

# Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable, estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la República de la Argentina

Armengol Reñé Panadés

Treball de fi de Grau

Ciències Ambientals

Tutors :

Dra. M.M. Hermida Lucena

Dr. Martí Boada

Directores

(Unitat Treball Fi de Grau)

Dr. Martí Boada

Dr. Rogelio Linares

Prof. Jordi Duch

Dra. Almudena Hierro

Dr. Joan Rieradevall

*Quaerendo invenietis*

*Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable, estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina*

Memoria del proyecto

Autor: Armengol Reñé Panadés

Cita:

Reñé Panadés, A. (2015) "Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable, estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina" Memòria Treball Fi de Grau. Universitat Autònoma de Barcelona.

Este documento esta sujeto a una licencia de uso Creative Commons. Se permite la reproducción i la comunicación publica de la obra, siempre que no sea con fines comerciales i se reconozca la autoría de la obra original. . 

Este trabajo se ha impreso con papel 100%, tiene la distinción de Certificación Ángel Azul, SO 14001. Es 100% recicitable.







# Tabla de contenidos

<b>Agradecimientos .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Antecedentes.....</b>	<b>9</b>
1.1. La contaminación del agua potable: definiciones y su papel en la actualidad.	11
1.2. Contaminación microbiológica, enfermedades de transmisión hídrica. ....	12
1.2.1. Agentes de alto interés. ....	14
1.2.2. Patógenos oportunistas. ....	15
1.2.3. Rutas de exposición. ....	15
1.3. Acceso al agua potable y su relación con las enfermedades de transmisión hídrica. ....	16
1.4. Indicadores usados.....	19
1.4.1. Coliformes totales. ....	19
1.4.2. <i>Coliformes fecales</i> . ....	20
1.4.3. <i>Escherichia coli</i> .....	20
1.4.4. Mesófilos aerobios totales.....	24
1.4.5. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	24
1.4.6. <i>Estreptococos fecales</i> . ....	27
1.5. Crecimiento bacteriano en los sistemas de distribución y almacenamiento.	29
1.6. Características de los tanques domiciliarios de agua de Rosario.....	34
1.6.1. Características de los tanques.....	34
1.7. Desinfección con cloro .....	36
1.7.1. ETAP Rosario. ....	36
1.7.2. Breakpoint. ....	37
1.7.3. Factores que afectan a la eficacia. ....	39
1.7.4. Cloro residual en la red de distribución. ....	40
1.8. Medidas de gestión:.....	41
1.8.1. Legislación.....	41
<b>2. Justificación. ....</b>	<b>43</b>
<b>3. Objetivos .....</b>	<b>47</b>
3.1. Objetivos generales y específicos.....	49
<b>4. Material y métodos.....</b>	<b>51</b>

4.1. Ámbito de estudio .....	53
4.2. Selección de los puntos de muestreo.....	55
4.3. Obtención y tratamiento de los datos.....	55
4.3.1. Determinación del cloro .....	57
4.3.2. Determinaciones microbiológicas.....	58
4.4. Diagrama de las etapas del proyecto.....	59
<b>5. Resultados.....</b>	<b>61</b>
5.1. Estudio consumo Barrio la Esperanza.....	63
5.2. Análisis de cloro libre. ....	64
5.3. Análisis microbiológicos. ....	67
<b>6. Diagnosis ambiental: discusión de los resultados.....</b>	<b>69</b>
6.1. Cloro .....	71
6.1.1. Niveles de cloro en la zona de estudio.....	71
6.1.2. Problemática potencial de los resultados .....	71
6.2. Parámetros microbiológicos. ....	72
6.2.1. Problemática potencial de los resultados .....	72
6.2.2. Características de los tanques.....	73
6.2.3. Problemática asociada de los microorganismos encontrados en la zona de estudio.76	
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>81</b>
<b>8. Propuestas de mejora.....</b>	<b>85</b>
8.1. Elaboración de un Plan de Seguridad del Agua. ....	87
8.2. Folleto informativo para la población de la praxis para la limpieza de los tanques.....	88
<b>9. Referencias y bibliografía consultada.....</b>	<b>91</b>
<b>10. Acrónimos.....</b>	<b>97</b>
2 Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable. Estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina	

<b>11. Presupuesto.....</b>	<b>101</b>
<b>12. Programación.....</b>	<b>105</b>
<b>13. Huella carbono .....</b>	<b>109</b>
<b>ANNEXO 1.....</b>	<b>115</b>
<b>ANNEXO 2 MAPAS BARRIO LA ESPERANZA .....</b>	<b>127</b>

# Índice de tablas y figuras.

## Tablas

<b>Tabla 1.</b> Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua.	13
<b>Tabla 2.</b> Características del agua que afectan la eficiencia de la cloración.	39
<b>Tabla3.</b> Puntos de muestreo microbiológicos.	58
<b>Tabla 4.</b> Resultados CI LR Barrio la Esperanza.	64
<b>Tabla 5.</b> Resultados CI LR.	64
<b>Tabla 6.</b> Resultados microbiológicos, observaciones de estados y interpretación del estado sanitario del agua.	68
<b>Tabla7.</b> Resultados Mesófilos aerobios.	77
<b>Tabla 8.</b> Resultados Coliformes totales.	78
<b>Tabla 9.</b> Resultados Estreptococo fecales.	79
<b>Tabla 10.</b> Resultados <i>Escherichia coli</i> .	79
<b>Tabla 11.</b> Programación actividades del proyecto.	107
<b>Tabla 12.</b> Programación entregas documentos formales del proyecto.	108
<b>Tabla 13.</b> Cálculo kg de CO <sub>2</sub> .	112

## Figuras

<b>Figura 1.</b> Vías de transmisión y ejemplos de patógenos relacionados con el agua.	16
<b>Figura 2.</b> Disponibilidad de agua por habitante 2000.	17
<b>Figura 3.</b> Población con acceso a saneamiento 1998.	18
<b>Figura 4.</b> Factores que controlan el crecimiento microbiano en los sistemas de distribución.	31
<b>Figura 5.</b> Curva demanda de cloro.	38
<b>Figura 6.</b> Mapa situación Rosario.	53
<b>Figura 7.</b> Ubicación Barrio la Esperanza.	54
<b>Figura 8.</b> Puntos de muestreo.	55
<b>Figura 9.</b> Uso reservorios Barrio la Esperanza.	63
<b>Figura 10.</b> Distribución resultados muestras de CI LR.	66



# Agradecimientos

Agradecer especialmente por el tutelaje recibido por el Dr. Martí Boada desde Barcelona y muy especialmente a la Dra. Hermida Lucena durante mi estancia en Rosario por su tiempo y dedicación, muchas gracias Mechi.

A los docentes de la Facultad de Odontología de Rosario por su colaboración y ayuda Ana Silvia, Elisandro García, Graciela Aldaid, Geraldina García, Júlia Uriburo, Karina Molinas, Luís Campra, Marcos Salvai y Yamila Azcura. También agradecer a toda la unidad de profesores del Treball de Fi de Grau de la UAB.

Però per sobre de tot als meus pares, sense ells no hagués sigut possible, gràcies per permetrem tant realitzar els estudis com ajuda'm a emprendre el viatge a l'Argentina per la realització del treball, gràcies per la gran oportunitat i confiar sempre amb mi.

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la U.N.R y la F.O.R..



## **1. Antecedentes.**



## **1.1. La contaminación del agua potable: definiciones y su papel en la actualidad.**

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud y el medio ambiente.

A lo largo de la historia el término de contaminación de agua ha sido descrito por diferentes organismos internacionales y en diversos foros internacionales; su interpretación ha ido evolucionando. Una de las primeras definiciones conocidas, establece que el agua está contaminada cuando se ve alterada su composición o estado, directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad humana, de tal modo que quede menos apta para uno o todos los usos a que va destinada, para los que sería apta en su calidad natural (C.E.E. de las Naciones Unidas 1961).

Unos años después se consideró que la contaminación del agua se entiende como una modificación, generalmente de origen antropogénica, haciéndola imprópria o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (carta del agua, Consejo de Europa 1968).

Antes solo se consideraban los usos para que era destinada la dimensión ecológica que tiene el agua, no era considerada como tal.

El agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales. (OMS, 1992)

La República Argentina define el término expuesto como “la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, implique una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos asignados al recurso. El concepto incluye alteraciones

## **Antecedentes**

perjudiciales del entorno vinculado a dicho recurso.” ( Decreto Nacional 674/89, República Argentina).

En la definición que se establece en la Ley de Aguas del Estado Español, se entiende por contaminación del agua como” la acción y el efecto de introducir materias, o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica”.

Los aspectos clave que uno puede deducir de las diferentes definiciones acotadas sería que no se parte del agua pura, sino de la calidad/composición natural del agua. Además se considera contaminación la provocada de forma directa o indirecta por la actividad humana. Y por último que la calidad de esta es definida en función de los usos que se le da.

### **1.2. Contaminación microbiológica, enfermedades de transmisión hídrica.**

Las características de una agua en su aspecto sanitario y en relación al consumo y/o uso humano se hallan relacionadas, en primer lugar con la población de microorganismos acuáticos que alberga y que afectan de un modo determinante a su calidad y por otro lado, el contenido microbiológico de un agua puede afectar al desarrollo posterior de olores y sabores, promoviendo también o favoreciendo, procesos de corrosión de tuberías de distribución de aguas de bebida y depósitos de almacenamiento. (Marín, R. 2003)

Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y protozoos y helmintos (ver tabla 1)

## Antecedentes

Agente Patógeno	Importancia para la Salud	Persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua <sup>1</sup>	Resistencia al cloro <sup>2</sup>	Infectividad relativa <sup>3</sup>
<b>Bacterias</b>				
<i>Campylobacter jejuni, C. coli</i>	Alta	Puede proliferar	Baja	Moderada
<i>Escherichia coli</i> patógena <sup>d</sup>	Alta	Moderada	Baja	Baja
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	Alta	Moderada	Baja	Alta
<i>Legionella spp.</i>	Alta	Moderada	Baja	Moderada
Micobacterias no tuberculosas	Baja	Prolifera	Alta	Baja
<i>Pseudomonas aeruginosae</i>	Moderada	Prolifera	Baja	Baja
<i>Salmonella typhi</i>	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja
<i>Shigella spp.</i>	Alta	Moderada	Baja	Moderada
<i>Vibrio cholerae</i>	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja
<b>Protozoos</b>				
<i>Acanthamoeba spp.</i>	Alta	Larga	Alta	Alta
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Alta	Larga	Alta	Alta
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Alta	Larga	Alta	Alta
<i>Entamoeba histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta
<i>Giardia lamblia</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta
<i>Naegleria fowleri</i>	Alta	Puede proliferar	Alta	Alta
<i>Toxoplasma gondii</i>	Alta	Larga	Alta	Alta
<b>Virus</b>				
Adenovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta
Enterovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta
Virus de la hepatitis A	Alta	Larga	Moderada	Alta
Virus de la hepatitis E	Alta	Larga	Moderada	Alta
Norovirus y sapovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta
Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	Alta
<b>Helmintos</b>				
<i>Dracunculus medinensis</i>	Alta	Moderada	Moderada	Alta
<i>Schistosoma spp.</i>	Alta	Corta	Moderada	Alta

**Tabla 1.** Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua. Fuente: Guías Calidad Agua Potable, 2006, OMS.

<sup>1</sup>Período de detección del estado infeccioso en agua a 20º: persistencia corta: hasta 1 semana; moderada: de 1 semana a 1 mes; larga: más de 1 mes.

<sup>2</sup>Estando el estado infeccioso en suspensión libre en agua tratado con dosis y tiempos de contacto convencionales. La resistencia es <<moderada>> si es posible que el agente no sea destruido completamente.

<sup>3</sup>Determinada en experimentos con voluntarios o basándose en información epidemiológica.

Se tiene que remarcar que la vía o mecanismo de transmisión del riesgo más común y generalizado para la salud asociado al agua potable es la contaminación directa o indirecta, por excrementos de origen animal o humano. Si la contaminación es reciente, y los responsables del mismo son portadores de enfermedades entéricas transmisibles, algunos de los microorganismos causantes de estas pueden estar presentes en el agua, y beber el agua o usarla para la preparación de alimentos o saneamiento puede dar lugar a nuevos casos de infección.

## **Antecedentes**

Los agentes patógenos presentes en la tabla 1, los cuales pueden causar enfermedades que varían en gravedad des de una leve gastroenteritis hasta a una severa y a veces diarrea con consecuencias fatales para el individuo infectado, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea, la mayoría de ellos se encuentran ampliamente distribuidos por todo el mundo. La contaminación fecal del agua potable es solo uno de los varios mecanismos fecal-oral, por el cual pueden ser transmitidas de una persona a otra o en algunos casos de animales a personas.

Otros patógenos causan la infección cuando el agua que los contiene es usada para el baño o para la recreación, siendo la epidermis la vía de entrada en el individuo. Algunos también pueden causar la infección por inhalación cuando están presentes en grandes cantidades en forma de aerosol producidos por las duchas y algunos sistemas de aire acondicionado o en el riego de tierras agrícolas.

No solamente los microorganismos cuando son los causantes de una infección pueden afectar el agua de consumo y en consecuencia la salud humana. En algunos casos, las cianobacterias producen toxinas las cuales pueden permanecer en el agua incluso después de eliminar las cianobacterias del agua.

### **1.2.1. Agentes de alto interés.**

No todos los patógenos humanos transmitidos por el agua son de igual importancia para la salud pública. Algunos de ellos incluyendo la mayoría de los patógenos ingeridos, presentan un serio riesgo de enfermedad cada vez que están presentes en agua potable, y se le debe dar alta prioridad a su eliminación en los sistemas de distribución.

Los ejemplos más comunes de agentes de alto interés incluyen las cepas de *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica* y *Campilobacter jejuni*, los virus incluidos en la tabla 1, y los parásitos *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica* y *Dracunculus*.

## **Antecedentes**

Si bien la mayoría de los patógenos de gran importancia se encuentran en todo el mundo, otros solo causan problemas en salud pública en determinadas regiones del mundo.

### **1.2.2. Patógenos oportunistas.**

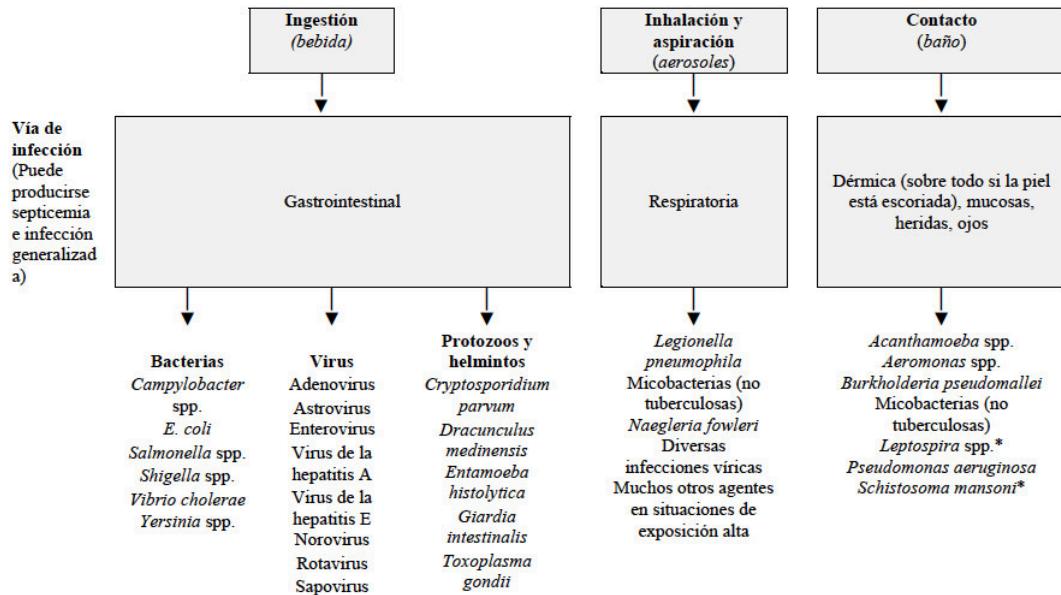
Algunos microorganismos presentes de forma natural en el ambiente normalmente no son vistos como patógenos, aunque puedan causar enfermedad de forma oportunista. Cuando estos organismos están presentes en el agua de consumo causan predominantemente infección sobre las personas cuyos mecanismos locales o generales naturales de defensa se encuentran debilitados.

El agua usada por esta población ya sea para beber o para higiene personal, si contiene una cantidad excesiva de estos agentes, puede producir una variedad de infecciones involucrando la piel y las mucosas de los ojos, oreja, nariz y garganta. *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Klebsiella* y *Serratia*, son ejemplos de patógenos oportunistas, como también la *Legionella* y *Aeromonas*.

### **1.2.3. Rutas de exposición.**

Para los microorganismos patógenos fecal-oral, el agua de consumo es la único vehículo de transmisión; pero no es la única vía de transmisión (ver figura 1), debido a que cuando las condiciones de higiene domésticas son deficientes juegan un papel importante por la posible contaminación a través de la comida, manos o utensilios. Debido a la multiplicidad de la transmisión la mejora en la calidad y disponibilidad de agua son de gran importancia sobretodo para eliminar los microorganismos presentes en el agua destinada a consumo, pero otro factor a tener en cuenta es la educación para la salud en materia de higiene personal.

## Antecedentes



\* Principalmente por contacto con aguas superficiales muy contaminadas.

**Figura 1.** Vías de transmisión y ejemplos de agentes patógenos relacionados con el agua. Fuente: Guías Calidad Agua Potable, 2006, OMS

### 1.3. Acceso al agua potable y su relación con las enfermedades de transmisión hídrica.

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos básicos y un componente de las prácticas eficaces para la protección de la salud (OMS, 2006). En las regiones pobres del Tercer Mundo, la contaminación acuífera y el limitado acceso al agua potable acarrean problemas sociales, económicos y de salud.

La baja calidad del agua sigue siendo una gran amenaza para la salud humana. Las enfermedades diarreicas representan 4,3% (62,5 millones AVAD) de la carga total de años de vida ajustados en función de discapacidad (AVAD) (OMS, 2002). Las observaciones indican que el 88% de esa carga se puede atribuir al abastecimiento inseguro de agua y al inadecuado saneamiento e higiene que afecta principalmente a los niños de los países en desarrollo.

Según el informe de la OMS se calculó que en el año 2010 el 89% de la población mundial, 6.100 millones de personas, utilizaban fuentes de agua mejoradas.

## Antecedentes

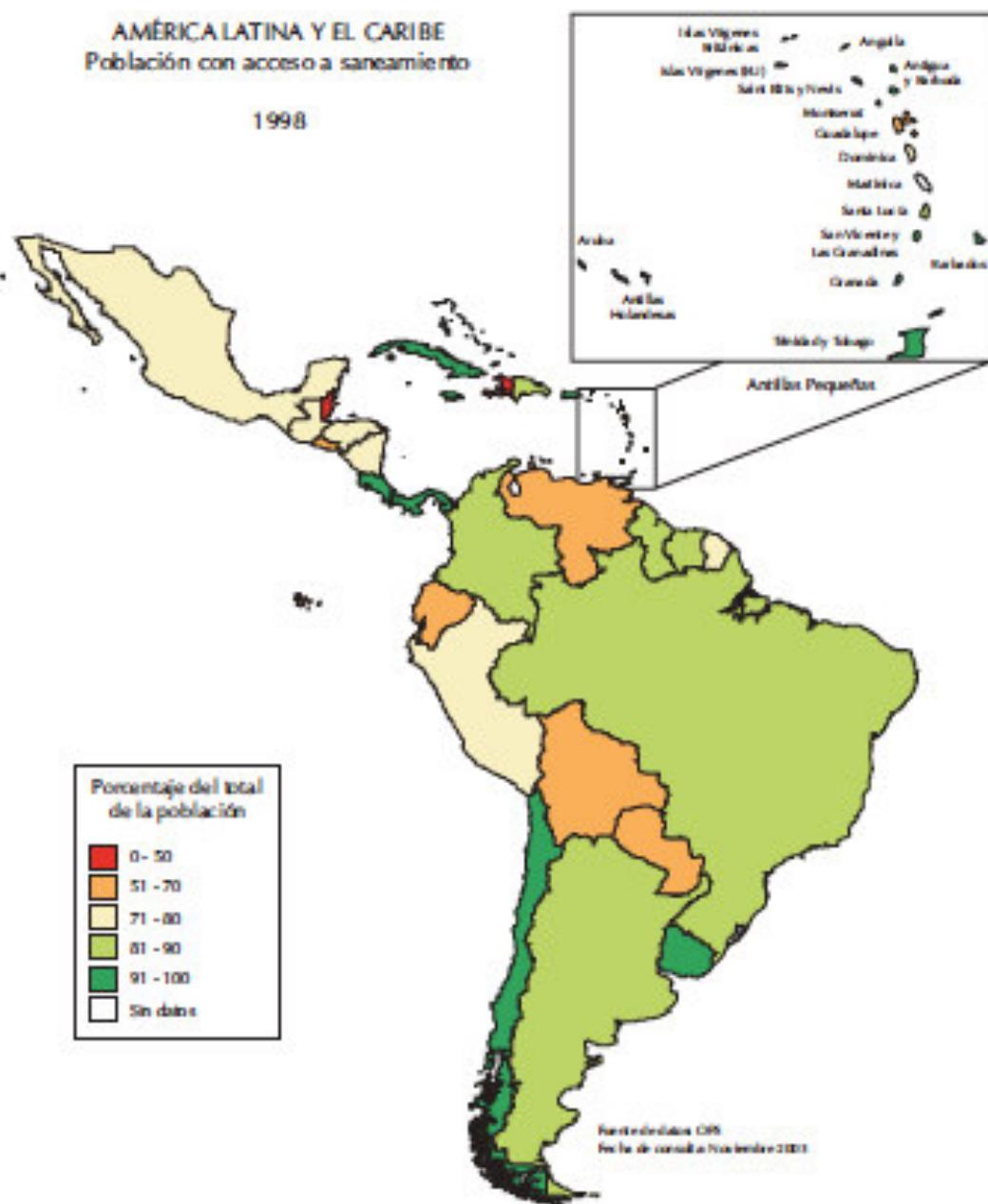
América Latina con el 33% de los recursos hídricos del mundo es el continente con mayor disponibilidad, sus  $31.000\text{m}^3$  de agua por cápita por año duplican el promedio mundial. La mayoría de los países de la región cuentan con disponibilidades catalogadas entre altas y muy altas en razón a superficie y población (Figura 2.)



**Figura 2.** Disponibilidad de agua por habitante 2000. Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA (2004).

La alta disponibilidad del recurso no implica una alta disponibilidad por parte de la población, esto implica que los países que cuentan con niveles altos referentes a disponibilidad vean disminuidos sus niveles de cobertura del agua potable para sus poblaciones. (Figura 3.)

## Antecedentes



**Figura 3.** Población con acceso a saneamiento 1998. Fuente: PNUMA (2004).

En la Argentina la situación actual según los datos recogidos en el CENSO-INDEC elaborado durante el 2010 en donde se constata que un 83% de la población tiene acceso a la red de distribución de agua, por lo contrario sólo un 53% de las viviendas del país están dotadas de cloacas. En la provincia de Santa Fe un 84% de la población tiene acceso al agua potable, pero la conexión con la red de alcantarillado se ve disminuido hasta el 50%. Los edificios que no disponen de red

## **Antecedentes**

de distribución de agua generalmente se abastecen de pozos perforados en el terreno de su propiedad y es acá donde existe gran riesgo en relación a las enfermedades de transmisión hídrica, ya que estas viviendas no disponen de conexiones cloacales y desechan los residuos en fosas sépticas; las cuales pueden contaminar la fuente de captación.

La gama de agentes patógenos que afectan a las poblaciones cambian en función de factores variables como:

- El aumento de las poblaciones de personas y animales.
- El incremento del uso de aguas residuales.
- Los cambios de hábitos de la población o de las intervenciones medicas.
- Las migraciones y viajes de la población.

## **1.4. Indicadores usados.**

### **1.4.1. Coliformes totales.**

El grupo coliformes definido como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas ( $\text{CO}_2$ ) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la B-Galactosidasa. Entre ellos se encuentran los diferentes *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.

Para su detección la prueba más relevante para la identificación del grupo Coliformes, es la hidrólisis de la lactosa. El rompimiento de este disacárido es catalizado por la enzima B-D-Galactosidasa. Ambos monosacáridos (la galactosa después es transformada en glucosa por reacciones bioquímicas) posteriormente son metabolizados a través del ciclo gicolítico y del citrato. Los productos metabólicos de estos ciclos son ácidos y/o  $\text{CO}_2$ .

## Antecedentes

### 1.4.2. **Coliformes fecales.**

Los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas de hasta 45°C, estos comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal. En su mayoría están representados por el microorganismo *E. coli* pero se pueden encontrar, entre otros menos frecuentes, *Citrobacter frenudii* y *Klebsiella pneumoniae* estos últimos hacen parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen se asocia normalmente con la vegetación y solo ocasionalmente aparecen en el intestino. (HAYES, 1993).

El grupo de los coliformes totales están integrados por los coliformes fecales, pero se diferencian de los demás microorganismos que forman este grupo, en que son indol positivo, por poseer el rango de temperatura óptima de crecimiento muy amplio (hasta 45°C) y son los mejores indicadores de higiene en alimento y aguas, la presencia de estos indica presencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos entre un 90% y un 100% son *E. coli* mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59%. (GOMES; 1999).

### 1.4.3. ***Escherichia coli.***

#### 1.4.3.1. Clasificación.

Dominio:	Bacteria
Reino:	<i>Eubacteria</i>
Filo:	<i>Proteobacteria</i>
Clase:	<i>Gammaproteovacteia</i>
Orden:	<i>Enterobacteriales</i>
Familia:	<i>Enterobacteriaceae</i>
Género:	<i>Escherichia</i>
Especie:	<i>coli</i>

## Antecedentes

### 1.4.3.2. Biología.

Llamada *Bacterium comune* originalmente, en 1885 se aisló por primera vez a partir de heces de niños; son bacilos estrechos de 1,1 a 1,5  $\mu\text{m}$  de diámetro y de 2 a 6  $\mu\text{m}$  de longitud, pueden encontrarse solos o en parejas, Gram negativos, móviles por flagelos periticos o inmóviles, anoxigénicos facultativos, poseen metabolismo respiratorio fermentativo. (Le Minor, 1994).

Son coliformes capaces de producir indol a partir de triptófano, en  $21 \pm 3$  horas a  $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . Poseen la enzima B-Galactosidasa, que reacciona positivamente en el ensayo del rojo de metilo y pueden descarboxilar el ácido L-Glutámico, pero no son capaces de utilizar citrato como única fuente de carbono o de crecer en un caldo con cianuro de potasio (KCN). (Milpore; 2005).

Las características bioquímicas presentes en esta especie permite su diferenciación de otros coliformes, como el ser positivo para la prueba de indol. Además *E. coli* es la única especie dentro de las Enterobacterias que presenta enzima B-D-Glucoronidasa, que degrada el sustrato 4-metilumberiferil- $\beta$ -D glucorónico (MUG), formando 4-metilumbelifera, el producto resultante tiene la propiedad de emitir fluorescencia azul/verde cuando se ilumina con luz ultravioleta (Manafi, 1998).

El indol es uno de los productos de degradación metabólica del aminoácido triptófano. Las bacterias como la *E. coli* que poseen la triptofanasa son capaces de hidrolizar y desaminar el triptófano con la producción de indol, ácido pirúvico y amoníaco. La prueba del indol está basada en la formación de un complejo rojo cuando el indol reacciona con el grupo aldehído del p-dimetilaminobenzaldehído.

### 1.4.3.3. Efectos sobre la salud humana.

*E. coli* es un habitante común del intestino, y la mayoría de las cepas son no patógenas. Sin embargo, distintos subtipos son capaces de causar enfermedades gastrointestinales. Estas cepas de *E. coli* causan enfermedades intestinales mediante varios mecanismos. Las infecciones pueden asemejarse al cólera, disentería o gastroenteritis debido a la salmonella. Se han determinado varios tipos

## Antecedentes

de *E. coli* responsables de la diarrea: *E. coli* enteropatógena (ECEP), *E. coli* enteroinvasivo (ECEI), *E. coli* enterotoxigenico (ECET), y *E. coli* enterohemorrágica (ECEH) productor de verocitoxina. Existen también el *E. coli* enteroaggregativa (ECEA) y *E. coli* de adherencia difusa (ECAD), de estos dos últimos se conocen peor la patogenicidad y la prevalencia de sus cepas.

Los subtipos ECEP fueron reconocidos como resultado del examen serológico de cepas aisladas en brotes de diarrea infantil. Se pudieron observar asociaciones de serotipos particulares con la enfermedad, pero los mecanismos patogénicos correspondientes no se entienden completamente para estos organismos. Estas cepas han sido particularmente asociadas con brotes de gastroenteritis infantil.

Las cepas EIEC producen disentería, estos organismos invaden la mucosa del colon causando diarrea sanguinolenta. La propiedad parece restringida a unos pocos grupos O.

Aunque las cepas ECEP o EIEC pueden causar afecciones graves, las evidencias epidemiológicas viables sugieren que las cepas ECET son las responsables de la mayoría de los episodios de diarrea producida por *E. coli*, particularmente en países en desarrollo. El ETEC puede causar cholera como síndrome en infantes, niños y adultos.

ETEC se caracteriza por la producción de enterotoxina conteniendo plásmidos Ent son exotoxinas ( se encuentran en el sobrenadante libre de células) y se dividen en dos clases: una toxina termoestable llamada ST y otra toxina termolábil sensible al calor ( se puede inactivar por calentamiento a 65°C por diez minutos) que se llama LT. La respuesta del intestino a estas toxinas es caracterizada por una rápida acumulación de fluidos en el intestino, pero la duración de esta acción es corta en el caso de la toxina ST. En el caso de la toxina LT, la respuesta del intestino es más tardía, pero el efecto es más prolongado. Los efectos de las toxinas están relacionados con la estimulación del sistema de la adenilciclasa en las células epiteliales del intestino. Este efecto conduce a la secreción de agua y electrolitos en el lumen del intestino y, por supuesto, agua más heces es diarrea. (Crosa, Jorge H.,

## **Antecedentes**

1980). Algunas cepas tienen la capacidad de producir ambas toxinas, la acción de LT es la misma que la toxina del cólera.

La capacidad de ETEC de causar enfermedad no depende solamente de la producción de enterotoxina sino también de su capacidad de colonización del intestino delgado. Diversos factores colonizadores, o adhesinas, han sido descritas, las cuales permiten a las bacterias adherirse a la mucosa intestinal.

La cuarta clase ECEH verocitotoxica, fue descubierta pro su producción de una citotoxina activa contra la células Vero en un cultivo. Los serotipos pertenecientes a esta clase como *E. coli* O157:H7 y *E. coli* 0111, producen diarrea que puede ser desde leve y no hemorrágica hasta altamente hemorrágica, siendo esta última indistinguible de la colitis hemorrágica. Entre el 2% y el 7% de los enfermos desarrollan el síndrome hemolítico urémico (SHU), que puede ser mortal y se caracteriza por insuficiencia renal aguda y anemia hemolítica. Los niños menores de cinco años son los que tienen más riesgo de desarrollar el SHU. La infectividad de las cepas de ECEH es sustancialmente mayor que la de otras cepas: tan solo 1000 bacterias pueden causar infección.

### **1.4.3.4. Relevancia de su presencia en el agua de consumo.**

La transmisión de cepas patógenas de *E. coli* por medio de aguas recreativas y de consumo contaminada está bien documentada. El aislamiento de *E. coli* en un sistema de distribución indica presencia de contaminación de origen fecal. La detección de los subtipos patogénicos de *E. coli* en sistemas de distribución de agua rara vez se ha intentado, ya que los métodos disponibles en las rutinas de control de sistemas de abastecimiento de agua no son los idóneos para la identificación de estos subtipos. En investigación epidemiológica es necesario la investigación y la identificación del causante del brote. Un ejemplo de ello es lo ocurrido debido a la transmisión por el agua de la enfermedad causada por *E. coli* O157:H7 (y *Campylobacter jejuni*) en la población agrícola de Walkerton, en Ontario, Canadá. El brote tuvo lugar en mayo de 2000 y ocasionó siete muertes y más de

## **Antecedentes**

2300 casos de enfermedad. El agua de consumo se contaminó por agua de escorrentía que contenía excrementos de ganado.

### **1.4.4. Mesófilos aerobios totales.**

El recuento estándar en placas (REP) o recuento de aerobios mesófilos, es un método macroscópico, empírico, universalmente utilizado para determinar en forma aproximada la carga bacteriana. Esencialmente consiste en determinar el numero de colonias que se desarrollan cuando se siembra una cantidad medida o pesada de muestras en placas de agar. (Toro, Daniel R., 2005).

En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 35°C en 48h. El recuento estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos.

Refleja la calidad sanitaria del agua potable, pero se tiene que matizar que un recuento bajo no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera que si se realiza un recuento elevado no significa la presencia de flora patógena. El recuento total de microorganismos es utilizado como un análisis auxiliar y control de las condiciones higiénicas de las diversas etapas en la planta de tratamiento.

### **1.4.5. *Pseudomonas aeruginosa*.**

#### **1.4.5.1. Clasificación.**

Bacteria

Filo: Proteobacteria

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Pseudomondales

Familia: Pseudomonadaceae

Género: Pseudomonas

## Antecedentes

Especie: aeruginosa

### 1.4.5.2. Descripción general.

*Pseudomonas aeruginosa* es un bacilo gramnegativo aerobio con un flagelo polar. Cultivada en medios adecuados produce piocianina, un pigmento azulado no fluorescente. Muchas cepas producen también el pigmento verde fluorescente pioverdina; y al igual que otras *Pseudomonas* fluorescentes, produce catalasa y oxidasa, así como amoniaco a partir de la arginina, y puede utilizar citrato como única fuente de carbono. *P. aeruginosa*, sin embargo, es capaz de crecer a temperaturas de 41-42°C, y el pigmento azul o verde que produce difiere a partir del pigmento fluorescente verde pálido (fluorescein) producida por otras especies de *Pseudomonas* fluorescentes encontradas en agua. También es capaz de crecer anaeróbicamente en cultivos de agar nitrato.

Es un microorganismo común en el medio ambiente y puede encontrarse en las heces, el suelo, el agua y las aguas residuales. Puede proliferar en ambientes acuáticos, así como en la superficie de materias orgánicas propicias en contacto con el agua. Se han aislado en gran variedad de ambientes húmedos, como fregaderos, baños de agua, sistemas de distribución de agua caliente, duchas y bañeras de hidromasaje.

*Pseudomonas aeruginosa* es una cepa de bacterias que pueden formar una biopelícula sobre las superficies en contacto con agua. La *Pseudomonas aeruginosa* es un formador de biopelícula especialmente tenaz en el sentido de que es altamente resistente a remoción química. Adicionalmente, tiene la habilidad de protegerse a sí misma contra la acción de microbicidas formando capas de baba extracelular de polisacáridos que resisten la penetración de microbicidas cargadas en agua. La tasa de formación es muy rápida en el caso de la *Pseudomonas aeruginosa* se pueden formar capas de baba altamente resistentes sobre una superficie limpia en menos de una semana. Adicionalmente, las biopelículas de *Pseudomonas aeruginosa* típicamente albergan patógenos peligrosos y causan daños a las superficies a las cuales se llegan a pegar.

## Antecedentes

### 1.4.5.3. Efectos sobre la salud humana.

*Pseudomonas aeruginosa* puede causar diversos tipos de infecciones pero rara vez causa enfermedades graves en personas sanas sin algún factor predisponente. Coloniza predominantemente partes dañadas del organismo, como quemaduras y heridas quirúrgicas, el aparato respiratorio de persona con enfermedades subyacentes o las lesiones físicas en los ojos. Desde estos lugares puede invadir el organismo y causar lesiones destructivas o septicemia y meningitis. Las personas con fibrosis quística o inmunodeprimidas son propensas a la colonización por *P. aeruginosa*, que puede conducir a infecciones pulmonares progresivas graves. La foliculitis y la otitis relacionadas con el agua se asocian con ambientes húmedos y cálidos como las piscinas.

Aunque la presencia de *P. aeruginosa* puede ser significativa en algunos entornos como en centros sanitarios, no hay evidencia de que usos normales de agua de consumo sean una fuente de infección para la población en general.

### 1.4.5.4. Relevancia de su presencia en el agua de consumo.

La presencia de este organismo en los sistemas de agua potable indica un fuerte deterioro en la calidad bacteriológica, y a menudo es asociado con quejas sobre el sabor, olor y turbidez vinculado a las bajas tasas de flujo en el sistema de distribución y un aumento en la temperatura del agua.

La presencia de este organismo en los sistemas de abastecimiento de hospitales y para los preparados farmacéuticos manufacturados es un motivo de preocupación, porque *P. aeruginosa* es un patógeno común en infecciones nosocomiales tales como en pacientes afectados por quemaduras y heridas, y también a causado graves infecciones después del uso de gotas para los ojos contaminadas.

## Antecedentes

### 1.4.6. *Estreptococos fecales.*

#### 1.4.6.1. Clasificación.

Dominio: Bacteria

Reino: *Eubacteria*

Filo: *Proteobacteria*

Clase: Bacili

Orden: *Lactobacillales*

Familia: *Enterobacteriaceae*

Genero:

#### 1.4.6.2. Descripción general.

Las especies de origen fecal o intestinal pertenecen principalmente a dos géneros: *Enterococcus* y *Streptococcus*. Existen 14 especies de los géneros que se consideran de origen fecal o intestinal . En un ensayo comparativo realizado a gran escala en 1995 se redujo a cuatro especies: *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus durans* y *Enterococcus hirae* en un intento para reducir la variabilidad (Godfree, A.F., Kay, D. y Wyer, M.D.; 1997).

Estos géneros se caracterizan por ser Gram-positivos que se desarrollan en pares o en cadenas de cocos fuertemente unidos entre sí lo que hace que en un recuento de viables las UFC correspondan en ocasiones a cadenas completas denominadas unidades estreptocócicas. Son bacterias anaerobias aerotolerantes que pertenecen al grupo de las bacterias lácticas por su capacidad de producir ácido láctico como resultado de la fermentación de la glucosa. Se distinguen con claridad de otros tipos de cocos piógenos Gram-positivos por su carácter catalasa negativos.

La clasificación de los enterococos y estreptococos se basa en su capacidad para producir hemolisis ( bien del tipo  $\alpha$  (verdosa) o  $\beta$  (clara)), y en las características de sus ácidos teicoicos que pueden ser determinados mediante anticuerpos (sistema clasificación de Lancefield): la mayoría de los patógenos humanos pertenecen al grupo A de Lancefield.

## Antecedentes

Los enterococos son cocos grampositivos, catalasa negativa, inmóviles, anaerobios facultativos y no forman endosporas ni cápsulas. Entre las características fisiológicas que distinguen al género *Enterococcus* se encuentra la habilidad para crecer en presencia de 6,5% de Cl<sub>Na</sub>; a 10 °C y 45 °C y pH 9,6. Son capaces de hidrolizar la esculina en presencia de 40% de bilis y poseen enzima pyrrolidonyl arylamidasa. No existe una característica de las mencionadas que sea única para este género; las cepas de bacterias en forma de cocos de los géneros *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Aerococcus*, *Gemella*, *Leuconostoc* y *Lactobacillus*, pueden mostrar una o más de las características típicas del *Enterococcus*.

A causa de los cambios en la taxonomía de *Streptococcus* y *Enterococcus* hay una pérdida de información sobre el recobrado de la diferentes especies de enterococos y estreptococos intestinales en los medios de cultivos ampliamente utilizados para el monitoreo de rutina. Los métodos para la enumeración de estreptococos fecales en muestras de aguas fueron desarrollados antes de estos cambios, por lo que es necesario evaluar el valor de cada una de las especies como indicador de contaminación fecal y estudiar cómo estos microorganismos crecen en los medios usados comúnmente en el análisis higiénico de aguas.

### 1.4.6.3. Efectos sobre la salud humana.

La mayoría son inocuos, pero existen algunas especies que son intrínsecamente patógenas. Las especies menos virulentas pueden causar infecciones oportunistas. La mayoría de los patógenos humanos pertenecen al grupo A de Lancefield y los patógenos más importantes del grupo son:

- *Streptococcus pyogenes* (β-hemolítico, Grupo A)
- *S. agalactiae* (β-hemolítico, Grupo B)
- *S. pneumoniae* (α-hemolítico, no presentan antígenos Lancefield)
- *Enterococcus faecalis* (actividad hemolítica variable, Grupo D)

Dentro de estos patógenos más importantes el más relevante en cuanto a transmisión por contaminación fecal se refiere es el *E. faecalis* el hábitat natural del

## **Antecedentes**

cual es el aparato digestivo, la cavidad oral, la vesícula, uretra y vagina; es un patógeno oportunista causante de las siguientes enfermedades:

- a) Endocarditis
- b) Bacteriemia
- c) Infecciones de la vías urinarias
- d) Infecciones abdominales
- e) Sepsis neonatal e infecciones de los tejidos blandos
- f) Infecciones hospitalarias en pacientes con catéteres y otros dispositivos fijos

### **1.4.6.4. Relevancia de su presencia en el agua de consumo**

Su presencia es un indicio de contaminación fecal, por lo cual pueden utilizarse como índice de contaminación fecal, ya que la mayoría de especies no proliferan en medios acuáticos. Presentan importantes ventajas, ya que tienden a sobrevivir durante más tiempo que *E. coli* (o que los coliformes termotolerantes) en medios acuáticos, y son más resistentes a la desecación y a la cloración.

## **1.5. Crecimiento bacteriano en los sistemas de distribución y almacenamiento.**

El crecimiento bacteriano en los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable produce un deterioro del índice de calidad del agua (ICA), modificando su sabor y olor aumentando su turbidez e incluso llegando a afectar su conformidad con las normas microbiológicas de calidad. Además, la película bacteriana formada en las paredes de las tuberías puede reducir la capacidad hidráulica de las mismas, acelerar su corrosión y hacer mas difícil el mantenimiento de una concentración residual de desinfectante (Knobelsdorf & Mujeriego, 1997).

## Antecedentes

La actividad biológica en los sistemas de distribución es mas intensa en la interface entre el agua i los materiales ( en formaciones generalmente descritas como biofilms) i dentro de los depósitos se forman debido a partículas presentes y a la corrosión. La permanencia y posible crecimiento de microorganismos en las tuberías de la red son influenciadas por una variedad de condiciones ambientales, que incluyen las características físicas y químicas del agua, tiempo de operación del sistema, material de la red y disponibilidad de los sitios aptos para la colonización, los cuales con frecuencia están localizados en secciones de flujo lento, porciones de tubería con agua estancada y áreas de tuberías con actividad corrosiva (USEPA,1992)

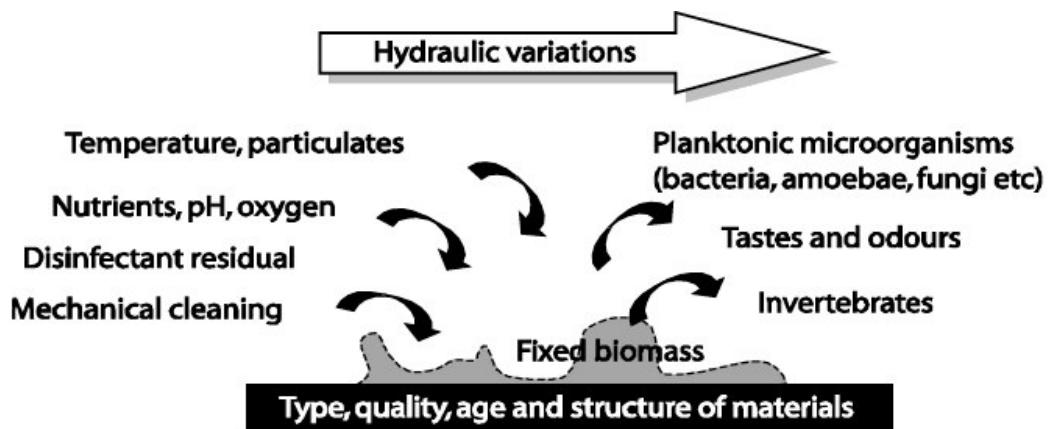
El crecimiento de biofilms depende de:

- Naturaleza del material.
- Condiciones hidráulicas.
- Características químicas y físicas del agua.

La colonización se produce des del primer contacto entre algunos microorganismos (principalmente bacterias) y un nuevo material. A continuación evoluciona a través de la integración de varios niveles i especies que pueden cohabitar y intercambiar nutrientes reaccionando a las condiciones externas.

Los factores que controlan el crecimiento microbiano y el desarrollo en los sistemas de distribución, que afectan directamente a los cambios que puede sufrir el agua de consumo mientras circula desde la planta de tratamiento hasta las extremidades del sistema de distribución. La proliferación microbiológica en los sistemas de distribución y almacenamiento doméstico depende de:

## Antecedentes



**Figura 4.** Factores que controlan el crecimiento microbiano en los sistemas de distribución

Fuente WHO 2004

- Temperatura: si los nutrientes están disponibles la actividad microbiana incrementa significativamente a temperaturas del agua próximas a 15°C, en ausencia de desinfectante residual.
- pH: la mayoría de microorganismos sobreviven dentro del rango de pH en que se encuentran las aguas de consumo.
- O<sub>2</sub>: las aguas de consumo normalmente están bien aireadas, hecho que reduce el riesgo de corrosión inducida microbiológicamente, desnitrificación, producción de sulfuro i otras consecuencias debido al estancamiento anaerobio. A pesar de esto, el oxígeno no puede penetrar en las capas inferiores de los biofilms, tubérculos de corrosión y otros depósitos de las cañerías y reservorios de sedimentos anaerobios donde pueden proliferar los sulfitoreductores.
- Nutrientes: a pesar de que algunos microorganismos pueden vivir con elementos minerales, son de poca importancia en los sistemas de distribución. Pero muchos microorganismos pueden proliferar si hay suficiente materia orgánica disuelta o en partículas, la cual contenga carbono nitrógeno o fósforo.
- Desinfectante residual.

## Antecedentes

- Tiempo de transito: la edad del agua ha sido descrito como el factor de mayor importancia del deterioro de la calidad del agua en los sistemas de distribución,
- Condiciones hidráulicas.
- Materiales de construcción.
- Condiciones físicas, químicas y microbiológicas iniciales del agua.
- Condiciones del sistema: un incorrecto mantenimiento y higiene de los sistemas de distribución, las condiciones de almacenamiento particulares como por ejemplo la que se da en los tanques de gran volumen los cuales favorecen el estancamiento y la estratificación, etc.

Estudios realizados utilizando microscopia electrónica de las tuberías de un sistema de distribución de agua mostraron comunidades complejas de microorganismos. Los investigadores concluyeron que aún cuando las bacterias se desactivan en la planta de tratamiento, algunas células logran sobrevivir y adaptarse a la red de distribución (Allen, 1979; Tuovien, 1980; Ridway & Olson, 1981). Es importante resaltar que el crecimiento de bacterias en las paredes de las tuberías también puede considerarse como un hábitat para las bacterias potencialmente patógenas (Van der Kooij, 1992).

Los depósitos de almacenaje dentro de los sistemas de distribución de agua son puntos críticos, ya que pueden almacenar grandes volúmenes de agua para el consumo, que puede ir mas allá del consumo diario. Los depósitos en el sistema de distribución o en los domicilios de los consumidores, pueden desempeñar un papel clave en las variaciones que regulan la demanda.

Con el rol que desempeñan los reservorios de agua potable en el abastecimiento de agua, es importante la incorporación de las mejores prácticas para prevenir la contaminación microbiológica o química del agua potable por la entrada de contaminantes ambientales o fecales.

## Antecedentes

Los factores importantes de diseño incluyen presión del agua de abastecimiento, tiempo de permanencia, temperatura, patrón de flujo, la estratificación y mezcla del agua para evitar estancamiento, condiciones de presión negativa, contraflujo y posicionamiento de la tubería de salida para maximizar el uso del almacenamiento. (Ainsworth,2004)

La contaminación se da en los sistemas de distribución y almacenamiento a nivel de inmuebles, coincidiendo con lo establecido con Torres (1991), quien demostró que los puntos críticos en los sistemas de agua potable son el tratamiento de agua, distribución y almacenamiento en tanques y cisternas de reservas en las viviendas y hospitalares, y además con respecto al almacenamiento, este no es controlado por las autoridades sanitarias y no se le da la importancia debida. La contaminación del agua en tanques y cisternas se debe principalmente a la deficiente protección física de los reservorios de agua, así como la inadecuada limpieza y desinfección de dichos reservorios periódicamente. Las principales deficiencias en el mantenimiento de tanques y cisternas se debe principalmente a la corrosión de la tubería interna y válvula, lo cual favorece la colonización de microorganismos (Galarraja, 1984), la ausencia de tapa adecuada, que permita el ingreso de partículas y objetos extraños en los depósitos de agua, la acumulación de sedimento en el fondo y paredes internas sucias. Esta situación permite que el cloro libre residual reaccione con la materia orgánica y favorezca la pérdida de cloro residual por consumo, esto sumado a la evaporación por acción de rayos solares en tanques sin protección hace que el agua quede sin poder de desinfección contra la contaminación microbiológica. Otro problema preocupante es la reacción de la materia orgánica con el cloro residual libre lo cual puede producir Compuestos Orgánicos Halogenados ( Trihalometanos) lo que representa un riesgo para la salud (Caceres 1990, Freira y col, 1995).

La edad del agua es un factor a tener muy en cuenta ya que ha sido descrito como un factor importante en el deterioramiento/perdida de calidad del agua dentro de los sistemas de distribución. (USEPA, 2002). La edad del agua o tiempo de transito que esta experimenta en el sistema de distribución es un factor importante en el deterioro de la calidad dentro del sistema de distribución. Los dos mecanismos principales para la perdida de calidad del agua son las interacciones entre las

## Antecedentes

paredes de las tuberías y el agua, y las reacciones entre la misma agua. Mientras el agua viaja entre la red de subministro experimenta cambios químicos físicos y transformaciones que impactan en la calidad. Dependiendo de la calidad del flujo, la calidad final del agua tratada, materiales de las tuberías y materiales depositados, estas transformaciones actuarán en mayor o menor medida.

### 1.6. Características de los tanques domiciliarios de agua de Rosario.

#### 1.6.1. Características de los tanques.

En el estudio se tomaron muestras de diferentes tipologías constructivas de SAAP, en concreto fueron tomadas muestras de las 4 tipologías de tanques presentes en el área de estudio. Las provienen de tanques de nueva construcción de PRFV y metálicos, así como también reservorios más antiguos de obra y de fibrocemento, que se observan a continuación.

- **Tanques de resina poliéster insaturada con fibra de vidrio (PRFV).**



**Imagen 1.** Reservorios Escuela de Enfermería de la U.N.R. Fuente: Elaboración propia.

## Antecedentes

- **Tanques metálicos.**



**Imagen 2.** Reservorios Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas de la U.N.R.  
Fuente: Elaboración propia.

- **Tanque de antigua construcción de obra.**



**Imagen 3.** Reservorio Facultad de Ingeniería de la U.N.R.. Fuente: Elaboración propia.

## Antecedentes

- **Tanques de fibrocemento.**

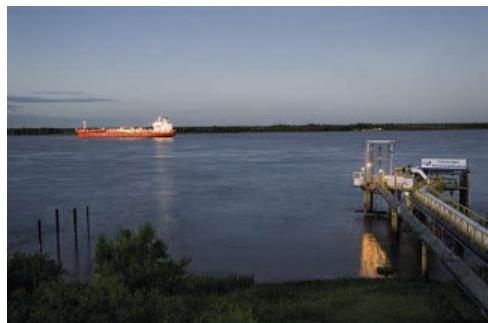


**Imagen 4.** Reservorios Facultad de Derecho de la U.N.R.. Fuente: Elaboración propia.

## 1.7. Desinfección con cloro

### 1.7.1. ETAP Rosario.

La Estación de Tratamiento de Agua Potable de Rosario gestionada por Aguas Santafesinas S.A., de 10,5 hectáreas de superficie esta ubicada al norte de la ciudad, a orillas del río Paraná, en el Barrio de Arroyito. Desde allí se produce agua

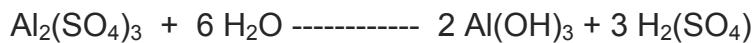


potable para Rosario, Villa Gobernador Gálvez, Funes, Granadero Baigorrio y Capitán Bermúdez. El agua tratada para el abastecimiento es captada del río Paraná, con un caudal de más de  $15.000\text{m}^3/\text{s}$ , mediante un conducto subterráneo de 2,60 m de diámetro se

Imagen 5. punto captación @aguas santafesinas interna 40 metros en el río Paraná a 5 m de profundidad para captar el agua cruda para su potabilización. El agua es bombeada hasta la planta mediante ocho bombas verticales de  $8.300\text{m}^3/\text{h}$  de caudal nominal

## Antecedentes

Una vez entra en la planta se primero se procede a su clarificación proceso en el cual se elimina la materia en suspensión y el color. Este proceso consiste en tratar el agua con un coagulante, como el  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , originando el hidróxido donde por hidrólisis origina el hidróxido correspondiente (floculo), que engloba las sustancias en suspensión y las precipita.



El agua pasa a los decantadores donde flóculos son eliminados por decantación, permitiendo reducir el contenido de sustancias inorgánicas, orgánicas y microbiológicas que contiene el agua no tratada



los

Imagen 6. decantadores @aguas santafesinas

Una vez el agua es decantada, esta pasa por los filtros formados por capas de arena eliminando el plancton y otros microorganismos que no pueden ser eliminados mediante decantación por su tamaño. Posteriormente el agua es sometida a la alcalinización con la cual se neutraliza el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  producido en la clarificación, mediante el uso de lechada de cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), lográndose el pH óptimo (6,5 a 8,5). Luego se realiza una nueva filtración para eliminar el  $\text{Ca}(\text{CO}_3)$  formado en el proceso de alcalinización.

El último proceso antes de su distribución es la desinfección con cloro. Todos los días salen de la planta  $0,5 \text{ hm}^3$ , en un proceso continuo. El agua es distribuida mediante una red de más de 2000 km de extensión. Cada día Aguas Santafesinas distribuye una media de más de 500 litros por habitante, 5 veces más del consumo medio óptimo establecido por la OMS.

### 1.7.2. Breakpoint.

El hecho de que el cloro libre reaccione con el amoníaco y de que sea un fuerte agente oxidante, complica bastante el mantenimiento de una cantidad residual (combinado o libre) para la desinfección de las aguas residuales.

## Antecedentes

Al ir añadiendo cloro, las sustancias que reaccionan con facilidad como el  $\text{Fe}^{+2}$ , el  $\text{H}_2\text{S}$  o la materia orgánica, reaccionan con el cloro y lo reducen en gran parte a ion cloruro. Tras satisfacer esta demanda inmediata, el cloro continuará reaccionando con el amoniaco para formar las cloraminas.

Para las relaciones molares entre cloro y amoníaco inferiores a 1 se formará monocloramina y dicloramina. La distribución de estas dos formas viene dictada por sus velocidades de formación, las cuales varían en función de la temperatura y el pH. Previo al punto de ruptura, algunas de las cloraminas se transforman en tricloruro de nitrógeno mientras que las restantes cloraminas se oxidarán a óxido de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y el cloro se reducirá a ion cloruro. Si se continua añadiendo cloro, todas las cloraminas se oxidarán en el punto de ruptura (breakpoint). La relación ponderal entre cloro y el nitrógeno amoniaco en el breakpoint es de 7,6:1.

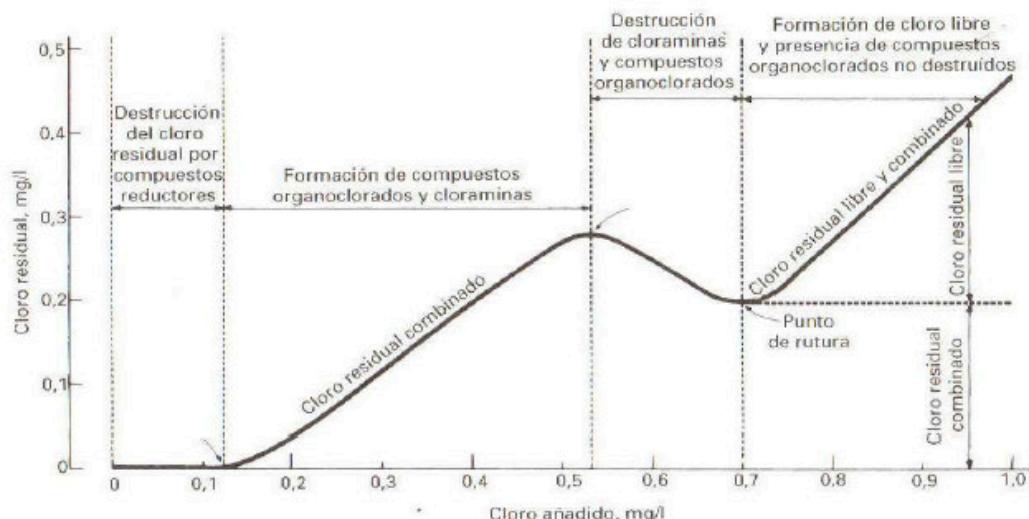
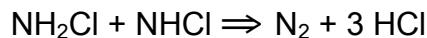
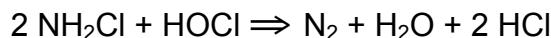
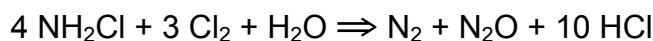
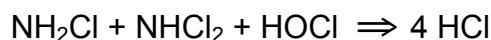


Figura 5. Curva demanda de cloro. Fuente: Hernández 2001

Las posibles reacciones responsables de la aparición de los gases antes mencionados y de la desaparición de la cloramina son las siguientes:



## Antecedentes

La adición del cloro más allá del breakpoint producirá un aumento del cloro libre disponible directamente proporcional al cloro añadido (hipoclorito sin reaccionar). La razón principal para añadir suficiente cloro como para obtener cloro residual libre radica en que se asegura que se alcanzará la desinfección.

En ocasiones, la presencia de compuestos adicionales que reaccionen con el cloro puede alterar significativamente la forma de la curva del breakpoint. La cantidad de cloro que se debe añadir para alcanzar un nivel de cloro residual determinado recibe el nombre de demanda de cloro.

### 1.7.3. Factores que afectan a la eficacia.

La Tabla 2 describe algunas de las características del agua no tratada y su impacto en el proceso de cloración.

Características del agua	Efecto en la desinfección con cloro
<b>Amoníaco</b>	Forma cloraminas cuando se combina con cloro
<b>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</b>	El grado de interferencia depende de los grupos funcionales y la estructura química
<b>Dureza del agua, hierro, nitratos</b>	De presentarse sus efectos son menores
<b>Nitrito</b>	Reduce la efectividad del cloro y resulta en la formación de MTH
<b>pH</b>	Afecta la distribución entre el ácido hipocloroso y los iones de hipoclorito, y entre las varias especies químicas de cloraminas
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	Aísla las bacterias que se encuentran incorporadas y representan demanda de cloro

**Tabla 2.** Características del agua que afectan la eficiencia de la cloración. Fuente: USEPA

## Antecedentes

### 1.7.4. Cloro residual en la red de distribución.

El consumo de cloro por el agua de una red distribución se debe, por una parte al consumo de este por sustancias presentes en el agua y por condiciones físico-hidráulicas tales como temperatura, agitación, turbulencias, etc.; y por otra, al consumo que se produce en las paredes de las conducciones. En el agua el consumo depende principalmente de la temperatura y del contenido en materias orgánicas disueltas y otras inorgánicas capaces de ser oxidadas. En la interfase con las paredes del sistema de distribución, el consumo de cloro se produce por la interacción con los productos de corrosión y por los depósitos de biomasa fijada en la paredes.

La disminución del cloro residual en una masa de agua viene expresada por la ecuación exponencial:

$$C(t) = C_0 e^{-kt}$$

$C(t)$ = Concentración de cloro (mg/l) en el tiempo  $t$ .

$C_0$ = Concentración inicial de cloro (mg/l)

$T$ = tiempo de reacción.

Empleando cloro como oxidante/desinfectante primario, la formación de THMs y otros subproductos se ve favorecido con el aumento de la dosis de cloro y del tiempo de contacto agua-cloro, además de por otro factor primordial como es el contenido en precursores del agua objeto de desinfección. El producto de la concentración de cloro residual, en mg/l, y el tiempo de contacto en minutos, es decir  $C(t)$  es un indicador del potencial de desinfección en el proceso de cloración.

## **1.8. Medidas de gestión:**

### **1.8.1. Legislación.**

Disposiciones de la Ley 18284 (Código alimentario argentino) sobre aguas. En el Artículo 982, modificado por R 494/94, se establece que con las denominaciones de Agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener substancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radioactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, limpia y transparente.

Las características microbiológicas que debe cumplir el agua de consumo son:

- Bacterias coliformes: NMP a 37 °C-48 h. en 100 ml: igual o menor de 3.
- Escherichia coli: ausencia en 100 ml.
- Pseudomonas aeruginosa: ausencia en 100 ml.
- Mesófilos aerobios 24h a 37°C, no superior a 500 UFC/ml.

En el caso que el recuento de los mesófilos aerobios supere las 500 UFC/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento.

En aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo.

## **Antecedentes**

## **2. Justificación.**



## Justificación

La potabilidad microbiología de un agua de consumo debe abordarse des de la óptica de su ausencia total de microorganismos de cualquier tipo y especialmente de microorganismos patógenos (Marín, R., 2003).

Es por ello que un fallo general del sistema de protección de la seguridad del abastecimiento de agua potable puede ocasionar una contaminación en los reservorios domiciliarios , debido a que la calidad microbiológica del agua puede variar muy rápidamente y en gran medida según las condiciones de almacenamiento, tiempo de permanencia del agua en el tanque, la exposición a la luz solar y la variabilidad del rango de temperaturas anual en que se encuentra el agua durante su almacenamiento.

Desde esta visión el siguiente proyecto pretende analizar el estado actual de la calidad en reservorios de viviendas colectivas a partir de un estudio que contemple tanto los aspectos básicos microbiológicos como los socio-culturales y apuntará a optimizar la gestión pertinente al mantenimiento de la calidad del agua potable.

## **Justificación**

**46** Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable.  
Estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina

### **3. Objetivos**



## Objetivos

### **3.1. Objetivos generales y específicos.**

- 3.1.1. Conocer el estado actual de los SAAP (Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable).**
- 3.1.2. Analizar los niveles de desinfectante residual presente en los SAAP.**
- 3.1.3. Analizar los patrones de distribución de las diferentes especies de microorganismos encontradas.**
  - 3.1.3.1. Determinar los factores que influyen en la proliferación o entrada de microorganismos en los SAAP.
  - 3.1.3.2. Realizar un diagnóstico del estado de los SAAP.
  - 3.1.3.3. Analizar los niveles de contaminación en cada uno de los tanques seleccionados para el estudio microbiológico.
- 3.1.4. Analizar la presencia de las diferentes especies de microorganismos en el ámbito de estudio.**
  - 3.1.4.1. La abundancia de las especies de patógenos presentes.
  - 3.1.4.2. Su distribución en los tanques de los diferentes tanques seleccionados
- 3.1.5. Cuantificar la problemática y establecer medidas de gestión.**
  - 3.1.5.1. Evaluar si existen riesgos de transmisión de enfermedades hídricas.
  - 3.1.5.2. Diseñar un código o Manual de Procedimientos.

## Objetivos

- 50** Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable. Estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina

## **4. Material y métodos.**



#### 4.1. Ámbito de estudio.

El ámbito de estudio corresponde a la región metropolitana de la ciudad de Rosario provincia de Santa Fe en la República Argentina. Rosario esta ubicada en el centro-este de argento a orillas del río Paraná, es la tercera ciudad más poblada de la República de Argentina con unos 950.000 habitantes y 1.200.000 habitantes en la región metropolitana.



Figura 6. Mapa situación Rosario. Fuente Aguas Santafesinas

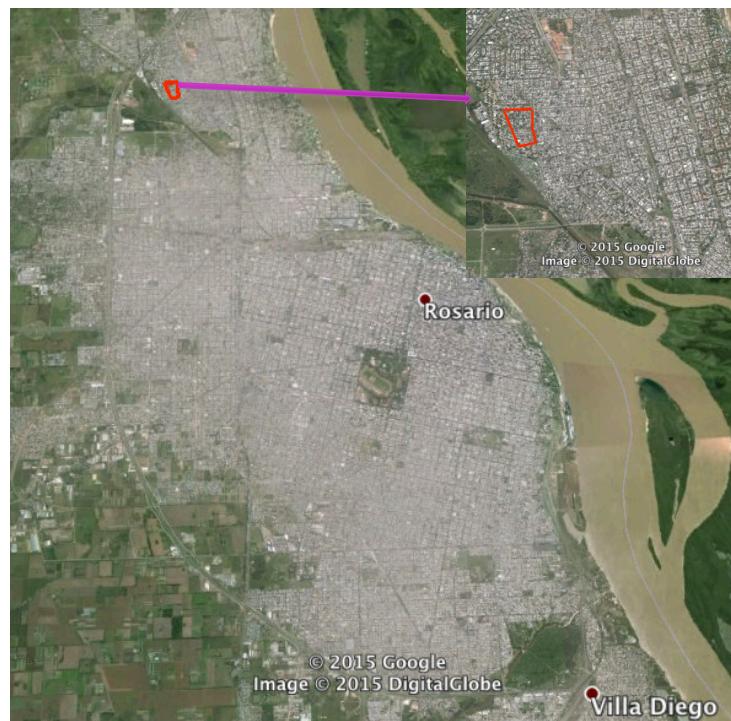
La ciudad se encuentra asentada des del punto de vista geomorfológico en la pampa levantada, dentro de las grandes unidades geomorfológicas que forman la provincia de Santa Fe. La unidad que caracteriza este sector nombrado llanura ondulada del sur esta, el cual presenta caracteres tectónicos y morfológicos que caracterizan su hidrografía superficial, los cursos de las redes fluviales difieren con las situadas al norte, ya que los cursos que fluyen por esta región presentan en su tramo inferior dirección SO-NE y desembocan perpendiculares al valle del Paraná.

El clima característico de esta región de la pampa es el clima subhúmedo húmedo o también conocido como templado pampeano, los rasgos que definen este clima son un régimen de temperaturas con una moderada amplitud térmica, no superiores a 20°C, temperaturas medias máximas y mínimas de con registros históricos de máxima y mínima registrada de respectivamente, un factor característico es la alta

## Material y métodos

humedad relativa del ambiente con una media del 75% anual, haciendo que la sensación térmica en verano sea muy alta respecto la temperatura registrada llegando a valores históricos de hasta 50,2°C ; el promedio anual de precipitaciones esta entre los 1000 y 800 mm/año, registrándose la mínimas en invierno, incrementándose en primavera para hacerse máximas en verano y otoño, siendo marzo el mes más lluvioso.

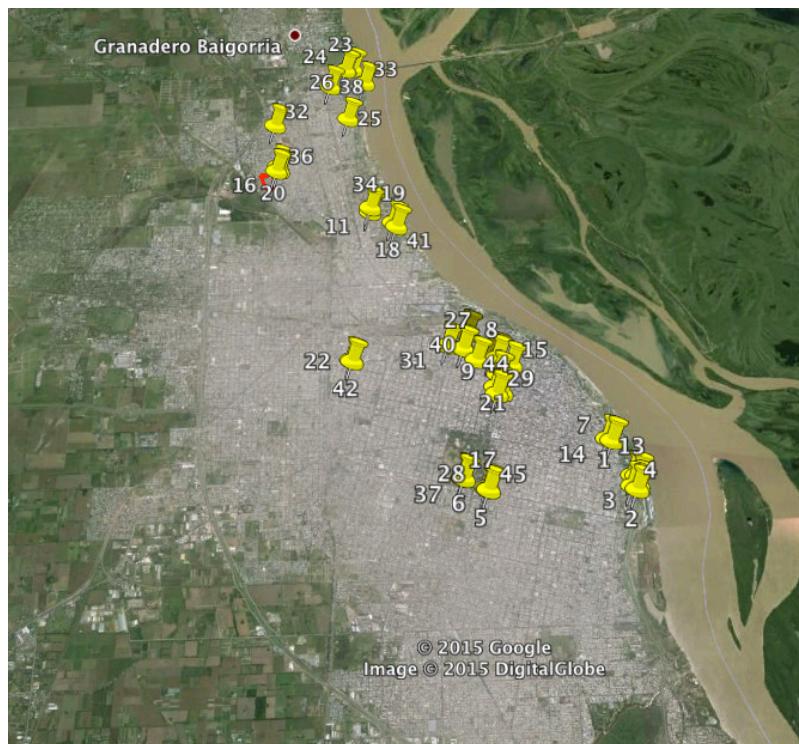
En primera instancia el proyecto inicial pretendía analizar y evaluar la realidad actual referente a la calidad microbiológica de los reservorios de agua domiciliarios del Barrio la Esperanza, ubicado en el norte de Rosario figura 7 . Debido a los resultados obtenidos, representados en el punto 5.1., se procedió a cambiar el rumbo de la investigación y a una ampliación del universo a observar, con la incorporación al estudio de centros educativos universitarios, secundarios públicos y privados, a demás de domicilios particulares pertenecientes al Barrio la Esperanza y otros dispersos por el centro, sur y norte de Rosario, ubicación de los cuales están representados en la figura 7.



**Figura 7.** Ubicación Barrio la Esperanza. Fuente Elaboración propia con imagen satelital Google Earth

## 4.2. Selección de los puntos de muestreo.

Debido a las diferentes tipologías de edificios y reservorios existentes en la ciudad de Rosario, y a las entrevistas realizadas en el Barrio la Esperanza, se seleccionaron un total de 50 reservorios o puntos de muestreo, procedentes tanto de centros educativos universitarios, secundarios públicos y privados, y domicilios particulares. Los reservorios muestreados como se puede observar en la figura 8. proceden del norte y centro de la ciudad.



**Figura 8.** Puntos muestreo. Fuente Elaboración propia con imagen satelital Google Earth

## 4.3. Obtención y tratamiento de los datos.

A fin de evaluar y conocer la realidad sobre el uso del agua en los domicilios particulares del barrio seleccionado inicialmente para la elaboración del proyecto,

## Material y métodos

anteriormente a proceder a extraer las muestras de los diferentes tipos de tanques se procedió a la realización de una encuesta en el Barrio de la Esperanza.

La realidad social de este barrio situado al Nord-oeste de Rosario de perfil socioeconómico bajo, la tipología de edificios corresponde a casas generalmente unifamiliares de una sola planta. Los puntos clave de la encuesta realizada fueron el uso o no del mismo en la unidad familiar, el mantenimiento que se le da en caso afirmativo, observaciones acerca del material de construcción del mismo y su estado.

Debido a la realidad observada en este barrio situado al Nord-oeste de Rosario, se procedió a la ampliación del área de estudio abarcando una gran parte de Rosario, zonas centro y norte de la ciudad. La ampliación del universo de estudio se realizó debido a la casi nulo uso por parte de los habitantes del barrio de reservorios domiciliarios de agua potable.

Los muestreos se efectuaron entre la última semana de noviembre y la primera de diciembre los de cloro, y el día 12/12/2014 se efectuó la recogida de muestras para realizar los análisis microbiológicos de los 10 reservorios seleccionados.

Se procedió a la determinación del Cloro Libre Residual (Cl LR), fueron recolectadas 50 muestras procedentes de diferentes tipologías de edificios. Las muestras recolectadas los días 27/11/2014 , 28/11/2014, 01/12/2014 y 02/12/2014, proceden tanto de bloques de edificios, casas unifamiliares, centros educativos universitarios y secundarios, y también de un centro de salud. La recolección de las muestras, las cuales fueron preservadas de la luz solar durante su traslado hasta el laboratorio, fue llevada a cabo tanto por mi persona como por docentes colaboradores de la Facultad de Odontología de Rosario (FOR), a fin de agilizar al máximo la toma de las mismas debido a la extensa superficie y distancia entre las mismas, tal y como se puede observar en la figura 8.

La determinación del cloro fue efectuada por la docente Graciela Adalid y uno mismo, en el laboratorio de la unidad de bioquímica de la F.O.R.. Posteriormente a

## **Material y métodos**

la recolección y determinación de las muestras de cloro, se procedió al análisis y discusión de las mismas.

Con los datos obtenidos de las determinaciones de cloro y a fin de agilizar al máximo la toma de muestras microbiológicas, ya que, el tiempo de traslado hasta el laboratorio es un factor clave, fueron elegidos los 10 centros educativos, de tal manera que la mañana del viernes 12/12/2014 nos dividíamos en dos grupos la toma de muestras, refrigeradas y preservadas de la luz solar hasta su entrega al “Laboratorio de Análisis Clínicos y Microbiológicos Dra. Rosa M. Lo Pilato”. La docente Graciela Adalid por un lado efectuó la toma de las muestras de las Escuelas N° 632 Gabriel Carrasco, N°8043 Ing. Pedro J. Cristiá y la Escuela Técnica N° 463 Gregoria Matorras de San Martín; y por otro lado acompañado de la Dra. Hermida al mismo tiempo efectuaba la recolección de las otras 7 muestras procedentes de las diferentes unidades académicas universitarias pertenecientes a la U.N.R.: Facultad de Psicología, Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas, Escuela Superior de Comercio, Facultad de Derecho y Escuela de Enfermería, Facultad de Odontología Rosario.

### **4.3.1. Determinación del cloro.**

Las determinaciones de cloro fueron realizadas en el laboratorio de la unidad bioquímica de la F.O.R. Para la realización se uso el AQAssay de GT Lab, método fundamentado en que la ortotolidina en presencia de cloro genera un color amarillo, cuya intensidad de color medida fotométricamente a 410 nm es proporcional a la concentración de Cloro en la muestra de agua. El arsenito de sodio permite evitar las interferencias generadas por iones  $Fe^{+++}$ ,  $Mn^{6+}$  y  $NO_2^-$  y diferenciar el cloro libre del combinado basada en la propiedad de reacción más lenta de las formas combinadas del cloro. El límite de detección en las condiciones de ensayo, la sensibilidad es de aproximadamente 0,05mg/l y el límite de detección superior es de 5mg/l.

## Material y métodos

### 4.3.2. Determinaciones microbiológicas.

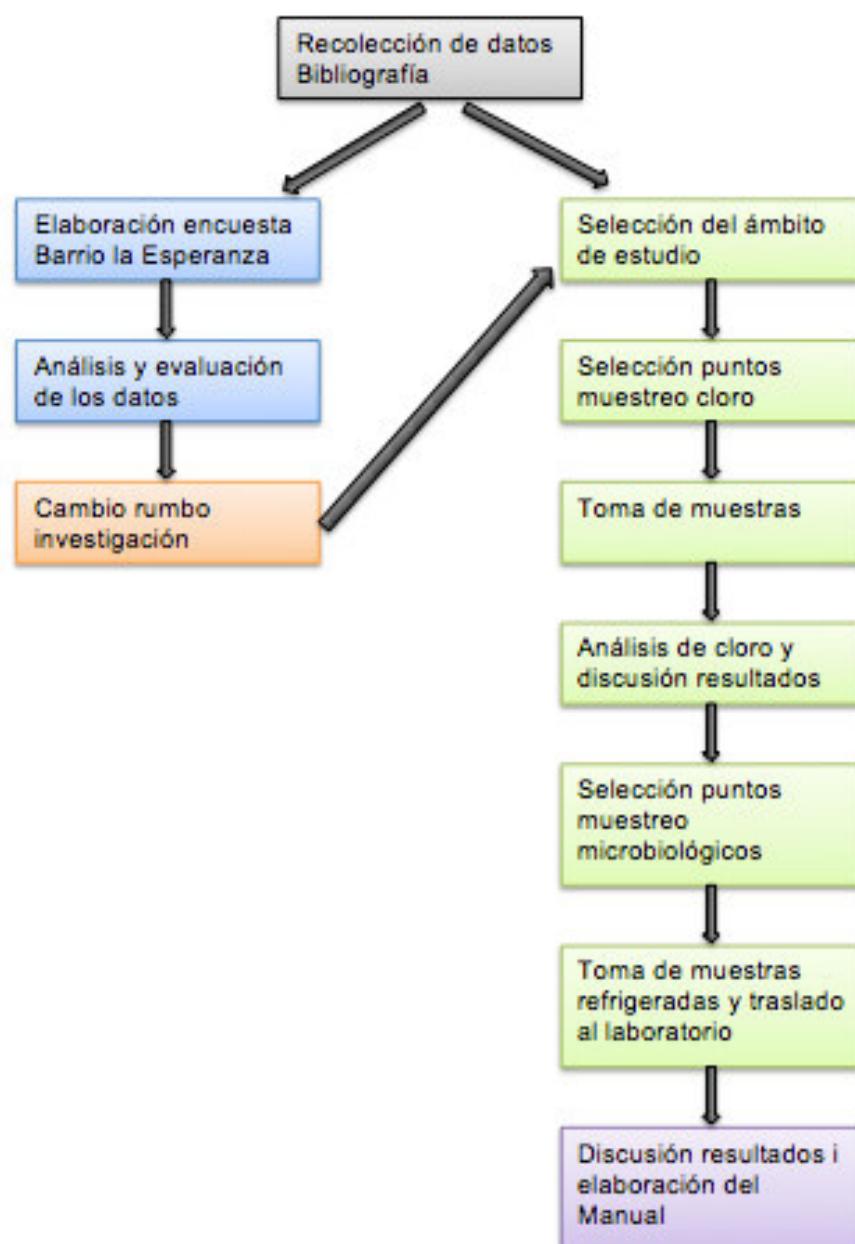
Los análisis microbiológicos fueron efectuados por el Laboratorio de Análisis Clínicos y Microbiológicos Dra. Rosa M. Lo Pilato. Las muestras fueron recolectadas, refrigeradas, preservadas de la luz solar y transportadas al laboratorio la mañana del día 12/12/2014. Las composiciones de los medios de cultivo usados para las determinaciones se encuentran detalladas en el ANNEXO 1.

Institución	Dirección
<b>Facultad de Psicología U.N.R.</b>	Riobamba 250 bis
<b>Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.</b>	Boulevard Oroño 1261
<b>Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.</b>	Boulevard Oroño 1261
<b>Escuela Superior de Comercio U.N.R.</b>	Balcarce 1240
<b>Facultad de Derecho U.N.R.</b>	Córdoba 2020
<b>Escuela de Enfermería U.N.R.</b>	San Lorenzo y Ricchieri
<b>Facultad de Odontología</b>	Santa Fe 3160
<b>Escuela Nº 632 Gabriel Carrasco</b>	Ricchieri 350
<b>Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín</b>	Córdoba 2635
<b>Escuela Nº 8043 Ing. Pedro J. Cristiá</b>	Silva 1390

**Tabla 3.** Puntos muestreo microbiológicos. Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. Diagrama de las etapas del proyecto.

En el diagrama se puede observar las diferentes etapas del proyecto, en que se muestran las diferentes tareas descritas anteriormente. Las tareas en azul corresponden a la primera fase del proyecto y las verdes a la línea de investigación llevada a cabo una vez cambiado el rumbo de la investigación.



## Material y métodos

- 60** Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable. Estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina

## **5. Resultados.**

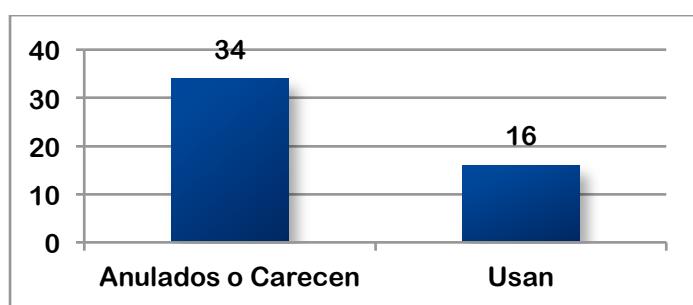


## Resultados

### 5.1. Estudio consumo Barrio la Esperanza.

Durante la realización del trabajo inicialmente proyectado a realizar en el Barrio la Esperanza se realizaron entrevistas en el Barrio a fin de conocer la realidad en cuanto al consumo de agua por parte de la población residente. Se realizaron 50 entrevistas de un universo de 114 viviendas, ubicadas en la zona sur del barrio. (ver mapas ANNEXO 2).

Las entrevistas realizadas reflejaron que del total de casas, 34 tanques un 68% estaban anulados o carecían el mismo y consumían agua directamente de red.



**Figura 9.** Uso de los reservorios en el Barrio la Esperanza. Fuente: elaboración propia

De los 16 tanques en uso, sólo 6 un 12% de viviendas utilizaban el agua del tanque para todos los usos, consumo, higiene personal, preparación de alimentos,.... Los otros 10 un 20% tanques sólo estaban conectados con el baño y se usaban para aseo personal, desagote y conexión con el lavarropas.

Para el estudio de los niveles de cloro se muestrearon cinco de los seis tanques que usaban el agua para todos los usos, obteniendo los resultados de la tabla 3. Con un valor medio de 0, 0564 mg/l Cl LR. De los seis reservorios de las viviendas que usaban el agua del tanque para todos los usos, se tomaron cinco muestras para su análisis del nivel de Cl LR, obteniendo los siguientes resultados.

## Resultados

Dirección domicilio	CI LR mg/l
Ghiraldo 2086	0,063
Pasaje 1346 N°2015	0,079
Pasaje 1373 N°1843	0,076
Cavia 1805	0,016
Cavia 1873	0,048

**Tabla 4.** Resultados CI LR Barrio la Esperanza.  
Fuente :Elaboración propia.

### 5.2. Análisis de cloro libre.

La tabla 4 muestra los resultados del análisis del CI Residual libre en mg/l obtenidos de los diferentes puntos de muestreo repartidos por el norte i centro de la ciudad de Rosario.

Los resultados se clasificaron en tres grupos según los siguientes criterios:

- Dentro del mínimo establecido de 0,2mg/l, por el Código Alimentario Argentino
  - ◆ Dentro del límite de detección del método. (5 mg/l a 0,05 mg/l)
  - Por debajo del límite de detección (0,05mg/l)
- \* Los resultados de dos muestras fueron descartados.

Puntos de muestreo	CI LR mg/l
□ Escuela de Música	0,250
□ Facultad de Arquitectura U.N.R	0,246
□ Ciencias Políticas, P. Baja Este	0,244
□ I.M.A.E.	0,212
◆ Rueda 2023	0,194
◆ Moreno 2903	0,180
◆ Facultad Ingeniería U.N.R	0,178
◆ Obra social de la U.N.R	0,098
◆ Boulevard Oroño 1182	0,085
◆ Psje. 1346, n2015	0,079
◆ JC Paz 657	0,077
◆ Psje. 1373, n1843	0,076
◆ Facultad Psicología U.N.R. (sin tapa)	0,071
◆ Instituto Politécnico Superior	0,069
◆ Facultad de Derecho U.N.R.	0,064
◆ Giraldo 2086	0,063

## Resultados

◆ Moreno 2917	0,059
◆ Av. Trabajadores 1129 (sin tapa)	0,055
◆ JC Paz 644	0,051
● Cavia 1873	0,048
● Colegio Misericordia Rosario	0,046
● Gutenberg 1220	0,042
● Fc Miranda 4190 1r piso	0,042
● Galicia 480	0,039
● Vietes 570	0,035
● Ps Caccia 4200	0,035
● Ricchieri 673	0,031
● Moreno 2917	0,029
● Facultad Psicología U.N.R.	0,027
● Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R. (Cemento)	0,026
● Escuela de Enfermería U.N.R.	0,026
● Facultad Odontología Rosario	0,026
● Escuela N°309 Ovidio Lagos	0,024
● Iturraspe 3835	0,022
● JC Paz 674	0,020
● Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R. (metálico y sin tapa)	0,020
● Santa fe 2326	0,019
● Cavia 1805	0,016
● Virasoro 2413	0,013
● Escuela N°6347 San José de Calasanz	0,011
● Escuela N° 632 Gabriel Carrasco	0,009
● Escuela Técnica N° 463 Gregoria Matorras de San Martín	0,009
● Escuela N°8043 Ing. Pedro J. Cristiá	0,007
● Mendoza 4711	0,005
● Virasoro 2423	0,004
● Escuela Superior de Comercio U.N.R.	0,004
● Facultad de Derecho U.N.R (sin tapa)	0,002
● Facultad de Ciencias Políticas U.N.R., P.Baja Oeste	0,000

**Tabla 4.** Resultados Cl LR. Font: elaboración propia.

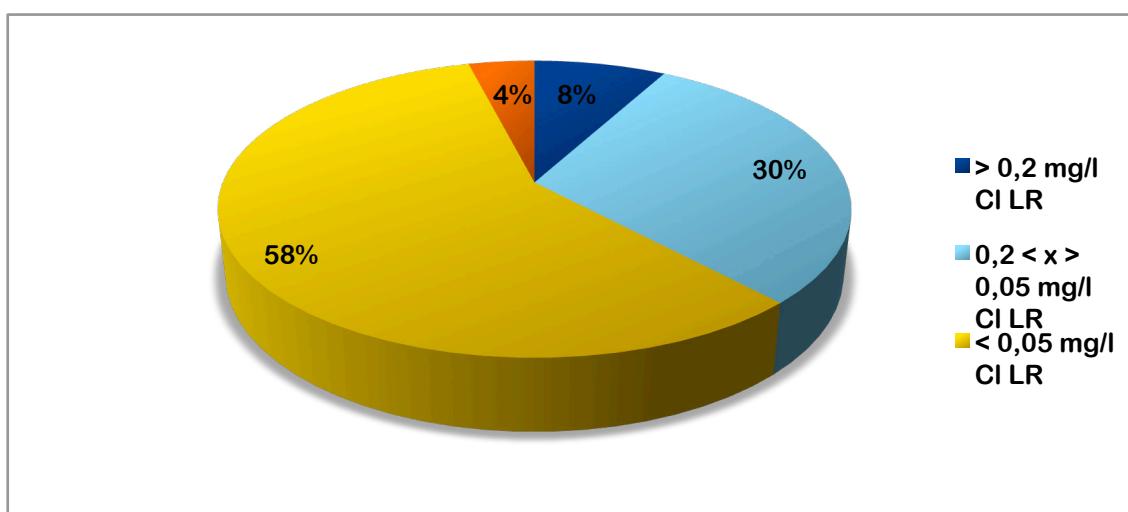
De las 48 muestras representadas en la tabla 4 sólo un 8% del total de 50 muestreadas, 4 muestras se encontraron dentro del mínimo de 2 mg/l establecido por el Código Alimentario Argentino, presentando un valor medio de 0,238 mg/ Cl LR.

El grupo formado por las muestras encontradas dentro del límite de detección del método (5mg/l a 0,05 mg/l) pero que se encuentran por debajo del límite

## Resultados

establecido por el C.A.A. de 0,2 mg/l Cl LR; representaron el 30% del total de reservorios muestreados, 15 muestras presentan valores comprendidos 0,194 i 0,051 mg/l Cl LR, con un valor medio de 0,093 mg/l Cl LR.

El tercer grupo y el que presenta mayor representación formado por los resultados que están por debajo del límite de detección del método usado para el análisis del cloro libre residual, se encuentra formado por el 60,4%, 29 de las muestras de agua analizadas. Los resultados obtenidos dan a conocer el bajo valor de cloro presente en el reservorio analizado pero los valores no son fiables, dado que el método analítico usado no es fiable para valores inferiores a 0,05mg/l Cl LR.



**Figura 10.** Distribución resultados Cl LR. Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que un 92% de las muestras analizadas presentan valores de cloro residual libre inferiores al mínimo de 0,2mg/l Cl LR que debe contener el agua antes de su entrada en el reservorio domiciliario, establecido por el Código Alimentario Argentino.

## Resultados

### 5.3. Análisis microbiológicos.

En la tabla 5 y en el ANNEXO 1 (resultados originales) están representados los resultados obtenidos por el Laboratorio de Análisis Clínicos y Microbiológicos Dra. Rosa M. Lo Pilato. En total fueron recogidas 10 muestras de reservorios de agua, todos estos reservorios pertenecen a centros educativos de la ciudad de Rosario.

El primer dato que resalta es que el agua del 50% de las muestras, fue catalogada como no apta para el consumo humano debido a la presencia de contaminación microbiológica perteneciente a *Estreptococos fecales* y *Escherichia coli*.

De las aguas de los cinco reservorios con presencia de microorganismos patógenos y catalogados como no aptos, tres de las muestras tiene presencia de *Estreptococos fecales* y *Escherichia coli* conjuntamente; y dos muestras sólo tiene presencia de *E. coli*. Los *Estreptococos fecales* fueron detectados en dos de las 5 muestras y con también con presencia de *E. coli*.

Cinco de las muestras analizadas presentan altos valores de recuento de Coliformes totales siendo el límite establecido por el C.A.A. 3 /100ml; pero en tres de la muestras se obtuvieron valores altísimos, a cifra más alta de 210.000 NMP/100ml se obtuvo en el tanque metálico de la Facultad de Ciencias Económicas: el segundo valor más alto obtenido son los 15.000 NMP/100ml de la Escuela Técnica N°463 i por último el recuento de 2.100 NMP/100ml del otro tanque perteneciente a la Facultad de Ciencias Económicas construido en cemento. Dos tanques más presentaron valores superiores a lo establecido por el C.A.A. siendo estos más discretos en comparación a los tres anteriores, obteniendo unos resultados para la Escuela Superior de Comercio i la Facultad de Derecho de 150 i 180 NMP/100ml respectivamente.

El recuento de mesófilos aerobios se presentan altos en concordancia con los valores anteriormente comentados de los Coliformes totales, en las muestras catalogadas como no aptas para el consumo humano, presentan los recuentos altos y extremadamente alto el de la muestra de la Facultad de Ciencias Económicas.

## Resultados

Institución	Observaciones reservorio	Mesófilos aerobios		Coliformes totales	Estreptococo fecales	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Interpretación
		22 °C- 96Hs	37 °C- 48Hs					
Facultad de Psicología U.N.R.	-Mat. plástico -Instalación reciente -Con tapa	73 UFC/ml	61 UFC/ml	Menos de 3	No contiene	No contiene	No contiene	Aqua apta para el consumo humano según estudio realizado.
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	-Mat. cemento -Sedimentos en el fondo. -Tapa de acceso lateral metálica con mucho óxido	2.700 UFC/ml	1.800 UFC/ml	2.100 NMP/100ml	Contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	-Mat. Metálico - Sin tapa -Sedimentos en el fondo y adherencias laterales	150.000 UFC/ml	190.000 UFC/ml	210.000 NMP/100ml	No contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.
Escuela Superior de Comercio U.N.R.	-Mat. cemento -Instalación añiosa.	2.800 UFC/ml	2.500 UFC/ml	150 NMP/ 100ml	No contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.
Facultad de Derecho U.N.R.	-Mat. Fibrocemento -Tapa rota depositada en el fondo. -Presencia de larvas de insectos	2.900 UFC/ml	3.800 UFC/ml	280 NMP/ 100ml	Contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.
Escuela de Enfermería U.N.R.	Mat. plástico -Instalación reciente -Con tapa	83 UFC/ml	71 UFC/ml	Menos de 3 NMP/100ml	No contiene	No contiene	No contiene	Aqua apta para el consumo humano según estudio realizado.
Facultad de Odontología	-Mat. Cemento -Buen estado conservación	15 UFC/ml	23 UFC/ml	Menos de 3 NMP/100ml	No contiene	No contiene	No contiene	Aqua apta para el consumo humano según estudio realizado.
Escuela Nº 632 Gabriel Carrasco	-Mat. fibrocemento -Buen estado de conservación	58 UFC/ml	55 UFC/ml	Menos de 3 NMP/100ml	No contiene	No contiene	No contiene	Aqua apta para el consumo humano según estudio realizado.
Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín	-Mat. Fibrocemento -Fisura en la tapa	3.800 UFC/ml	4.400 UFC/ml	15.000 NMP/100ml	Contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.

**Tabla 6.** Resultados microbiológicos, observaciones de estado y interpretación estado sanitario del agua. Fuente: Elaboración propia con los resultados del Lab. Dra. Rosa M. Lo Pilato y las observaciones realizadas durante la recolección de las muestras.

## **6. Diagnosis ambiental: discusión de los resultados.**



## 6.1. Cloro

### 6.1.1. Niveles de cloro en la zona de estudio.

De los 50 tanques analizados para la selección de los puntos de muestreo microbiológicos, sólo 4 tanques, el de la Escuela de Música, Facultad de Arquitectura U.N.R., y el de Ciencias Políticas (P. Baja este), se encontraron dentro del límite de 0,2 mg/l Cl LR establecido por las disposiciones de la Ley 18284 (Código Alimentario Argentino) sobre aguas. El cual estipula el límite para el agua en circulación por la red de distribución, una vez el agua es almacenada en el reservorio domiciliario, según lo estipulado por la Ley 18284 las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo.

Aún que la ley 18284, establezca la no obligatoriedad de la presencia de cloro residual libre en el reservorio de agua domiciliario, los valores obtenidos encontrándose un 92% por debajo del límite según las recomendaciones de la WHO fijado en 0,2mg/l de cloro residual libre.

Garantizar un nivel de desinfectante residual óptimo tanto en la red de distribución como en el reservorio domiciliario, es crucial para garantizar la calidad del agua de consumo y que esta aún tenga poder de desinfección una vez almacenada en el reservorio.

### 6.1.2. Problemática potencial de los resultados.

La contaminación del agua potable se da en los sistemas de distribución y almacenamiento, es por eso que garantir unos niveles de cloro los cuales confieran al agua una vez almacenada aún poder de desinfección delante de posibles perturbaciones de la misma, es crucial.

## **Diagnosis ambiental**

Los valores observados en la tabla 4 en el punto 5.2 , muestran que los niveles de cloro encontrados en los diferentes reservorios de la ciudad de Rosario, pertenecientes tanto a domicilios particulares, escuelas y facultades, no garantizan un poder de desinfección delante de la posible entrada y colonización de microorganismos, con los consiguientes problemas de salud que estos pueden ocasionar en los consumidores.

Durante la recolección de las muestras se observaron deficiencias en el mantenimiento y estado de los tanques, factores como corrosión de algunos elementos internos, ausencia de tapa adecuada la cual evite el ingreso de partículas y objetos, se observaron las paredes internas sucias y acumulaciones de sedimentos en el fondo. Estas situaciones permiten que el cloro libre residual reaccione con la materia orgánica y favorezca la perdida de cloro residual por consumo, la ausencia de la tapa además no proteger de la entrada de objetos extraños, en algunos de los tanques observados provoca la evaporación por acción de los rayos solares, haciendo que el agua quede sin poder de desinfección contra la contaminación microbiológica.

Las imágenes mostradas en el punto 6.2.2 y que fueron tomadas durante la ejecución del proyecto muestran diferentes situaciones encontradas, las cuales son un agravante de la situación descrita anteriormente.

## **6.2. Parámetros microbiológicos.**

### **6.2.1. Problemática potencial de los resultados.**

En el presente trabajo se realizó un estudio microbiológico a diez tanques de un total de cincuenta en los que se constataron los bajos niveles de cloro presentes, lo cual elimina la capacidad de desinfección del agua una vez almacenada.

Los análisis efectuados por el Laboratorio de Análisis Clínicos y Microbiológicos Dra. Rosa M. Lo Pilato, mostraron unos niveles alarmantes en la mitad de las muestras

## **Diagnosis ambiental**

los resultados observados, calificaron el agua como no apta para el consumo humano; hallando niveles altísimos de Mesófilos Aeróbicos, Coliformes totales y presencia de *E. fecales* y *E. coli*.

La problemática principal se basa en su presencia y detección en el agua de consumo ya que una buena calidad de agua radica en su ausencia, pudiendo occasionar problemas de salud a los consumidores finales.

Los resultados marcan claramente presencia de contaminación fecal, los agentes patógenos presentes los cuales pueden causar des de una leve gastroenteritis hasta una severa y a veces diarrea con consecuencias fatales para el individuo infectado.

No todos los indicadores usados tienen la misma problemática asociada y por consiguiente son de igual importancia para la salud pública, el patógeno encontrado y que esta catalogado como agente de alto interés, ya que presenta un serio riesgo de enfermedad cada vez que esta presente en el agua potable es la *E. coli* detectada en cinco de los diez tanques que fueron analizados microbiológicamente.

### **6.2.2. Características de los tanques.**

En el estudio se tomaron muestras de diferentes tipologías constructivas de SAAP, en concreto fueron tomadas muestras de las 4 tipologías de tanques presentes en el área de estudio. Las provienen de tanques de nueva construcción de PRFV y metálicos, así como también reservorios más antiguos de obra y de fibrocemento, que se observan a continuación.

Durante la recogida de muestras tanto para los análisis de cloro como las posteriores microbiológicas se constataron diversas observaciones de estado de los tanques. En los casos siguientes se muestran diferentes situaciones encontradas, en estos tanques los resultados microbiológicos obtenidos reflejaron una mala calidad de agua para el consumo humano catalogándola como no apta. Se hallaron

## Diagnosis ambiental

las diferentes situaciones que afectan negativamente para garantir una buena calidad de agua.

Estas situaciones encontradas en la realización del estudio son agravantes y tienen relación directa con los resultados. La presencia de corrosión favorece la colonización de microorganismos (Galarraja, 1984), así como la ausencia de tapa adecuada, que permita el ingreso de partículas y objetos extraños en los depósitos de agua, la acumulación de sedimento en el fondo y paredes internas sucias con adherencias laterales. Las situaciones encontradas descritas permiten que el cloro libre residual reaccione con la materia orgánica y favorezca la perdida de cloro residual por consumo, esto sumado a la acción de los rayos solares en los tanques que se hallaron en ausencia de tapa, hace que el agua se quede sin poder de desinfección delante de una posible contaminación microbiológica.

- **La presencia de sedimentos en el fondo y adherencias laterales de los tanques.**

Imagen correspondiente al reservorio de fibrocemento situado en la Facultad de Derecho, donde se puede observar la acumulación de sedimentos en el fondo del mismo así como la evidente ausencia de tapa, hallándose la misma en el fondo del tanque.



**Imagen 7.** Interior reservorio Facultad de Derecho.

Fuente: Elaboración propia.

## Diagnosis ambiental

- **Ausencia o fisura en la tapa.**

Imagen 8 del tanque de la Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín, en ella se observa la fisura que presenta la tapa superior del tanque de fibrocemento.



**Imagen 8.** Tanque de la Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 2. de los tanques metálicos de la Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas, donde el tanque derecho esta desprovisto de tapa.



**Imagen 2.** Reservorios Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas de la U.N.R. Fuente: Elaboración propia.

## Diagnosis ambiental

- **Óxido debido a la corrosión de elementos internos.**

Interior tanque de obra perteneciente a la Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas de la U.N.R., donde se observa la corrosión presente en una de las escotillas laterales del tanque.



**Imagen 9.** Interior tanque Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.3. Problemática asociada de los microorganismos encontrados en la zona de estudio.

La potabilidad microbiológica de una agua de consumo debe abordarse des de la óptica de su ausencia total de microorganismos de cualquier tipo y especialmente de microorganismos patógenos (Marín, R., 2003).

Los resultados expuestos en el punto 5.3. reflejan claramente la importancia del problema detectado en los SAAP, debido a la presencia de *E. coli* y *Estreptococo fecales*, además de unos recuentos elevadísimos de Mesófilos Aerobios y Coliformes Totales, analizados individualmente en los puntos inferiores. El uso de estos indicadores de calidad microbiológica los valores de referencia de los cuales son impuestos por la Ley 18284 (Código Alimentario Argentino) sobre aguas,

## Diagnosis ambiental

muestran un elevado índice de contaminación de origen fecal en las aguas de consumo humano de los tanques analizados

### 6.2.3.1. Mesófilos aeróbicos.

El recuento efectuado donde se obtienen valores muy superiores a los valores aceptables de 500 por ml estipulados, en este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 22°C en 96 Hs o a 37°C en 48 Hs; el recuento estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. Este recuento es un reflejo de la calidad sanitaria del agua potable, pero se ha de tener en cuenta que un recuento bajo no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera que si se realiza un recuento elevado no significa la presencia de flora patógena.

Los resultados fuera de lo común se hallaron en los dos tanques analizados de la Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas de la U.N.R., en la Escuela Superior de Comercio de la U.N.R., Facultad de derecho de la U.N.R. y en la Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín.

Institución	Mesófilos aerobios	
	22 °C-96Hs	37 °C- 48Hs
<b>Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.</b>	2.700 UFC/ml	1.800 UFC/ml
<b>Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.</b>	150.000 UFC/ml	190.000 UFC/ml
<b>Escuela Superior de Comercio U.N.R.</b>	2.800 UFC/ml	2.500 UFC/ml
<b>Facultad de Derecho U.N.R.</b>	2.900 UFC/ml	3.800 UFC/ml
<b>Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín</b>	3.800 UFC/ml	4.400 UFC/ml

Tabla 7. Resultados Mesófilos aerobios. Fuente: Elaboración propia con los resultados del Lab. Dra. Rosa M. Lo Pilato

### 6.2.3.2. Coliformes totales.

Dos de los resultados obtenidos destacan enormemente sobre el resto, siendo los 210.000 NMP/100ml y los 15.000 NMP/100ml del tanque metálico de la Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas de la U.N.R. y la Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín, respectivamente.

Este grupo de microorganismos son los mejores indicadores de higiene en alimento y aguas, la presencia de estos indica presencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismos.

Institución	Coliformes totales
<b>Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.</b>	2.100 NMP/100ml
<b>Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.</b>	210.000 NMP/100ml
<b>Escuela Superior de Comercio U.N.R.</b>	150 NMP/ 100ml
<b>Facultad de Derecho U.N.R.</b>	280 NMP/ 100ml
<b>Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín</b>	15.000 NMP/100ml

Tabla 8. Resultados Coliformes totales. Fuente: Elaboración propia con los resultados del Lab. Dra. Rosa M. Lo Pilato

### 6.2.3.3. Estreptococo fecales.

Tres de los SAAP analizados dieron positivo en, la relevancia de su presencia en el agua de consumo radica en que es un indicio de contaminación fecal, la mayoría de las especies no proliferan en medios acuáticos. de especies son inocuas, pero existen algunas que son intrínsecamente patógenas.

## Diagnosis ambiental

Institución	Estreptococo fecales
<b>Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.</b>	Contiene
<b>Facultad de Derecho U.N.R.</b>	Contiene
<b>Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín</b>	Contiene

**Tabla 9.** Resultados Estreptococo fecales. Fuente: Fuente: Elaboración propia con los resultados del Lab. Dra. Rosa M. Lo Pilato

### 6.2.3.4. *Escherichia coli*.

Su presencia fue detectada en el 50% de los tanques muestreados microbiológicamente, estos resultados reflejan clara presencia de contaminación de origen fecal y además de una muy pobre calidad de agua potable, ya que una buena calidad de agua potable se aborda des de su ausencia en los sistemas de agua potable.

*E. coli* es un habitante común del intestino, y la mayoría de la cepas no son patógenas, sin embargo, distintos subtipos son capaces de causar enfermedades gastrointestinales de distinta consideración. La transmisión de cepas patógenas de *E. coli* por medio de aguas de consumo y recreativas está bien documentada.

Institución	<i>E. coli</i>
<b>Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.</b>	Contiene
<b>Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.</b>	Contiene
<b>Escuela Superior de Comercio U.N.R.</b>	Contiene
<b>Facultad de Derecho U.N.R.</b>	Contiene
<b>Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín</b>	Contiene

**Tabla 10.** Resultados *E. coli*. Fuente: Fuente: Elaboración propia con los resultados del Lab. Dra. Rosa M. Lo Pilato

## **Diagnosis ambiental**

- 80** Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable. Estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina

## **7. Conclusiones.**



## Conclusiones

Este trabajo es un primer estudio de situación y pretendió realizar una primera aproximación sobre la situación actual en la ciudad de Rosario sobre el análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable.

Los datos obtenidos en la realización del estudio demuestran que existe una problemática asociada a la calidad microbiológica de las aguas potables. Los valores reflejan claramente unos niveles alarmantes y certifican la contaminación de origen fecal en el 50% de los tanques analizados microbiológicamente.

También muestran la necesidad de garantizar y controlar, además de establecer un valor de referencia legislado para el mínimo de cloro libre residual que debe contener un reservorio de agua domiciliario, ya que la en la actualidad existe un vacío donde se estipula que una vez el agua esta almacenada en el reservorio dicha calidad es responsabilidad del consumidor final. Es por ello necesario elaborar unas medidas de gestión y información para los usuarios a fin de que dispongan del mayor conocimiento posible y realicen un correcto mantenimiento de los reservorios. Ya que el poco mantenimiento y limpieza que se le da a las instalaciones, así como el estancamiento del agua en los mismos, puede ser uno de los factores del consumo total del desinfectante residual y en ocasiones, inducir a recontaminaciones del agua con proliferaciones de algunos microorganismos.

Se constató la gran influencia que tienen el estado de mantenimiento y saneamiento de los tanques muestrados con los resultados obtenidos posteriormente, reflejando que los tanques muestrados con peor mantenimiento y estado de conservación obtuvieron los peores resultados de calidad.

Aún así con los datos recapitulados en la elaboración del estudio es imposible conocer la procedencia y origen de la contaminación microbiológica presente en los diferentes SAAP

Puede que sea un hecho excepcional haber encontrado unos valores tan elevados tanto el recuento de Mesófilos aerobios como de coliformes totales así como la presencia de *E. coli* y *Estreptococos fecales*, por consiguiente seria conveniente,

## Conclusiones

una vez lavados y descontaminados los tanques realizar un monitoreo continuo en el tiempo así como un correcto mantenimiento de higiene de las instalaciones a fin de garantizar al máximo la calidad microbiológica del agua destinada al consumo. A su vez y tal como esta proyectado ampliar el ámbito de estudio y intentar indagar en las fuentes causantes de dichas contaminaciones son factores de vital importancia para abordar la problemática detectada en la ciudad de Rosario.

Por consiguiente y ante la realidad encontrada, el indicador E. coli presente en las cinco muestras en que el agua fue catalogada como no apta para el consumo humano, es la que supone una mayor amenaza des del punto de vista epidemiológico. Ya que la transmisión de cepas patógenas por medio del agua de consumo esta bien documentada y supone un factor de alto riesgo para el consumidor.

Con los datos obtenidos es imposible conocer si la situación encontrada en cinco de los diez tanques muestreados microbiológicamente de un total de cincuenta tanques pertenecientes al estudio de niveles de cloro, fue un hecho puntual, y no un reflejo de la real de la situación de la calidad microbiológica de la ciudad.

A fin de mejorar la calidad del agua potable y indagar mas profundamente en la problemática encontrada se proponen una serie de medidas de gestión incluidas en la elaboración de un Plan de Seguridad del Agua. El objetivo es conocer los causantes y agravantes, para poder enfrentarse con el mayor conocimiento y los recursos posibles a dicha problemática encontrada en el agua potable.

## **8. Propuestas de mejora.**



## 8.1. Elaboración de un Plan de Seguridad del Agua.

Con la finalidad garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua la mejor medida de gestión a efectuar es la elaboración por parte de la Municipalidad de Rosario de un Plan de Seguridad del Agua.

Des del presente estudio realizado se realizo una aproximación a la realidad, y visto los resultados obtenidos es de absoluta prioridad elaborar un Plan de Seguridad del agua para abordar la problemática de la calidad del agua de consumo.

Esta es la forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad en un sistema de abastecimiento de agua de consumo, aplicando un planteamiento integral de evaluación de los riesgos y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, des del punto de captación hasta su distribución al consumidor y posterior almacenamiento.

Un PSA comprenden tres componentes fundamentales, guiados por metas de protección de la salud y supervisados mediante la vigilancia del abastecimiento de agua de consumo.

- Una descripción y evaluación del sistema para determinar si la cadena de abastecimiento de agua de consumo en su conjunto puede proporcionar agua cuya calidad cumpla las metas de protección de la salud.
- Determinación de las medidas que, de forma colectiva, controlarán los riesgos identificados en un sistema de abastecimiento de agua de consumo y garantizarán el cumplimiento de las metas.
- Planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse durante el funcionamiento normas y cuando se produzcan incidentes, y que documenten los planes de evaluación, monitoreo y comunicación del sistema, así como los programas complementarios.

## 8.2. Folleto informativo para la población de la praxis para la limpieza de los tanques.

A fin de concienciar a los usuarios del sistema y prevenir contaminaciones microbiológicas en los reservorios se ha elaborado un folleto, donde se informa de los pasos a seguir para efectuar una correcta desinfección y limpieza del reservorio de agua domiciliario.

**Consideraciones**

Garantir la calidad del agua durante su almacenamiento es su responsabilidad.

La responsabilidad del distribuidor llega hasta la llave maestra de su domicilio.

Es necesario y recomendable:

- Lavar el tanque según el protocolo mostrado cada 6 meses.
- Mantener un buen estado de conservación de los elementos del tanque:
- Substituir elementos corroídos.
- Asegurarse de la presencia de tapa para evitar el ingreso de cuerpos extraños.
- Ante la acumulación de sedimentos lavar con más frecuencia.

**Situaciones a evitar:**

- Corrosión elementos Internos
- Ausencia de tapa
- Ausencia de tapa con acumulación de sedimentos
- Fisura en la tapa

**Mantenimiento del tanque domiciliario**

Treball fi de grau  
Ciències ambientals  
Universitat Autònoma de  
Barcelona

Armengol.r@gmail.com

## Instrucciones de lavado del tanque

Cerrar la llave de ingreso de agua al tanque, a continuación cierre la válvula del colector (cañería de distribución interna) y abra la válvula de limpieza hasta quedar un fondo con agua de 15cm aproximadamente, sin agitar ese resto ni la suciedad que contiene

Limpie el fondo, las paredes y la tapa del tanque con la ayuda de un cepillo o escoba de plástico. Sólo use agua, NUNCA USE un cepillo de metal ni ningún elemento como detergente, jabón, polvo limpiador, etc.

Vacie el tanque completamente y enjuague varias veces. Elimine los residuos por la válvula de desague, No por la cañería de distribución.

\*Se recomienda limpiar su tanque cada seis meses de promedio

Llene el tanque y póngalo en servicio. RECUERDE que su tanque debe estar provisto de una tapa con cierre de manera que no permita que ingresen elementos contaminantes.

Una vez lleno el tanque, deje actuar como mínimo durante 3 horas. Elimine el agua por la válvula del colector (cañería de distribución interna) y vuelva nuevamente llenar y vuelva nuevamente a llenar y vaciar el tanque hasta eliminar el exceso de cloro, de manera que se efectúe el lavado y desinfección del mismo.

Llene el tanque hasta la mitad con agua. Agregue por cada 1000 litros de agua 2 litros de lavandaña concentrada o 1 litro de hipoclorito de sodio, a medida que se llene el resto del tanque



## Propuestas de mejora

- 90** Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable. Estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina

## **9. Referencias y bibliografía consultada.**



## Referencias y bibliografía

### Libros:

- AINSWORTH, R. (2004). "Safe pipped water: managing microbial water quality in pipped distribution systems." Ed. WHO
- ANTOLA, M.; ANTONELLO, H.; BURGUÉS, L.; FERNÁNDEZ, A.; FRAGA, H.; HAYES, (1993) Microbiología e Higiene de los Alimentos. Ed Acribia, Zaragoza, España.
- HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, P. (2008) *Metodología de la investigación*. 4<sup>a</sup> edición. México. Ed. McGraw-Hill
- HERNÁNDEZ, A.; GIL DE MIGUEL, A.; DELGADO, M.; BOLUMAR, F.; (2005). *Manual de Epidemiología y Salud Pública. En ciencias de la salud*. Madrid. Ed. Médica Panamericana.
- LATTUCA, F.; PARENT, H.; PEÑA, H.; PERALTA, E.; POSTMA, J.; RACCA, J.M.; RUIZ, R.; URBANO, E.; VICIOSO, B. (2006). *Tomo 3: Paisaje: suelo y clima*. Rosario. Ed. Fundación UNR.
- LIGHTFOOT, N.F.; MAIER, E.A. (1998). *Análisis microbiológico de alimentos y aguas. Directrices para el aseguramiento de la calidad*. Amsterdam. Ed. Elsevier Science B.V.
- MARÍN GALVÍN, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. Madrid. Ed. Díaz de Santos S.A.
- Quadri, N. P. *Instalaciones sanitarias*. Buenos Aires. Ed. Cesarini.
- MILLIPORE (2005) Análisis Microbiológicos, Madrid
- O.M.S. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Genève. Ed. OMS.
- O.M.S. (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Ginebra. Ed. O.M.S.
- RICARDO TORO, D. (2005) *Manual para la introducción al laboratorio de microbiología*. Manizales, Colombia. Ed. Universidad de Caldas
- WAGNER DE SOUSA, G. (2006). *Gestión en Salud. En defensa de la vida*. Buenos Aires. Ed. Lugar Editorial.
- WHO (2004) Safe Pipped Water. Geneva, Switzerland.
- WHO ( 2014). Water Safety in Distribution Systems. Geneva, Switzerland.
- WHO (2011) Guidelines for Drinking Water Quality. Geneva, Switzerland.
- CZERESNIA, D.; MACHADO, C. (2006). *Promoción de la Salud. Conceptos, reflexiones, tendencias*. Buenos Aires. Ed. Lugar Editorial

## Referencias y bibliografía

### Trabajos:

- AUGE, M.; (2007). Agua potable y saneamiento en Argentina. Trabajo de investigación. UBA. (ejemplar electrónico).
- USEPA (1992). Control of Biofilm Growth in Drinking Water Distribution Systems EPA/625/R-92/001/ Office and Research and Development, Washington
- USEPA (1999). Folleto informativo de tecnología de aguas Residuales. Desinfección con cloro. EPA/832-F-99-062. Washington.
- USEPA (2002). Potential Contamination Due to Cross-Connections and Backflow and the associated Health Risks. EPA's Office Ground Water and Drinking Water.

### Artículos:

- ALLEN,M. GELDEREICH,E. & TAYLOR,R. (1979). The occurrence of microorganisms on water main encrustaceans. Proceedings of the Water Quality Technology Conference, Philadelphia, PA. American Water Works Association, Denver, CO.
- AJUM, D.S.; ALONSO, D.; BONETTO, G.; CONTENTO, L.B.; HERMIDA LUCENA, CONTENTO, L. B. (2008). "Incorporación del control del plancton en normas de calidad de agua potable proveniente de fuentes superficiales". *Ambiental*. N° 8. p. 125-134.
- CONTENTO, L. B. (2010). "Gestión del agua y salud pública. Aspectos microbiológicos". *Ambiental*. N° 9. p. 149-156.
- CONTENTO, L. B. (2012). "Problemática ambiental y sanitaria vinculada con el déficit en la recolección y tratamiento de los líquidos cloacales". *Ambiental*. N° 10. p. 147-156.
- CROSA, J.H.,(1980). Plasmidos y su importancia en medicina, Portland, Oregon USA. Revista Medicina N°40, pag 879-889.
- GALARAGA, E. (1984) Algunos Aspectos relacionados con microorganismos en agua potable. Revista Politécnica de información técnica científica. p. 135-143.
- GOMES, M., PEÑA,P. VASQUEZ,M. (1999) Determinación y diferenciación E. coli y Coliformes Totales usando substrato cromógeno. Lab Central Aquagests, Galicia, España.
- MANAFI (1998). New approaches for the detection of indicators in particular enzyme detection methods.

## Referencias y bibliografía

- M.M.; LAMAS, C.; SKINDZIER, N.; TRÍA, M.E.; (2008). "Un aporte al estudio diagnóstico de la contaminación por vertidos cloacales en los balnearios públicos de la zona norte de Rosario". *Ambiental*. N° 8. p. 99-124.
- HERMIDA LUCENA, M.M.; WILLIAMS, E.A.; WILLIAMS, E.M.; YEATES, D.(2013). "Procesos Salud-Enfermedad-Atención y derechos humanos". *Derechos humanos un compromiso de la universidad*. Tomo 2. p.253-283.
- KNOBELSDORF & MUJERIEGO (1997). Crecimiento Bacteriano en las Redes de Distribución de Agua Potable: Una Revisión Bibliográfica. *Ingeniería del Agua*. 4: 17-28.
- MOYA, M.E. (2012). "El agua: ¿Es un derecho de todos?". *Ambiental*. N° 10. p. 67-77.
- RIDGWAY,H.& OLSON,B. (1981). Scanning electron microscope evidence for bacterial colonization of a drinking water distribution system. *Appl. Environ Microbiol*. 41:274-287.
- TORRES, Y., (1991) Resistencia de *Pseudomonas aeruginosa* al Cloro libre residual. *Revista AINSA*. 11(1): 21-25
- TOUVINEN,O., BUTTON,K. VOURINEN, A., CARSON,L., MAIR, D.,& YUT, L. (1980) Bacterial, chemical and mineralogical characteristics of tubercles in distribution pipelines. *J. AWWA*. 72: 625-635
- VAN DER KOOIJ (1992). Assimilable organic carbón as an indicator of bacterial regrowth. *J.AWWA*. 84: 57-65

## Referencias y bibliografía

- 96** Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable. Estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina

## **10. Acrónimos.**



## Acronimos

**CAA:** Código Alimentario Argentino.

**CLR:** Cloro Libre Residual.

**ECAD:** *Escherichia coli* de adherencia difusa

**ECEA:** *Escherichia coli* enteroagregativa

**ECEH:** *Escherichia coli* enterohemorrágica

**ECEI:** *Escherichia coli* enteroinvasivo

**ECEP:** *Escherichia coli* enteropatógena

**ECET:** *Escherichia coli* enterotoxigénico

**FOR:** Facultad Odontología de Rosario

**GEI:** Gases de Efecto Invernadero

**ICA:** Índice Calidad del Agua

**ICAO:** International Civil Aviation Organization

**LT:** Heat-Labile Exotoxin

**NMP:** Número Más Probable

**OCCC:** Oficina Catalana Canvi Climàtic

**PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

**PRFV:** Plásticos termoestables Reforzados con Fibra de Vidrio

**PSA:** Plan de Seguridad del Agua

**REP:** Recuento Estándar en Placas

**SAAP:** Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable

**SHO:** Síndrome Hemolítico Diurético

**ST:** Heat-Stable Enterotoxin

**THM:** Trihalometanos

**UFC:** Unidades Formadoras de Colonias

**UNR:** Universidad Nacional de Rosario

**USEPA:** United States Environmental Protection Agency

**WHO:** World Health Organization



## **11. Presupuesto.**



## Presupuesto

Categoría	Concepto	Unidades	Precio unitario	Subtotal	Total
Recursos humanos	Trabajo de campo	50 horas	15€/h	750€	
	Redacción i tratamiento de datos	400 horas	10€/h	4000€	
Total recursos humanos					4.750€
Transporte	Vehículo privado (diesel)	3240 km	0,129€/km	417,96€	
	Barcelona- Rosario	1 Pasaje avión c.económica	1057,17€	1057,17€	
	Buenos Aires- Barcelona	1 Pasaje avión c.económica	721,04€	721,04€	
Total transporte					2.196,17€
Otros	Gastos alojamiento (luz, agua, gas y electricidad)			250€	
					Total alojamiento 250€
Recursos materiales	Kit cloro	1	50€ kit para 50 determinaciones	50€	
	Análisis microbiológico	10	20€/análisis	200€	
	Impresión y encuadernación	3	58'3€/dosier	175€	
	CD's	6	1€/CD	6€	
Total material no inventariable					431€
					TOTAL 10.432,48€
Costes fijos (20% coste base del proyecto)					+ 2086,49€
					TOTAL 12.518,97€
IVA (21%)					+ 2.628,98€
					TOTAL 15.147,95 €



## 12. Programación.



## Programación

A continuación se detalla la programación mediante un diagrama de Gantt, donde las actividades están asociadas a cada uno de los objetivos y subobjetivos, con su programación en el tiempo.

Objetivo	Actividad	Descripción	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
		Obtención de datos Barrio la Esperanza						
	A1	Elaboración encuesta en el Barrio la Esperanza						
	A2	Discusión resultados encuesta						
		Ampliación del universo de estudio						
	A3	Selección puntos de muestreo cloro						
	A4	Obtención de permisos para toma de muestras						
	A5	Toma de muestras cloro						
	A6	Discusión resultados obtenidos de los niveles de desinfectante residual						
	A7	Selección puntos muestreo microbiológicos						
	A8	Toma de muestras microbiológicas						
1		Conocer el estado actual de los SAAP						
2		Analizar los niveles de desinfectante residual presente en los SAAP						
3		Analizar los patrones de distribución de las diferentes especies de microorganismos						
	O 3.1	Determinar los factores que influyen en la proliferación o entrada de microorganismos en los SAAP						
	O 3.2	Estudiar su distribución						
	O 3.3	Realizar un diagnóstico del estado de los SAAP						
	O 3.4	Analizar los niveles de contaminación en cada uno de los tanques seleccionados para el estudio microbiológico						
4		Analizar la presencia de las diferentes especies de microorganismos en el ámbito de estudio						
	O 4.1	La abundancia de las especies de patógenos presentes						
	O 4.2	Su distribución según el estado i tipología de reservorio						
5		Cuantificar la problemática y establecer medidas de gestión						
	O 5.1	Evaluar si existen riesgos de transmisión de enfermedades hídricas						
	O 5.2	Diseñar Manual de Procedimientos						
		Investigación bibliográfica						
		Trabajo de campo						
		Realización encuestas						
		Obtención permisos en centros educativos i domiciliarios						
		Recolección muestras cloro						
		Recolección muestras microbiológicas						

Tabla 12. Programación actividades del proyecto. Fuente: elaboración propia.

## Programación

Actividad	Descripción	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
DP01	Entrega DP01: título, índice, objetivos, metodología i programación						
DP02	Entrega DP02: antecedentes i bibliografía						
DP03	Entrega DP03: inventario (datos i resultados)						
DP04	Entrega DP04: diagnosis ambiental i discusión de los resultados						
DP05	Entrega DP05: Conclusiones i propuestas de mejora						
DP06	Entrega DP06: artículo científico						
Correcciones	Correcciones en la documentación						
Presupuesto	Elaboración del presupuesto del proyecto						
Huella de carbono	Huella de carbono asociada a la elaboración del proyecto						
Entrega final	Entrega del documento final						
Defensa	Defensa del TFG						

Tabla 13. Programación entregas documentos formales. Fuente: elaboración propia.

## 13. Huella carbono



## **Huella de carbono**

El cálculo de la huella de carbono asociada a la elaboración del proyecto estima la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), mesurado en emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes, derivadas del transporte utilizado y consumo eléctrico efectuado en la elaboración. Se han calculado las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes de las principales actividades del trabajo provenientes del transporte, consumo de energía eléctrica y consumo de papel.

El transporte es donde se concentran la mayoría de las emisiones. En total se realizaron 21.240 km en avión, en los trayectos Barcelona-Buenos Aires ida y vuelta, y Buenos Aires-Rosario ida. Para el cálculo de los kg de CO<sub>2</sub> liberados se usó la calculadora de emisiones de carbono de la International Civil Aviation Organization (ICAO), dando un resultado final de 1777,38kg de CO<sub>2</sub> derivados de los desplazamientos efectuados en avión.

En vehículo privado se realizaron 350 km por Rosario i unos 3240 km para asistir a las clases los jueves por la tarde El Poal – Bellaterra – El Poal. Los desplazamientos se realizaron con vehículo diesel, los kg de CO<sub>2</sub> liberados por litro de carburante según la Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC) es de 2,61kg de CO<sub>2</sub>/l de gasoil. Con un consumo medio de 5,5l/100km, se emplearon 178,2 l de gasoil en los desplazamientos en vehículo privado generando un total de 465,1kg de CO<sub>2</sub> emitidos y representando el 99,96% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> para la realización del trabajo.

Las emisiones derivadas del consumo eléctrico representado el 0,04% del total, se ha hecho una estimación de las hora de uso de la computadora de 205 W durante 400h , una luz de 11W durante 250h y el consumo generado en la impresión del proyecto 375W durante 2h 30'. Se a considerado la equivalencia de 0,267 kg CO<sub>2</sub>/KWh de la OCCC, dando los siguientes resultados 21,9kg CO<sub>2</sub>, 0,59kg CO<sub>2</sub> y 0,25kg CO<sub>2</sub> derivados respectivamente de la computadora, luz y impresora.

El total estimado de emisiones generadas para la realización del proyecto es de 2265,22kg de CO<sub>2</sub>, siendo el transporte aéreo la actividad más agravante representando casi el 80% de las emisiones generadas.

## Huella de carbono

	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Consumo</b>	<b>Factores emisión</b>	<b>Emisiones (kg CO<sub>2</sub>)</b>
Transporte	Avión	20.240km		851,06kg CO <sub>2</sub> /pasajero	1777,38
	Vehículo privado	3240km	178,2l gasoil	2,61kg CO <sub>2</sub> /l	465,1
Electricidad	Computadora	400h	0,205kw	0,267kg CO <sub>2</sub> /kwh	21,9
	Iluminación	200h	0,01kw	0,267kg CO <sub>2</sub> /kwh	0,59
	Impresión	2h 30'	0,375kw	0,267kg CO <sub>2</sub> /kwh	0,25
<b>TOTAL</b>					<b>2265,22</b>

**Tabla 13.** Calculo Kg de CO<sub>2</sub>. Fuente: elaboración propia.





## **ANNEXO 1**

### **RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**



## ANNEXO 1

Paciente: CORDOBA 2635 Prot.: A0012370 Ficha: 05891 Hoja: 02

\* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

MESOFILOS AEROBICOS.....

Metodo a 22°C - 96 Hs: 3800 por ml  
 Metodo a 37°C - 48 Hs: 4400 por ml  
 VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml

COLIFORMES TOTALES.....: 15000 NMP/100ml HASTA 3/100

ESTREPTOCOCO FECALES.....: Contiene /100ml  
 NO DEBE CONTENER/100 ml

ESCHERICHIA COLI.....: Contiene /100ml  
 NO DEBE CONTENER/ 100 ml

PSEUDOMONAS.....: No contiene NO DEBE CONTENER/100 ml

OBTENCION DE LA MUESTRA.....: Agua de ?

INTERPRETACION:.....: NO APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIOS REALIZADOS

Dra. Rosa M. Lo Pilato  
 Bioquímica - Mat. 1335

**RL**

LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS Y MICROBIOLÓGICOS

DRA. ROSA M. LO PILATO

BIOQUÍMICA - MAT. 1335

Atención Personalizada con Alta Tecnología

\*\*\*\*\*

Paciente : CORDOBA 2635 N° A0012370  
 Solicita : Dr/a. Fecha: 12/12/14  
 O. Social: PARTICULAR Hoja: 01

\*\*\*\*\*

**PEEC**  
 Programa de Evaluación Externa de Calidad

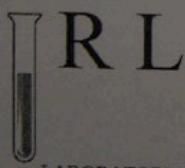
Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

PROVINCIAS UNIDAS 673 ZUVIRÍA 6520  
 TEL. 457-0187 TEL. 458-2384  
 labounidas@gmail.com

## ANNEXO 1

Paciente: PEDRO CRISTIA N 8043 Prot.: A0012374 Ficha: 05895 Hoja: 02  
\* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA  
MESOFILOS AEROBICOS.....  
Metodo a 22°C - 96 Hs: 35 por ml  
Metodo a 37°C - 48 Hs: 42 por ml  
VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml  
COLIFORMES TOTALES.....: Menos de 3 NMP/100ml HASTA 3/100  
ESTREPTOCOCO FETALES.....: No contiene /100ml NO DEBE CONTENER/100 ml  
ESCHERICHIA COLI.....: No contiene /100ml NO DEBE CONTENER/ 100 ml  
PSEUDOMONAS.....: No contiene NO DEBE CONTENER/100 ml  
OBTENCION DE LA MUESTRA.....: Agua de  
INTERPRETACION:.....: APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIO REALIZADO

Dra. Rosa M. Lo Pilato  
Bioquímica - Mat. 1335



LABORATORIO DE ANÁLISIS  
CLÍNICOS Y MICROBIOLÓGICOS

DRA. ROSA M. LO PILATO  
BIOQUÍMICA - MAT. 1335

Atención Personalizada con Alta Tecnología

Paciente : PEDRO CRISTIA N 8043  
Solicita : Dr/a.  
O. Social: PARTICULAR

Nº A0012374  
Fecha: 12/12/14  
Hoja: 01



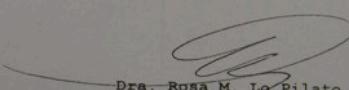
Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa  
de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

PROVINCIAS UNIDAS 673  
TEL. 457-0187  
labounidas@gmail.com

ZUVIRÍA 6520  
TEL. 458-2384

## ANNEXO 1

Paciente: CARRASCO Richieri 350	Prot.: A0012369 Ficha: 05890 Hoja: 02
* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA	
MESOFILOS AEROBICOS.....	
Metodo a 22°C - 96 Hs: 58 por ml	
Metodo a 37°C - 48 HS: 55 por ml	
VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml	
COLIFORMES TOTALES.....: Menos de 3	NMP/100ml HASTA 3/100
ESTREPTOCOCO FETALES.....: No contiene	/100ml NO DEBE CONTENER/100 ml
ESCHERICHIA COLI.....: No contiene	/100ml NO DEBE CONTENER/ 100 ml
PSEUDOMONAS.....: No contiene	NO DEBE CONTENER/100 ml
OBTENCION DE LA MUESTRA.....: Agua de ?	
INTERPRETACION:.....: APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIO REALIZADO	

  
Dra. Rosa M. Lo Pilato  
Bioquímica - Mat. 1335

**RL**  
TEST TUBE icon  
LABORATORIO

LABORATORIO DE ANÁLISIS  
CLÍNICOS Y MICROBIOLÓGICOS  
DRA. ROSA M. LO PILATO  
BIOQUÍMICA - MAT. 1335  
*Atención Personalizada con Alta Tecnología*

\*\*\*\*\*  
Paciente : CARRASCO Richieri 350 N° A0012369  
Solicita : Dr/a. Fecha: 12/12/14  
O. Social: PARTICULAR Hoja: 01  
\*\*\*\*\*

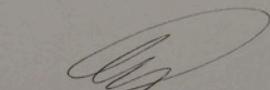
**PEEC**  
Programa de Evaluación  
Externa de Calidad

Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa  
de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

PROVINCIAS UNIDAS 673 ZUVIRÍA 6520  
TEL. 457-0187 TEL. 458-2384  
labounidas@gmail.com

## ANNEXO 1

Paciente: FACULTAD DE ODONTOLOGIA	Prot.: A0012366 Ficha: 05887 Hoja: 02
* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA	
MESOFILOS AEROBICOS.....	
Metodo a 22°C - 96 hs: 15 por ml	
Metodo a 37°C - 48 hs: 23 por ml	
VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml	
COLIFORMES TOTALES.....: Menos de 3	NMP/100ml HASTA 3/100
ESTREPTOCOCO FEALES.....: No contiene	/100ml NO DEBE CONTENER/100 ml
ESCHERICHIA COLI.....: No contiene	/100ml NO DEBE CONTENER/ 100 ml
PSEUDOMONAS.....: No contiene	NO DEBE CONTENER/100 ml
OBTENCION DE LA MUESTRA.....: Agua de /	
INTERPRETACION:.....: APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIO REALIZADO	

  
Dra. Rosa M. Lo Pilato  
Bioquímica - Mat. 1335

**RL**  
LABORATORIO

LABORATORIO DE ANÁLISIS  
CLÍNICOS Y MICROBIOLÓGICOS  
DRA. ROSA M. LO PILATO  
BIOQUÍMICA - MAT. 1335  
*Atención Personalizada con Alta Tecnología*

\*\*\*\*\*  
Paciente : FACULTAD DE ODONTOLOGIA N° A0012366  
Solicita : Dr/a. Fecha: 12/12/14  
O. Social: PARTICULAR Hoja: 01  
\*\*\*\*\*

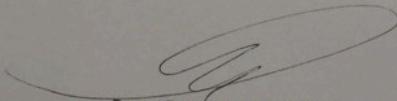
**PEEC**  
Programa de Evaluación  
Externa de Calidad

Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa  
de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

PROVINCIAS UNIDAS 673 ZUVIRÍA 6520  
TEL. 457-0187 TEL. 458-2384  
labounidas@gmail.com

## ANNEXO 1

Paciente: SUPERIOR DE COMERCIO	Prot.: A0012368	Ficha: 05889	Hoja: 02
* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
MESOFILOS AEROBICOS.....			
Metodo a 22°C - 96 Hs: 2800 por ml			
Metodo a 37°C - 48 Hs: 2500 por ml			
VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml			
COLIFORMES TOTALES.....: 150	NMP/100ml	HASTA 3/100	
ESTREPTOCOCO FECALES.....: No contiene	/100ml	NO DEBE CONTENER/100 ml	
ESCHERICHIA COLI.....: Contiene	/100ml	NO DEBE CONTENER/ 100 ml	
PSEUDOMONAS.....: No contiene	NO DEBE CONTENER/100 ml		
OBTENCION DE LA MUESTRA.....: Agua de ?			
INTERPRETACION:.....:	NO APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIOS REALIZADOS		

  
Dra. Rosa M. Lo Pilato  
Bioquímica - Mat. 1335

**RL**  
LABORATORIO *Atención Personalizada con Alta Tecnología*

\*\*\*\*\*  
Paciente : SUPERIOR DE COMERCIO  
Solicita : Dr.a.  
O. Social: PARTICULAR  
\*\*\*\*\* N° A0012368  
\*\*\*\*\* Fecha: 12/12/14  
\*\*\*\*\* Hoja: 01

**PEEC**  
Programa de Evaluación  
Externa de Calidad

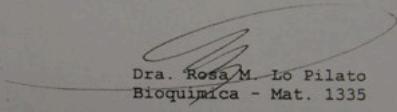
Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa  
de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

PROVINCIAS UNIDAS 673  
TEL. 457-0187  
labounidas@gmail.com

ZUVIRÍA 6520  
TEL. 458-2384

## ANNEXO 1

Paciente: Fac. Cs ECONOMICAS t.cemento	Prot.: A0012367	Ficha: 05888	Hoja: 02
* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
MESOFILOS AEROBICOS.....			
Metodo a 22°C - 96 Hs: 2700 por ml			
Metodo a 37°C - 48 Hs: 1800 por ml			
VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml			
COLIFORMES TOTALES.....: 2100	NMP/100ml	HASTA 3/100	
ESTREPTOCOCO FECALES.....: Contiene	/100ml	NO DEBE CONTENER/100 ml	
ESCHERICHIA COLI.....: Contiene	/100ml	NO DEBE CONTENER/ 100 ml	
PSEUDOMONAS.....: No contiene	NO DEBE CONTENER/100 ml		
OBTENCION DE LA MUESTRA.....: Agua de tanque			
INTERPRETACION:.....:	NO APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIOS REALIZADOS		

  
Dra. Rosa M. Lo Pilato  
Bioquímica - Mat. 1335

**RL**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS  
CLÍNICOS Y MICROBIOLÓGICOS  
DRA. ROSA M. LO PILATO  
BIOQUÍMICA - MAT. 1335  
Atención Personalizada con Alta Tecnología

\*\*\*\*\*  
Paciente : Fac. Cs ECONOMICAS t.cemento  
Solicita : Dr/a.  
O. Social: PARTICULAR  
\*\*\*\*\*  
Nº A0012367  
Fecha: 12/12/14  
Hoja: 01

**PEEC**  
Programa de Evaluación  
Externa de Calidad

Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa  
de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

PROVINCIAS UNIDAS 673  
TEL. 457-0187  
labounidas@gmail.com

ZUVIRÍA 6520  
TEL. 458-2384

## ANNEXO 1

Paciente: <b>FACULTAD DE DERECHO</b>	Prot.: <b>A0012373</b> Ficha: <b>05894</b> Hoja: <b>02</b>
* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA	
MESOFILOS AEROBICOS.....	
Método a 22°C - 96 Hs: 2900 por ml	
Método a 37°C - 48 Hs: 3800 por ml	
VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml	
COLIFORMES TOTALES.....: <b>280</b>	NMP/100ml      HASTA 3/100
ESTREPTOCOCO FECALES.....: <b>Contiene</b>	/100ml
NO DEBE CONTENER/100 ml	
ESCHERICHIA COLI.....: <b>Contiene</b>	/100ml
NO DEBE CONTENER/ 100 ml	
PSEUDOMONAS.....: <b>No contiene</b>	NO DEBE CONTENER/100 ml
OBTENCIÓN DE LA MUESTRA.....: Agua de	
INTERPRETACIÓN:.....	
NO APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIOS REALIZADOS	

*[Signature]*  
Dra. Rosa M. Lo Pilato  
Bioquímica - Mat. 1335

**RL**  
LABORATORIO

LABORATORIO DE ANÁLISIS  
CLÍNICOS Y MICROBIOLÓGICOS

DRA. ROSA M. LO PILATO  
BIOQUÍMICA - MAT. 1335

*Atención Personalizada con Alta Tecnología*

\*\*\*\*\*  
Paciente : **FACULTAD DE DERECHO**  
Solicita : **Dr/a.**  
O. Social: **PARTICULAR**  
\*\*\*\*\*  
Nº **A0012373**  
Fecha: **12/12/14**  
Hoja: **01**  
\*\*\*\*\*

**PEEC**  
Programa de Evaluación  
Externa de Calidad

Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa  
de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

PROVINCIAS UNIDAS 673  
TEL. 457-0187  
labounidas@gmail.com

ZUVIRÍA 6520  
TEL. 458-2384

## ANNEXO 1

Paciente: FAC. ENFERMERIA Prot.: A0012372 Ficha: 05893 Hoja: 02  
 \* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

MESOFILOS AERÓBICOS.....

Metodo a 22°C - 96 Hs: 83 por ml  
 Metodo a 37°C - 48 Hs: 71 por ml  
 VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml

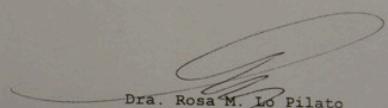
COLIFORMES TOTALES.....: Menos de 3 NMP/100ml HASTA 3/100

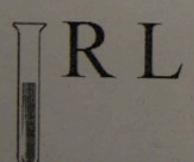
ESTREPTOCOCO FECALES.....: No contiene /100ml  
 NO DEBE CONTENER/100 ml

ESCHERICHIA COLI.....: No contiene /100ml  
 NO DEBE CONTENER/ 100 ml

PSEUDOMONAS.....: No contiene NO DEBE CONTENER/100 ml

OBTENCIÓN DE LA MUESTRA.....: Agua de  
 INTERPRETACIÓN:.....: APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIO REALIZADO

  
 Dra. Rosa M. Lo Pilato  
 Bioquímica - Mat. 1335

  
 R L  
 LABORATORIO

LABORATORIO DE ANÁLISIS  
 CLÍNICOS Y MICROBIOLÓGICOS  
 DRA. ROSA M. LO PILATO  
 BIOQUÍMICA - MAT. 1335  
 Atención Personalizada con Alta Tecnología

\*\*\*\*\*  
 Paciente : FAC. ENFERMERIA N° A0012372  
 Solicita : Dr/a. Fecha: 12/12/14  
 O. Social: PARTICULAR Hoja: 01  
 \*\*\*\*\*

  
**PEEC**  
 Programa de Evaluación  
 Externa de Calidad

Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa  
 de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

PROVINCIAS UNIDAS 673 ZUVIRÍA 6520  
 TEL. 457-0187 TEL. 458-2384  
 labounidas@gmail.com

## ANNEXO 1

Paciente: Fac. Cs. ECONOMICAS T metalico Prot.: A0012371 Ficha: 05892 Hoja: 02

\* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

MESOFILOS AEROBICOS.....

Metodo a 22°C - 96 Hs: 150000 por ml

Metodo a 37°C - 48 Hs: 190000 por ml

VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml

COLIFORMES TOTALES.....: 210000

NMP/100ml

HASTA 3/100

ESTREPTOCOCO FETALES.....: No contiene

/100ml

NO DEBE CONTENER/100 ml

ESCHERICHIA COLI.....: Contiene

/100ml

NO DEBE CONTENER/ 100 ml

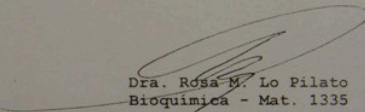
PSEUDOMONAS.....: No contiene

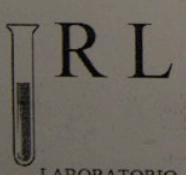
NO DEBE CONTENER/100 ml

OBTENCION DE LA MUESTRA.....: Agua de tanque

INTERPRETACION:.....:

NO APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIOS  
REALIZADOS

  
Dra. Rosa M. Lo Pilato  
Bioquímica - Mat. 1335



LABORATORIO DE ANÁLISIS  
CLÍNICOS Y MICROBIOLÓGICOS

DRA. ROSA M. LO PILATO  
BIOQUÍMICA - MAT. 1335

*Atención Personalizada con Alta Tecnología*

\*\*\*\*\*  
Paciente : Fac. Cs. ECONOMICAS T metalico  
Solicita : Dr/a.  
O. Social: PARTICULAR

Nº A0012371  
Fecha: 12/12/14  
Hoja: 01



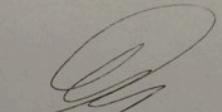
Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa  
de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

PROVINCIAS UNIDAS 673  
TEL. 457-0187  
labounidas@gmail.com

ZUVIRÍA 6520  
TEL. 458-2384

## ANNEXO 1

Paciente: FACULTAD DE PSICOLOGIA	Prot.: A0012365	Ficha: 05886	Hoja: 02
* (001823) EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
MESOFILOS AERÓBICOS.....			
Método a 22°C - 96 hs: 73 por ml			
Método a 37°C - 48 hs: 61 por ml			
VALOR ACEPTABLE HASTA 500 POR ml			
COLIFORMES TOTALES.....	Menos de 3	NMP/100ml	HASTA 3/100
ESTREPTOCOCO FECALES.....	No contiene	/100ml	NO DEBE CONTENER/100 ml
ESCHERICHIA COLI.....	No contiene	/100ml	NO DEBE CONTENER/ 100 ml
PSEUDOMONAS.....	No contiene	NO DEBE CONTENER/100 ml	
OBTENCIÓN DE LA MUESTRA..... Agua de )			
INTERPRETACIÓN:..... APTA PARA CONSUMO HUMANO SEGUN ESTUDIO REALIZADO			

  
Dra. Rosa M. Lo Pilato  
Bioquímica - Mat. 1335

**RL**  
LABORATORIO

LABORATORIO DE ANÁLISIS  
CLÍNICOS Y MICROBIOLÓGICOS

DRA. ROSA M. LO PILATO  
BIOQUÍMICA - MAT. 1335

*Atención Personalizada con Alta Tecnología*

\*\*\*\*\*  
Paciente : FACULTAD DE PSICOLOGIA  
Solicita : Dr/a.  
O. Social: PARTICULAR  
\*\*\*\*\*

Nº A0012365  
Fecha: 12/12/14  
Hoja: 01

**PEEC**  
Programa de Evaluación  
Externa de Calidad

Este laboratorio participa del Programa de Evaluación Externa  
de Calidad de la Fundación Bioquímica Argentina.

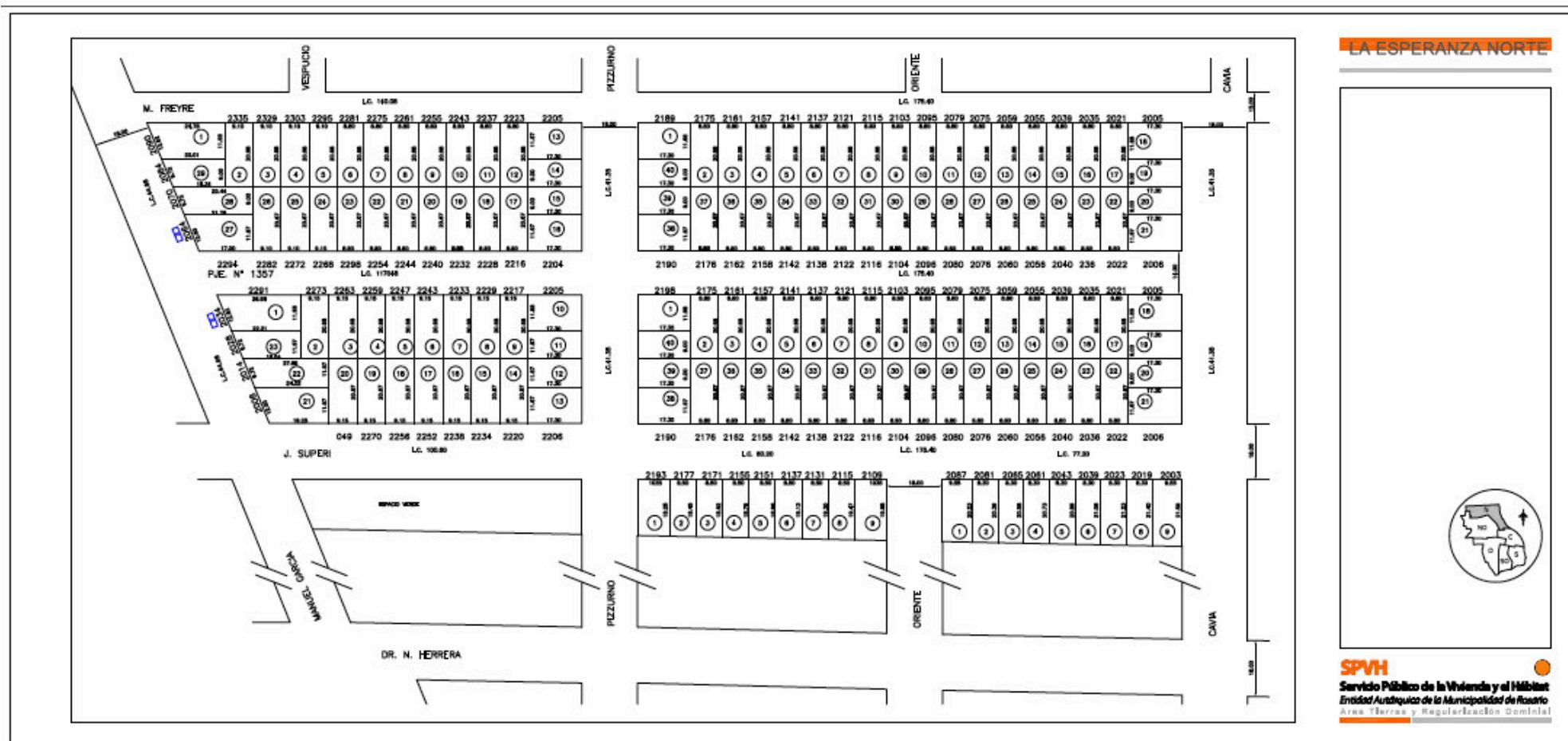
PROVINCIAS UNIDAS 673  
TEL. 457-0187  
labounidas@gmail.com

ZUVIRÍA 6520  
TEL. 458-2384

## **ANNEXO 2 MAPAS BARRIO LA ESPERANZA**



## ANNEXO 2



## ANNEXO 2

