. (2015). "Prevalence of microbiological contaminants in groundwater sources and risk factor assessment in Juba, South Sudan." *Science of the total environment*, 515-516, 181-7.

EPA. United States Environmental Protection Agency. (2009). "Clean Water Action Plan".

EPA. United States Environmental Protection Agency. (2004). "Local Limits Development Guidance"

Granger, S.J (2017). "The oxygen isotopic composition of phosphate in river water and its potential sources in the Upper River Taw catchment, UK." *Science of the total environment*, 574, 680-690.

Hanna Kit HI3822 (1987) Manual de Instrucciones.

Heathwaite, AL.(2000). "Characterising phosphorus loss in surface and subsurface hydrological pathways". *Science of the total environment*, 251-252, 523-38.

INE (2011). Instituto Nacional de Estadística. "Resultados del Censo de Población 2011: población, crecimiento y estructura por sexo y edad".

Jabeen, S. (2014). "Physico-chemical parameters of surface and ground water and their environmental impact assessment in the Haripur Basin, Pakistan." *Journal of Geochemical Exploration*. 138, 1-7.

Jomini, S. (2012) "Modifications of the bacterial reverse mutation test reveals mutagenicity of Tio2 nanoparticles and byproducts from a sunscreen tio2 based nanocomposite." *Toxicology Letters*. 215, 54-61.

Meneses, L. (2011). GESTION COSTERA: Descripción de la Cuenca del Arroyo Cuñapirú. Rivera, Uruguay.

Mikalsen, Ted. (2005) "Causes of increased total dissolved solids and conductivity levels in urban streams in Georgia".

Miranda, J. Krishnakumar, G. (2015) "Microalgal diversity in relation to the physicochemical parameters of some Industrial sites in Mangalore, South India". *Environ Monit Assess*. 187(11).

Montes, R. (Ed). (2007). Acuífero Guaraní: Avances en el conocimiento para su gestión sustentable. Montevideo, Uruguay: Editorial ALHSUD.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) - Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO localidades urbanas de Rivera, 2009.

Randall, G.W, Mulla, J.D. (2000). "Nitrate Nitrogen in Surface Waters as Influenced by Climatic Conditions and Agricultural Practices" *Journal of Environmental Quality*. 30, 337-344.

Swain, A.K. (2016). "Studies of Physico-chemical characteristics of surface water at the vicinity of Paradeep Phosphate Limited, Paradeep, Odisha." *Asian Journal of Research in Chemistry*, 9, 25-25 1p.

Warren, S.H. (2015) "Survey of the mutagenicity of surface water, sediments, and drinking water from the Penobscot Indian Nation" *Chemosphere*. 120, 690-696.

WEB:

Echarri,L. (2007).Tema 8: Contaminación del agua. 04.05.2017

Url:<file:///C:/Users/ERI/Downloads/Tema%208%20Contaminacion%20del%20agua%207.pdf>

Estol, G. (2007). Uruguay Educa. 03.05.2017

Url:<http://www.uruguayeduca.edu.uy/Portal.Base/Web/verContenido.aspx?ID=137567>

IDEAM (2007) Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales. Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial- Republica de Colombia.

"Determinación de Nitratos en aguas por espectrofotometría UV".

Url:<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Nitrato+en+agua+por+Espectrofotometr%C3%ADa+UV.pdf/ee058d7c-98fd-4d6c-924c-b4e5864c2d32>

MVOTMA. 04.04.2017.

Url:http://www.mvotma.gub.uy/images/manual_proc_4013UY_F%C3%B3foro%20total.pdf4

MVOTMA. Paisaje protegido Valle del Lunarejo (Rivera) 03.05.2017.

Url:<http://www.mvotma.gub.uy/areas-protegidas/item/10006534-paisaje-protegido-valle-del-lunarejo-rivera.html>