

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

Trabajo Final de Carrera

**Estudio de la calidad del agua de lluvia, para el consumo humano y productivo
en Los Talas, partido de Berisso.**

Alumno: Brignoli Damián

Carrera: Ingeniería Agronómica

Nº de legajo: 26818/7

DNI: 36.283.311

Correo electrónico: dami_b07@hotmail.com

Tel: 02346-15578221

Director: Ing. Agr. María Laura Bravo.

Co-Director: Dra. Ing. Agr. Nadia Rolny.

ÍNDICE

Resumen	3
Introducción	4
Objetivo	6
Ubicación del área de estudio	6
Régimen hídrico	7
Metodología y mediciones	8
Análisis microbiológico	9
Análisis físico-químico	11
Análisis parasitológico	16
Resultados	17
Discusión	19
Conclusiones y recomendaciones	21
Bibliografía	22
Anexo	26

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del agua de lluvia en Los Talas, partido de Berisso, provincia de Buenos Aires, Argentina. El estudio surgió a partir del interés por estudiar el potencial de aprovechamiento del agua de lluvia como fuente alternativa para uso doméstico y productivo a través de la determinación de sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. Para ello, se realizó la colecta y análisis de la calidad de las muestras de agua de lluvia después de escurrir sobre la superficie de dos tipos de materiales: zinc y policloruro de vinilo (PVC), previo y posteriormente a un tratamiento mediante cloración. La caracterización incluyó la medición de pH, nitratos, nitritos, alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica y magnésica, sulfatos, sólidos disueltos totales, coliformes totales y fecales, *Pseudomonas aeruginosa*, bacterias aerobias mesófilas y parásitos intestinales. Se observó que la calidad del agua de lluvia varía en función del material a través del cual fluye y fundamentalmente al recibir tratamiento mediante un desinfectante, alterando de esta manera los parámetros físicos-microbiológicos como el pH, dureza, alcalinidad y el contenido de coliformes. Los análisis efectuados demostraron que la composición fisicoquímica y microbiológica es susceptible de potabilización. El tratamiento de estas aguas deben prever el ajuste de pH por presentar valores bajos como evidencia de agua ligeramente ácida y la desinfección, permitiendo definir así su potencial aprovechamiento; de esta forma, se estará obteniendo una alternativa ventajosa y sustentable.

INTRODUCCION

El agua es un elemento esencial para el desarrollo de la vida de los seres vivos. De acuerdo a lo expresado en la obra “La cuestión del agua” publicada por las Academias Nacionales de Ingeniería, Ciencias Económicas y Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (2010), su uso no racional, sobre todo en países como Argentina, cuya desigual distribución de sus recursos hídricos -con 2/3 de su territorio constituido por regiones áridas y semiáridas y sólo 1/3 rico en fuentes de agua, fundamentalmente superficiales- requiere especial atención para buscar alternativas de abastecimiento y subsistencia, según el medio en que se establezca (Delgado-Galván *et al.*, 2013).

La ciudad de Berisso se encuentra a unos 7 km del centro de la ciudad de La Plata y cuenta con una población de unos 88.470 habitantes. Su estructura productiva general, caracterizada con los partidos de La Plata y Ensenada, se describe de la siguiente manera: el sector primario aporta sólo el 3% del Valor Bruto de Producción, predominando la frutihorticultura en un 80,8%, seguida por la ganadería en un 14,2% (en donde Berisso aporta el 4%), los tambos en 4,2%, finalizando la participación con la agricultura en un 0,8% (Lauría *et al.*, 2010). Al ubicarse lindera con el Río de La Plata, conforma un pequeño sistema deltaico con unos cuantos arroyos que recorren lo que se conoce como monte costero, tierras bajas e inundables de origen aluvional y abundante vegetación, donde se afincan muy pocos habitantes, de los cuales la mayor parte son quinteros y productores de madera, vid americana, caña, mimbre, miel, frutas y algunas hortalizas.

Durante el período de la inmigración masiva del que Berisso fue protagonista importante, por su ubicación costera e historia portuaria, en las tierras bajas del monte costero muchos de los inmigrantes cultivaron sus quintas de verduras, hortalizas, frutales y vides. La implantación de la vid americana bajo el sistema de parral rápidamente se adaptó a las condiciones locales, dando como resultado un vino diferente por su aroma frutado y sabor característico, que sigue siendo en la actualidad reconocido por la población de la zona y alrededores como “El Vino de la Costa”. La fiesta que lleva dicho nombre, moviliza alrededor de 100 mil personas cada año, entre ellos, vecinos de la ciudad y turistas. La producción se lleva a cabo en unas 26 hectáreas, donde unas 100 familias producen unos 100 mil litros por año.

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 4
Talas, partido de Berisso.

Brignoli Damian

El espacio periurbano, es definido como un complejo territorial que expresa una situación de interfase entre dos tipos geográficos aparentemente bien diferenciados: el campo y la ciudad (Barsky, 2005). La zona en estudio, Los Talas, se enmarca en esta definición, donde no existe suministro de agua potable, la recolección, almacenamiento y uso del agua de lluvia como fuente de consumo para las familias y demás usanzas (doméstico, productivo, etc.) se presenta como una potencial alternativa. En la actualidad, la obtención de agua potable en parte es aportada por el estado municipal y en parte por la recolección, almacenamiento y desinfección mediante cloración en reservorios de PVC por parte de los mismos habitantes.

El Código Alimentario Argentino (CAA) en su artículo 982 (según Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007) define como: a) agua potable de suministro público aquella que es apta para la alimentación y b) agua potable de uso doméstico aquella que no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios.

En esta zona, además de la inexistencia de una fuente de agua potable, la calidad de las aguas freáticas imposibilita su uso como recurso para el consumo humano.

En este sentido, para este trabajo se plantea el estudio del recurso agua de lluvia con destino de consumo principalmente y de producción con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de los trabajadores rurales y sus familias dentro del sistema agropecuario (ver figura N°1 en Anexo). El sistema agropecuario según Seibane & Larrañaga (2014) “se caracteriza por contar con recursos (entradas) provenientes de otras ramas de actividades y generar resultados tales como producción para consumo interno o exportación, empleo, etc (salidas)”. Conforme a lo expresado en la obra “La planificación del Desarrollo Agropecuario” (1984) los componentes o mejor dicho los subsistemas que lo conforman son cuatro:

- el subsistema de actividades productivas, es decir, aquel que comprende las actividades encaminadas a la producción de bienes agrícolas y pecuarios, como los granos, la carne, la leche, etc;
- el subsistema de actividades de apoyo, aquel que corresponde a la provisión de servicios y a la creación de infraestructura correspondiente;
- el subsistema de actividades de mejoramiento de las condiciones de vida rural, o sea, las acciones necesarias para garantizar adecuadas condiciones de vida a los trabajadores rurales y sus familias; y por último,
- el subsistema de conducción y regulación, referido a las actividades preferentemente de responsabilidad estatal para definir y poner en práctica la normatividad deseada para el funcionamiento y la transformación del sistema agropecuario.

Dicho sistema, el agropecuario, debe ser abordado desde un enfoque holístico e integrador, donde sus componentes no se comporten en forma aislada sino en relación con todos los demás. Es así, como en concordancia con lo expresado al comienzo de este párrafo se estará actuando en los mencionados subsistemas de actividades de mejoramiento de las condiciones de vida en el medio rural y de actividades productivas, de acuerdo a los límites de uso que se impongan a partir de los resultados obtenidos de las muestras de agua (recurso), así como también se estará ejerciendo una acción de mejora directa en poblaciones asentadas en entramados periurbanos en constante crecimiento y transformación.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad microbiológica y físico-química del agua de lluvia para definir potenciales usos, principalmente el de consumo y uso domiciliario para las familias que viven en Los Talas, ciudad de Berisso, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el partido de Berisso (ver figura N°2 en Anexo), más precisamente, en un predio ubicado en Los Talas (34° 55' S; 57° 44' O, ver figura N°3 en Anexo), a 15 km. del centro de la ciudad homónima, provincia de Buenos Aires. La zona se caracteriza por la presencia de humedales pertenecientes a

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 6
Talas, partido de Berisso.

la ribera del Río de La Plata y presenta un clima templado con inviernos benignos y precipitaciones medias anuales de 800-1000 mm (Bonicatto *et al.*, 2007). La temperatura media anual es de 16,3°C con máxima absoluta de 38,4°C en diciembre y mínima absoluta de -4,6°C en julio. El periodo libre de heladas se extiende del 20 de octubre al 10 de mayo y comprende unos 220 días. El valor medio de humedad relativa anual es de 77,8% (García & Mierez, 2010). Los suelos del lugar pertenecen a la Llanura Aluvional dentro de la Planicie Costera del Gran La Plata y se los ha clasificado como Natracuertes típicos y Epiacuertes sódicos (Manassero *et al.*, 2013). En la zona además de no haber agua potable, las características físico-químicas del agua subterránea están fuera de los valores establecidos para la calidad de agua potable por el CAA. Tampoco se aconseja su uso para riego o circulación por cañerías, según consta en el resultado de un análisis físico-químico realizado a una muestra de agua de pozo el 28 de marzo de 2013 (ver figura N°4 en Anexo).

Régimen hídrico

Se tomó como referencia la distribución anual de la precipitación media mensual y la distribución anual del promedio de número de días con precipitación por mes en la estación La Plata Observatorio durante el período 1938-2001 (Figuras N°5 y N°6 en Anexo), según consta en Antico & Sabbione (2005).

METODOLOGÍA Y MEDICIONES

Se realizó la colecta y posterior análisis de la calidad de las muestras de agua de lluvia después de escurrir sobre la superficie de dos tipos de materiales: zinc y policloruro de vinilo (PVC). También se recolectaron muestras para corroborar la presencia ó ausencia de parásitos intestinales. Las muestras fueron obtenidas de acuerdo a lo que consta en la figura N°8 (Anexo).

La toma de muestras de agua se realizó de diferentes maneras según fueron para análisis microbiológico y físico-químico.

Para el análisis microbiológico, se utilizaron recipientes con capacidad de 250 a 300 ml, de plástico o vidrio, esterilizados, con tapa hermética y en lo posible de boca ancha.

Los pasos prácticos, de manera general, son:

- 1) envasar en condiciones estériles y tener la precaución de mantener una adecuada asepsia para evitar la contaminación accidental de la muestra.
- 2) Rotular el/los envase/s.
- 3) Si el grifo, canilla o caño es metálico quemar con un mechero donde sale el agua, luego abrir el grifo o canilla y dejar salir el agua el tiempo suficiente hasta que se esté seguro que es agua de la fuente o depósito.
- 4) Abrir el recipiente estéril, evitando todo contacto de los dedos con la boca e interior del mismo y sosteniendo la tapa de manera que ésta mire para abajo.
- 5) Llenar el frasco dejando una cámara de aire. Durante el llenado es conveniente mantener el frasco inclinado a 45° para evitar la introducción de partículas externas.
- 6) Tapar inmediatamente asegurando un cierre hermético.
- 7) La muestra debe ser guardada en una conservadora oscura y con hielo bien limpia y que no contenga otros elementos propios del muestreo, o en la parte de abajo de una heladera.
- 8) Trasladarla lo más pronto posible al laboratorio (tiempo máximo 2 días) (INTA, 2011).

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 8 Talas, partido de Berisso.

En cuanto a la recolección de las muestras para análisis físico-químico, se utilizaron bidones o botellas plásticas de 1 a 2 litros de capacidad, previamente enjuagados dos veces con el agua a analizar. Luego se limpió la boca de salida del grifo con un paño limpio, se dejó correr el agua unos 5 minutos, se enjuago, llenó el envase y se tapó. Se rotularon las muestras en todos los casos identificando el sitio de extracción. Los envases se conservaron en un sitio fresco (heladera a 5°C) hasta el momento del análisis (Trabajo Integrador de Agua, FCAyF, 2011).

Para identificar los distintos grupos de microorganismos indicadores que determinan la potabilidad del agua referenciados por el Código Alimentario Argentino, se emplearon los siguientes métodos de evaluación y medios de cultivo.

Análisis microbiológico

1. **Recuento de Bacterias Coliformes Totales:** la determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Número Más Probable (NMP), se basa en la capacidad de este grupo de bacterias Gram negativas de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a 37°C durante 48 h., utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares (Caldo Mac Conkey).

Caldo Mac Conkey (fórmula en gramos por litro): peptona de gelatina 20, lactosa 10, púrpura de bromocresol 0.01, bilis de buey 5, pH final 7.3 ± 0.2 .

Positivos: viraje del indicador por acidificación del medio, de púrpura a amarillo y producción de gas en la campana Durham.

Para la obtención del Número Más Probable se sembraron tres repeticiones de la muestra y se calculó el número de microorganismos coliformes por 100 ml. de muestra empleando la tabla de Mc Grady.

2. **Presencia o ausencia de *Escherichia coli* (Coliformes Fecales):** en caso de observar viraje del indicador y producción de gas en los tubos incubados a 37°C, se efectuó repique a un Caldo Mac Conkey para estudiar la presencia de Coliformes Fecales. Se incubó 24-48 hs. a $44,5 \pm 0,5$ °C. Al observar viraje del indicador y producción de gas se procedió a efectuar repique y aislamiento en placas con Agar Levine. Se incubó 24-48 hs. a 37°C. Las colonias que presentaron brillo metálico se repicaron a un medio de cultivo con agar

nutritivo, luego se realizó la confirmación a través de las pruebas Indol y Rojo de Metilo.

Agar Levine (fórmula en gramos por litro): peptona 10.0, lactosa 10.0, fosfato dipotásico 2.0, eosina 0.4, azul de metileno 0.065, agar 15.0, pH final 7.1 ± 0.2 .

- **Producción de indol (I). Procedimiento:** se tomó una ansada de la suspensión bacteriana y se inoculó a 35°C por 24 ± 2 hs en un tubo con caldo triptona. Finalizada la incubación, se adicionaron entre 0,2 y 0,3 ml. de reactivo de Kovacs. La presencia de anillo con una coloración roja en la superficie del tubo se considera como prueba positiva para la presencia de indol.
- **Producción de ácidos mixtos o prueba de rojo de metilo (RM). Procedimiento:** se tomó una ansada de la suspensión bacteriana y se inoculó a 35°C por 48 ± 2 hs en un tubo conteniendo caldo Rojo de Metilo-Vogues Proskauer (RM-VP). Finalizada la incubación, se adicionaron 5 gotas de solución de rojo de metilo. Se considera como prueba positiva cuando se desarrolla un color rojo; un color amarillo es una prueba negativa.

3. **Ausencia de *Pseudomonas aeruginosa*:** se sembró la muestra en caldo nutritivo doble concentración, incubándose a 35°C durante 72 hs. Se repicó en Agar Cetrimide (incubación a 42°C) confirmándose luego en medios de cultivo King A y King B. También se le realizó la prueba de la oxidasa, la cual consiste en colocar en la muestra, discos impregnados con el reactivo N,N-Dimetil-p-fenilendiamina (DMFD), el cual también es un indicador redox.

Cetrimide Agar Base (fórmula en gramos por litro): peptona de gelatina 20.0, cloruro de magnesio 1.4, sulfato de potasio 10.0, cetrimide 0.3, agar 13.6, pH final 7.2 ± 0.2 .

King A (fórmula en gramos por litro): peptona de gelatina 20.0, sulfato de potasio 10.0, cloruro de magnesio 1.4, agar 15.0, pH final 7.2 ± 0.2 .

King B (fórmula en gramos por litro): tripteína 10.0, peptona de carne 10.0, fosfato dipotásico 1.5, sulfato de magnesio 1.5, agar 15.0, pH final 7.2 ± 0.2 .

4. **Recuento de Microorganismos Mesófilos:** se realizaron diluciones decimales

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 10 Talas, partido de Berisso.

de la muestra, se sembró una alícuota de 100 microlitros en placas de Petri con medio de cultivo Agar Nutritivo. Se llevaron a estufa a 30°C por 48 hs y luego se realizó el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC).

Agar nutritivo (fórmula en gramos por litro): pluripeptona 5.0, extracto de carne 3.0, pH final 6.9 ± 0.2 .

Análisis físico-químico

Respecto a la calidad físico-química del agua de lluvia muestreada se determinaron los siguientes parámetros: pH (método potenciométrico), alcalinidad (método volumétrico), dureza total (método volumétrico), sulfatos (método turbidimétrico), nitritos y nitratos (determinación cualitativa), sólidos totales (método gravimétrico) y cloro residual (método espectrofotométrico).

- Determinación de pH: se determinó mediante método potenciométrico directo, en donde se mide de forma directa el potencial del electrodo indicador (previamente calibrado en solución amortiguadora pH 7 y pH 10) a partir del cual se puede determinar la actividad (o concentración) del analito (H^+).
- Alcalinidad total. Método Volumétrico ácido/base: en un matraz aforado se midieron 100 ml de agua, se agregaron 2 gotas de naranja de metilo (heliantina) y se valoró con ácido clorhídrico de normalidad conocida hasta color naranja persistente 30 segundos.

Cálculos: $Alcalinidad (CaCO_3 \text{ mg/l}) = V_{HCl} \times N_{HCl} \times mEq \text{ CaCO}_3 \times 1000/A$

V_{HCl} : volumen en ml de HCl.

N_{HCl} : normalidad en mEq/ml de HCl (0,02 N).

mEq $CaCO_3$: 50 mg.

A: alícuota (100 ml).

- Dureza total. Método Volumétrico ácido/base: se midieron 100 ml de muestra en un matraz aforado, se transfirieron a un erlenmeyer, se agregaron 5 ml de buffer pH 10 y una pizca de negro de eriocromo. Se valoró con Ácido

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 11 Talas, partido de Berisso.

Etilendiaminotetraacético (EDTA) de molaridad conocida hasta el viraje del indicador rojo vinoso a azul neto.

Cálculos: $Dureza\ total\ (CaCO_3\ mg/l) = V_{EDTA} \times M_{EDTA} \times mmol\ CaCO_3 \times 1000/A$.

V_{EDTA} : volumen en ml de EDTA.

M_{EDTA} : molaridad en mmol/ml de EDTA (0,01 M).

Mmol $CaCO_3$: 100 mg/mol.

A: alícuota (100 ml).

- Sulfatos. Método turbidimétrico:

Soluciones necesarias:

-Solución patrón de sulfato de sodio (100 mg/l de SO_4^{-2}): se pesó 147,9 mg de Na_2SO_4 anhidro y se diluyó hasta volumen final de 1 L.

-Solución de polivinilpirrolidona (PVP) al 25% m/v.

-Solución de HCl al 0,1% m/v.

-Solución de $BaCl_2$ estabilizada: se disolvió 100 g de $BaCl_2$, agregar 50 ml de solución de PVP y llevar a un litro con agua destilada.

Curva de calibración:

En una serie de matraces de 50 ml se prepararon las siguientes diluciones:

Nº de matraz	I	II	III	IV	V	VI
Solución patrón 100 ppm SO_4^{-2} (ml)	0	2,5	5	7,5	10	12,5
Agua destilada (ml)	Completar volumen del matraz 50 ml					

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 12 Talas, partido de Berisso.

Brignoli Damian

Corresponde a	0	5	10	15	20	25
SO ₄ ⁻² (ppm)						

Se transfirió todo el volumen del matraz a un erlenmeyer, y se agregaron a cada uno de ellos 1 ml de solución de HCl 0,1% m/v, y luego 5 ml de la solución de BaCl₂ estabilizado en PVP.

Se agitó 2 ó 3 veces enérgicamente. Se dejó reposar 15 minutos y se leyó en el espectrofotómetro a 650 nm. Luego se construyó la curva de calibración.

Medida de la muestra: se procedió de la misma manera que para la curva de calibración, (se realizó una dilución de 2/50, es decir 2 ml muestra y se completó a 50 con agua destilada), teniendo en cuenta que se debe realizar una dilución de la muestra, de modo tal que la concentración de la dilución esté en el rango de la curva de calibración.

- Nitritos. Determinación cualitativa.

Reactivos necesarios:

-Reactivo de Illosva von Illosva: mezcla recién preparada de ácido sulfanílico (solución Illosva A) y α -naftilamina (solución Illosva B).

-Ácido acético (1+1).

- Nitratos. Determinación cualitativa.

Reactivos necesarios:

-Reactivo de Illosva von Illosva: mezcla recién preparada de ácido sulfanílico (solución Illosva A) y α -naftilamina (solución Illosva B).

-Ácido acético (1+1).

-Limaduras de cadmio.

Procedimiento: se realizaron tres tubos de ensayo de referencia colorimétrica:

- a. Blanco: 5 ml de agua destilada y el resto de los reactivos (ídem a nitritos).
 - b. Nitrito positivo: referente de nitrito con patrón de 0,1 ppm. Se agregó 1 ml de patrón más 4 ml de agua destilada y el resto de los reactivos antes mencionados. Esto me da el color máximo a comparar para establecer ese color como límite permitido para nitrito.
 - c. Nitrato positivo: referente de nitrato (1 ml de patrón nitrato de 45 ppm). Luego se procede como se menciona en nitratos.
 - d. Determinaciones de nitrito y nitrato de mi muestra: se colocó en un tubo de ensayo 1 ml de la muestra de agua a analizar, se agregaron 4 ml de agua destilada, 5 gotas de acético (1+1) y finalmente se agregaron 0,25 ml de reactivo Illosva A y 0,25 ml de reactivo Illosva B. La aparición de color rojo luego de unos 5 minutos indica la presencia de nitritos. Dicha coloración se compara con el patrón de nitrito. Al no expresar color, colocho el cadmio y comparo luego de dicho tiempo para visualizar la coloración y posterior semejanza con el patrón nitrato. Dicho procedimiento se hace en el mismo tubo de ensayo, el resultado al ser negativo para nitrito, avanzo con el siguiente paso, es decir, colocando cadmio para la determinación de nitrato.
- Sólidos totales: en un matraz aforado se midieron 100 ml de agua, se transvasaron a un vaso de aluminio (secado a 105°C) previamente tarado y se evaporó a baño María. Se secó en estufa a 100-105°C. Se enfrió en desecador y se pesó.

Cálculos: $\text{Residuo a } 100-105^{\circ}\text{C (mg/l)} = \text{Pr} \times 1000/\text{A}$

Pr: peso del residuo en mg. (peso vaso con residuo – peso vaso vacío)

A: alícuota (100 ml).

- Cloro residual. Método espectrofotométrico:

Soluciones necesarias:

-Lavandina concentrada (aproximadamente 80 g/l de cloro activo).

-Ioduro de potasio.

-Ácido acético.

-Solución valorada de tiosulfato de sodio aproximadamente 0,1 N.

-Engrudo de almidón 1% m/v. Se hierve y se filtra. Se prepara al momento de usar.

-Reactivo o-tolidina: disolver 100 mg de o-tolidina en 100 ml de ácido clorhídrico 18% v/v. A esta solución agregarle 100 ml de agua destilada.

Curva de calibración:

Valoración de la lavandina: en un erlenmeyer, se colocó 1 ml de lavandina concentrada, 20 ml de agua destilada, 1 gr de ioduro de potasio y 2 ml de ácido acético. Se valoró con tiosulfato de sodio agregando 2 ml de engrudo de almidón cerca del punto final. Cuando se conozca el título de la lavandina se prepara una solución que contenga 0,5 mg/l de cloro.

En una serie de tubos de ensayo se colocaron sucesivamente:

Nº de tubo	T	I	II	III	IV	V
Solución patrón de Cl ₂ (ml)	0	2	4	6	8	10
Agua destilada (ml)	10	8	6	4	2	0
Reactivo o-tolidina (ml)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 15 Talas, partido de Berisso.

Brignoli Damian

Corresponde a	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Cloro (ppm)						

Se dejó reposar 3 minutos. Luego se leyó a 435 nm y se construyó la curva de calibración.

Análisis parasitológico

Se llevaron a cabo exámenes parasitológicos en las muestras de agua provenientes del reservorio antes del tratamiento. Las muestras fueron recolectadas y procesadas de acuerdo a lo descrito por *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1992), Feldman *et al.* (1991) y Abramovich *et al.* (1996), llevándose a cabo de la siguiente manera: se centrifugaron a 3000 rpm unos 50 ml de muestra durante 10 minutos, descartándose el sobrenadante. La búsqueda de los parásitos se realizó mediante exámenes microscópicos directos en fresco utilizando lugol. Los exámenes realizados fueron evaluados desde el punto de vista cualitativo, habiéndose consignado presencia o ausencia de parásitos. Como norma para evaluar la calidad parasitológica del agua investigada se tomó en cuenta lo recomendado por las *Guías para la calidad del agua potable* de la OMS, que expresan: "Ningún protozoo o helminto patógeno debe ser detectado en el agua de bebida".

Se realizaron dos repeticiones por muestra con el objeto de disminuir diferencias significativas en la composición del agua muestreada.

RESULTADOS

Análisis microbiológico

Según el Código Alimentario Argentino (CAA), en su capítulo XII, el agua potable y de suministro público para uso doméstico, en sus características microbiológicas deberá presentar un recuento de bacterias coliformes totales igual o menor a 3; ausencia de *E. coli* en 100 ml; ausencia de *Pseudomonas aeruginosa* en 100 ml y un recuento de bacterias aerobias mesófilas menor a 500 U.F.C. / ml.

Los estudios realizados para la determinación del recuento y la presencia/ausencia de bacterias antes y luego del tratamiento de las muestras mediante cloración se muestran en la Tabla 1.

(Tabla N°1, aquí)

De los resultados presentados, se puede observar que las muestras no tratadas con cloro presentan un recuento de Bacterias Coliformes Totales muy superior a lo recomendado por la legislación vigente; también hay presencia de Bacterias Coliformes Fecales (*E. coli*), así como ausencia de *Pseudomonas aeruginosa*; y por último, un recuento elevado de Bacterias aerobias Mesófilas. Por otro lado, en las muestras tratadas se observa que todos los parámetros establecidos en el C.A.A están dentro del rango de cumplimiento para agua potable.

Análisis físicoquímico

Respecto a las características químicas y sustancias inorgánicas se establece lo siguiente: pH 6,5-8,5; dureza total máx. 400 ppm; nitratos máx. 45 ppm; nitritos máx. 0,1 ppm; sólidos disueltos totales máx. 1500 ppm; sulfatos máx. 400 ppm y cloro activo residual mín. 0,2 ppm. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos antes y después del tratamiento.

(Tabla 2, aquí)

A partir de los resultados físico-químicos, se puede inferir que la muestra de agua de lluvia recolectada y analizada, es ligeramente ácida tanto antes como después del tratamiento con cloro. Por otro lado, todos los demás parámetros analizados se encuentran dentro de los límites para agua potable establecidos por el C.A.A.

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 17 Talas, partido de Berisso.

Análisis parasitológico

De acuerdo a los estudios efectuados para la determinación de parásitos intestinales, en los mismos, no se detecta la presencia tanto antes como después del tratamiento del agua mediante la cloración. En este sentido, se cumple con lo legislado por la OMS con respecto a este ítem.

DISCUSIÓN

La modificación de la composición del agua de lluvia al escurrir sobre distintas superficies y al ser tratada con diferentes métodos para su saneamiento en diferentes países y ciudades ha sido evaluada por diferentes autores (Costa Calheiros *et al.* 2014; Mejía Clara, 2005).

En este trabajo, se encontró que el valor de pH no presentó diferencias entre las muestras previas^(A) y posteriores^(B) a la cloración, poniendo de manifiesto con el análisis potenciométrico un valor que nos indica agua ligeramente ácida. Esto podría explicarse si se consideran los factores ambientales en los cuales se ubica la región de estudio, situada donde se concentran grandes fábricas (como la destilería YPF) que emanan sus gases de combustión de hidrocarburos a la atmósfera pudiendo tener incidencia con respecto a este tipo de lluvia; sin embargo, esta hipótesis es preliminar, y debe completarse con otros estudios. En cuanto a los sólidos disueltos totales, las muestras tampoco evidencian diferencia en sus valores, estando muy por debajo del límite máximo establecido. Teniendo en cuenta que la porosidad de chapas de zinc y del PVC es baja (alrededor de 30-40%) hubiese sido esperable encontrar mayor concentración de sólidos en las muestras analizadas, por lo tanto, debería ser necesario considerar mayor cantidad de muestras para el mejor análisis de los resultados. Con respecto a la alcalinidad total, las muestras sí reflejan diferencias antes y después de la cloración, con un mayor desvío estándar; la muestra analizada antes del agregado de cloro presenta una alcalinidad superior con respecto a la analizada posteriormente al agregado del desinfectante, esto tiene incidencia también en el valor del pH debido a que el agregado de cloro (en este caso, hipoclorito de calcio) tiende a elevar el pH y disminuir la alcalinidad por neutralización de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Seguidamente, al observar los resultados respecto a la dureza total, se puede ver que ambos valores no difieren con respecto al máximo permitido, estando muy por debajo del límite establecido, pudiendo calificar al agua como blanda. La dureza indica la concentración de cationes multivalentes en solución en el agua, principalmente de calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}). Por lo tanto, la presencia de iones de magnesio, es uno de los responsables por el aumento de la dureza en el agua, siendo una posible justificación para el comportamiento presentado e incluso pudiendo haber influenciado en los valores de pH y alcalinidad (Costa Calheiros *et al.* 2014). En lo que respecta a los sulfatos, sus concentraciones en las muestras ^(A y B) prácticamente no tienen significancia si se compara sus valores con el

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 19 Talas, partido de Berisso.

máximo permitido de 400 mg/L. Por otra parte, los nitritos y nitratos están por debajo de sus límites aceptables, pudiendo en parte explicarse debido a que los niveles de concentración de ambos en la atmósfera varían enormemente de unas zonas a otras, encontrándose en las zonas de menor concentración un rango de 0.1-0.4 µg/m³ y en las zonas de mayor concentración valores de 1-40 µg/m³ (Antón y Lizaso, 2001). Además forman compuestos más complejos no existiendo como tal en cantidades apreciables. Por último, en cuanto a las determinaciones físico-químicas, el cloro activo residual, es decir, aquel que se encuentra como una combinación de ácido hipocloroso e hipoclorito, muestra que la concentración del mismo es despreciable antes del tratamiento, y luego, la cantidad medida mediante espectrofotometría pone de manifiesto que su valor es superior al mínimo de 0.2 mg/L, cumpliendo con lo estipulado en el CAA. Es importante remarcar que la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que no se ha observado ningún efecto adverso en humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable. No obstante, establece un valor guía máximo de cloro libre de 5 mg/L.

En lo que respecta a los análisis microbiológicos expuestos en los resultados de la Tabla 1 y referenciados en la figura 8 (Anexo), era esperable que se demostrara la reducción de la contaminación bacteriana luego de la cloración, en su gran parte debido al enérgico poder oxidativo del desinfectante utilizado. Las muestras analizadas antes del tratamiento indican la gran contaminación microbiológica existente en el lugar, ya que se pudo verificar que existe influencia del ambiente en donde se encuentra el material del techo, pues fueron detectadas ramas de árbol, heces y plumas de animales, favoreciendo la contaminación del agua de lluvia.

Complementariamente, en cuanto a los análisis parasitológicos, no se detectó la presencia de protozoos intestinales. En este ítem, se debe prestar especial atención a la observación de ooquistes de *Cryptosporidium parvum* ya que son extremadamente resistentes a desinfectantes oxidantes como el cloro, le siguen los quistes de *Entamoeba histolytica* y luego, los de *Giardia lamblia*, que son más resistentes al cloro que la bacterias entéricas, pero no tanto como los ooquistes de *Cryptosporidium*. Por esta razón, es importante siempre hervir el agua antes de consumirla, especialmente por parte de los niños (Mejía Clara, 2005). El proceso de desinfección con cloro requiere de 30 minutos aproximadamente, expresado como el tiempo de contacto que debe transcurrir entre el agregado del desinfectante y su utilización.

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 20 Talas, partido de Berisso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El agua de lluvia en Los Talas, partido de Berisso, es una potencial fuente alternativa de abastecimiento para consumo humano y para la producción. La desinfección del agua es un método eficaz para las poblaciones que no cuentan con un sistema seguro de abastecimiento de agua de calidad, constituyendo una medida inmediata y de bajo costo. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del agua para recurso humano, doméstico y productivo indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional, pues dichos criterios, expresados en el Código Alimentario Argentino se cumplen en su totalidad en las muestras analizadas. Su composición física, química y microbiológica permite su potabilización mediante tratamiento convencional a través de la desinfección con oxidantes enérgicos como el cloro. Los resultados de este estudio son preliminares, pero sugieren que la viabilidad técnica del potencial aprovechamiento del agua de lluvia como alternativa para los usos anteriormente mencionados, implica evaluar el aporte en cantidad que pueda captarse en soluciones familiares individuales o colectivas. En este sentido, vale aclarar que deberá tenerse en cuenta la capacidad de almacenamiento en los tanques reservorios pensando en períodos donde pueda faltar agua por escasez de lluvias. La captación del agua de lluvia implica el contacto de esta con diferentes superficies, modificando las condiciones iniciales de calidad que requieren ser evaluadas para determinar el nivel de afectación que podría tener y que repercute en el tratamiento final requerido para su potabilización.

Por otra parte, se debe remarcar como fundamental, promover una participación activa de los actores involucrados, es decir, las autoridades municipales junto a los vecinos tratando de generar una dinámica de participación para poder sentar las bases de sostenibilidad y conservación de un recurso fundamental para el desarrollo de las comunidades.

Para finalizar, es importante tener en cuenta que la gran parte de las familias habitantes de la zona son propietarias de la tierra, por ende, sería factible pensar en sistemas de captación de agua que involucren bombas automáticas de dosificación de cloro ajustadas mediante el nivel de agua en los reservorios, ya que en el caso de estudio se evidenciaron inconvenientes en el ajuste de la dosis del producto. Un sistema interesante como propuesta puede ser visitado en la siguiente página web: www.lluevelluvia.com

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los Talas, partido de Berisso. 21

BIBLIOGRAFIA

Abramovich, B., Beltramino, D., Carrera, E., Contini, L. & M.C Lura. 2002. El agua subterránea como agente transmisor de parásitos intestinales. *Rev. Chil. Pediatr.* 73 (4); 415-424.

Abramovich, B., Lurá de Calafell, M.C., Haye, M.A., Nepote, A & F. Argañaraz. Detección de *Cryptosporidium* en aguas de consumo de origen subterráneo. *Rev. Arg. Microbiol.* 1996; (28): 73-6.

Academias Nacionales de Ingeniería, Ciencias Económicas y Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 2010. La cuestión del agua. 1ª ed. Universitaria de La Plata, La Plata. 128 pp.

Almudena, A. & J. Lizaso. 2001. Nitritos, nitratos y nitrosaminas. Fundación Ibérica para la seguridad alimentaria. Disponible en: http://www.proyectopandora.es/wp-content/uploads/Bibliografia/13181019_nitritos_nitratos.pdf. Último acceso: mayo de 2017.

Antico, P.L. & N. Sabbione. 2005. Comportamiento de la precipitación en La Plata durante el período 1938-2001. *Geoacta* 30: 13-25.

APHA-AWWA-WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 18 th ed. Washington:1992.

Barsky, A. 2005. El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. *Scripta Nova* IX, 194 (36). Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-36.htm>. Último acceso: abril de 2016.

Bonicatto, M.M., Marasas, M.E. & S.J. Sarandón. 2007. El valor medicinal de la biodiversidad vegetal en agroecosistemas tradicionales de Berisso, Argentina. *Rev. Bras. de Agroecología* 2 (2): 1319-1322.

Calheiros, H.C., Gomes, M.R & P.M.A. Estrella. 2014. Calidad de las aguas meteóricas en la ciudad de Itajubá, Minas Gerais, Brasil. *Revista Ambiente & Agua* 9 (2): 336-346.

Código Alimentario Argentino. 2007. Capítulo XII. Bebidas hídricas, agua y agua gasificada. Artículo 982. Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N°

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 22 Talas, partido de Berisso.

Brignoli Damian

196/2007. Disponible en:
http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp. Último acceso:
agosto de 2016.

Delgado-Galván, X., Fuentes-Galván, M.L., Mora-Rodríguez, J., & J. Ortiz Medel. 2013. Usos del agua de lluvia y potencial de captación en tres edificios de la Universidad de Guanajuato, México. XII Simposio Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento de agua y drenaje urbano. Buenos Aires, noviembre de 2013. Disponible en: <http://www.ina.gov.ar/serea2013/trabajos/martes/Lali.Delgado.pdf>. Último acceso: marzo de 2016.

FCAyF. 2011. Curso de Análisis Químico. Trabajo Integrador de Agua, material de cátedra. 19 pp.

Feldman, R.E., Guardis M. del V. & M.A. Gariboglio. Detección de quistes de Giardia lamblia en agua. Acta Bioq. Latinoam. 1991; (25): 151-9.

García, M. & L. Mierez. 2010. Renta de la tierra en la horticultura platense. Motivos de sus altos precios. Boletín Hortícola de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata 46. Disponible en: http://campoargentino2000.com/categorias/horticultura/Renta_diferencial.pdf. Ultimo acceso: marzo de 2016.

González Montero, J., Pérez García, A., León Delgado, F., Olivares Díaz, J., Calderón Luna, H., Astori Zaragoza, D., Figueroa Tomic, S. & T.R. Lee. 1984. La planificación del desarrollo agropecuario. Siglo XXI, México, 352 pp.

Guías para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud. Vol.1. Disponible en:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowsres.pdf?ua=1.
Último acceso: abril de 2017.

INTA. 2011. Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego). Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmprotocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf. Último acceso: junio de 2016.

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 23 Talas, partido de Berisso.

Lauría, D.A., Brugaletta, R., Couselo, R., Imérito, A., Ortigoza Meza, V., Pendón, M., Pouchou, M.J., Serans, J.M. & E. Williams. 2010. Caracterización Productiva Regional. Disponible en:

http://www.econo.unlp.edu.ar/uploads/docs/caracterizacion_productiva_regional__la_plata___berisso___ensenada.pdf. Último acceso: de septiembre de 2016.

Manassero, M.J., Da Silva, M.M., Boff, L.D. & M. Hurtado. 2013. Metales pesados en suelos de la planicie costera del Río de La Plata, partidos de Ensenada y Berisso. *Cienc Suelo (Argentina)* 31 (2): 253-264.

Mejía Clara, M.R. 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A0602e/A0602e.pdf>. Último acceso: mayo de 2017.

Municipalidad de Berisso. 2016. El Vino de la Costa. Disponible en: <http://www.berisso.gov.ar/fiestavino/el-vino-de-la-costa.html>. Último acceso: noviembre de 2016.

Municipalidad de Berisso. 2016. Planos y cartografías de la Ciudad. Disponible en: <http://www.berisso.gov.ar/ubicacion-de-la-ciudad-de-berisso.php>. Último acceso: octubre de 2016.

Municipalidad de Berisso. 2016. Subsecretaría de Hacienda y Producción. El Delta berissense. Disponible en: <http://www.berisso.gov.ar/deltas-y-arroyos.php>. Último acceso: septiembre de 2016.

Seibane, C. & G. Larrañaga. 2014. El enfoque sistémico: una alternativa para abordar el estudio de la realidad del sector agropecuario y forestal. Curso de Introducción a las Ciencias Agrarias y Forestales. 9 pp.

Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=agro&id=6>. Último acceso: mayo de 2016.

Sistema de captación de agua de lluvia. Disponible en: <http://lluevelluvia.com/index.html>. Último acceso: junio de 2017.

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 24 Talas, partido de Berisso.

Vino de la Costa: tradición y trabajo duro detrás de una fiesta popular. (11 de julio de 2015). El día. Recuperado de: <http://www.eldia.com/nota/2015-7-11-vino-de-la-costa-tradicion-y-trabajo-duro-detras-de-una-fiesta-popular>. Último acceso: junio de 2017.

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 25 Talas, partido de Berisso.

Brignoli Damian

ANEXO

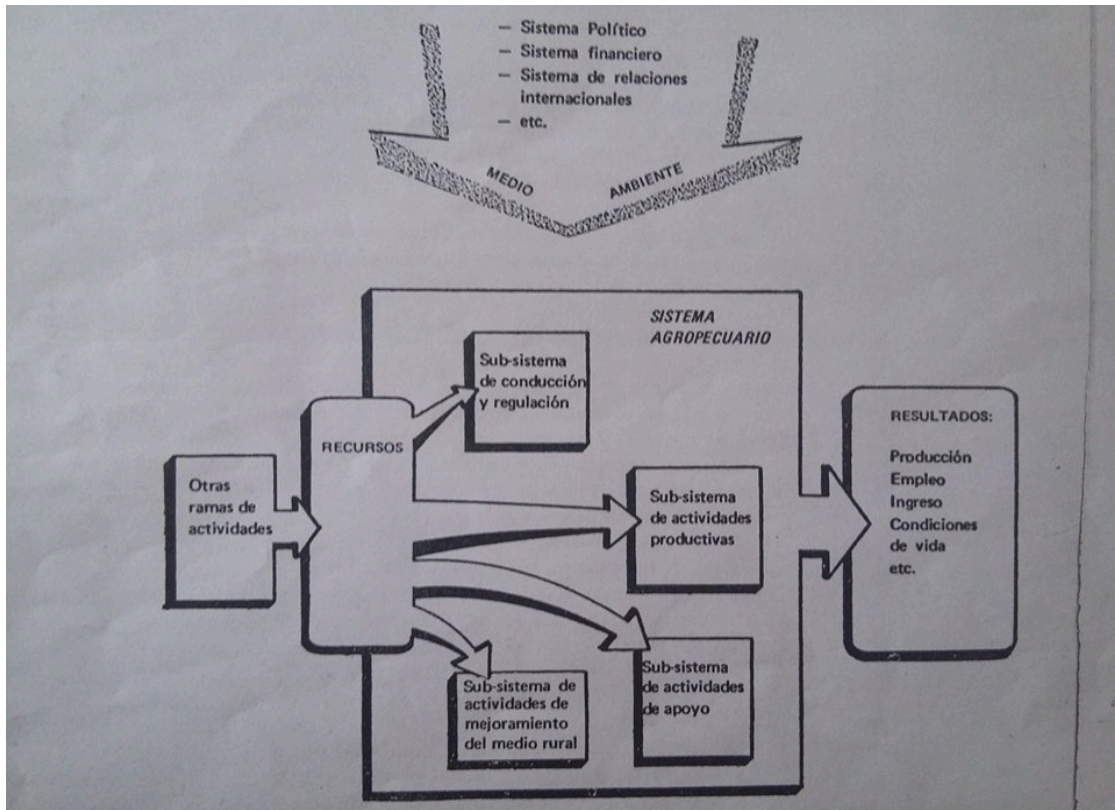


Figura N°1: principales subsistemas de actividades del sistema agropecuario.



Figura N°2: plano general del partido de Berisso.

Fuente: Municipalidad de Berisso (2016).


Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los 27 Talas, partido de Berisso.

Brignoli Damian



Figura N°3: imagen satelital del predio.

Fuente: Google Maps (2016).


Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Nacional de La Plata

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS EXACTAS
CURSO ANALISIS QUIMICO

Interesado: Julieta Kolac
Muestra: agua de pozo
Procedencia: Los Talas
Fecha de análisis: 28 de marzo 2013

Tipo de análisis	Resultados	Valores del C.A.A. para agua potable
pH	7.85	6,50 – 8,50
Dureza total [mg/L] (como carbonato de calcio)	1085	Máx. 400 [mg/l]
Sólidos disueltos totales [mg/L]	4030	Máx. 1500 [mg/l]
Alcalinidad total [mg/L] (como carbonato de calcio)	411	-----
Cloruro [mg/L]	1513	350 [mg/l]
Dureza cálcica Como carbonato de calcio [mg/L]	661	
Dureza magnésica Como carbonato de magnesio [mg/L]	357	
sodio [mg/L]	1059	

Observaciones: se deja constancia que los parámetros físico - químicos analizados están fuera de los valores establecidos para la calidad de potable por el Código Alimentario Argentino. No se aconseja su uso para riego o circulación por cañerías.

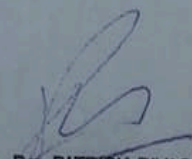

Dra. PATRICIA RIVAS
Prof. Adjunto
Fac. Cs. Agr. y Forestales

Figura N°4: resultados de análisis físico-químicos de agua de pozo.

Trabajo Final: Estudio de la calidad del agua, para el consumo humano y productivo en Los Talas, partido de Berisso. 29

Brignoli Damian

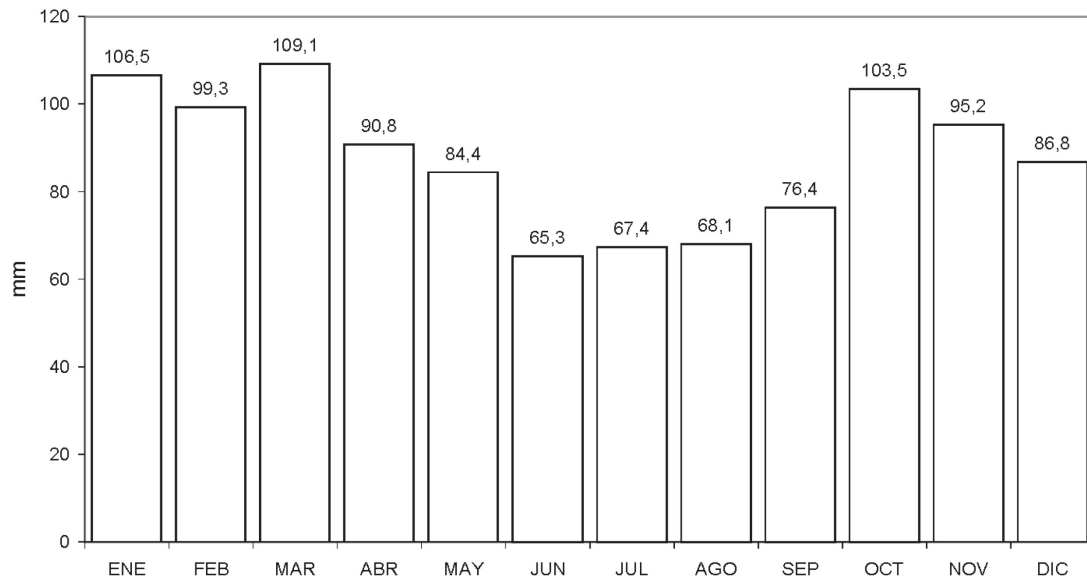


Figura N°5. Distribución anual de la precipitación media mensual en La Plata Observatorio durante el período 1938-2001. Los números sobre las barras indican los valores de precipitación expresados en milímetros.

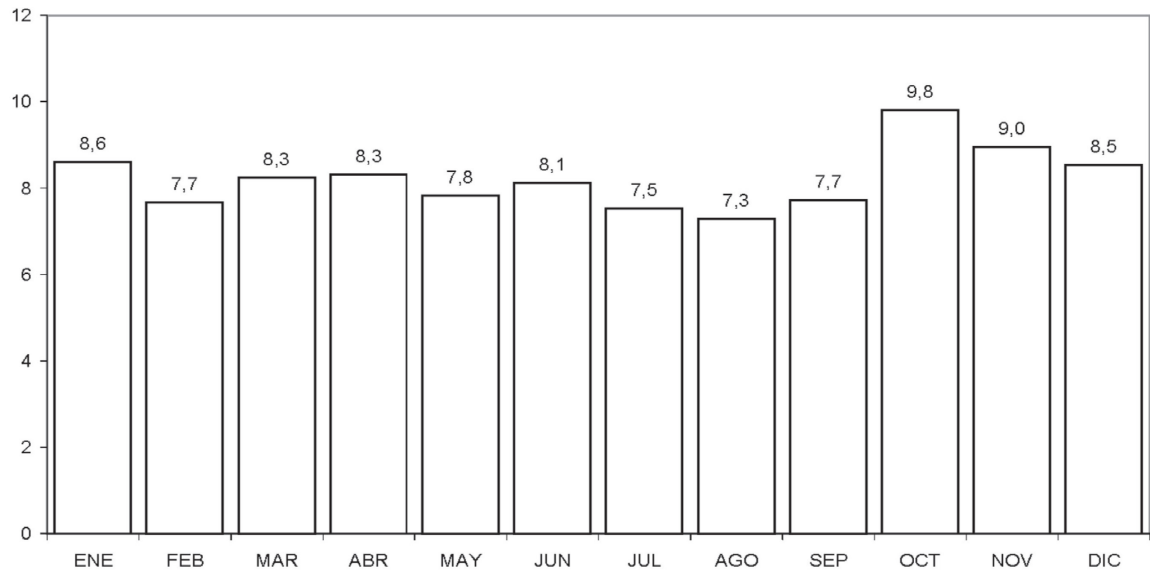
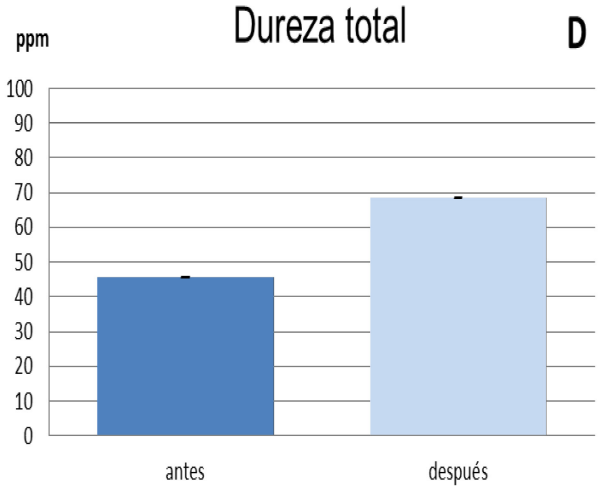
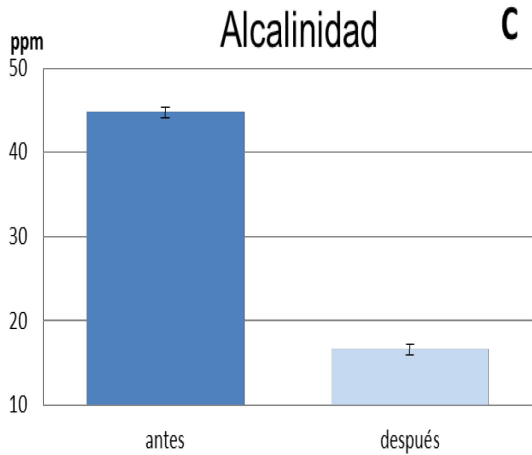
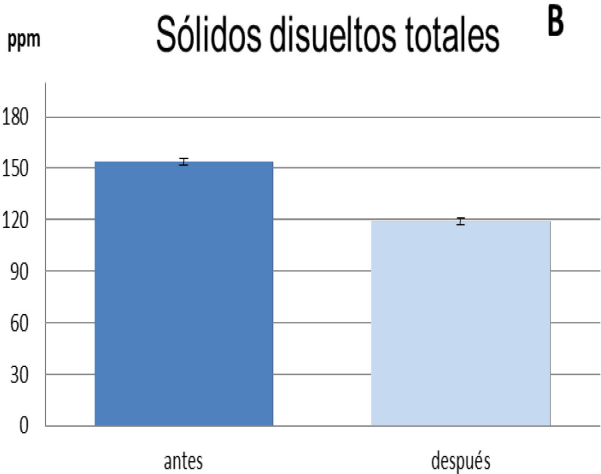
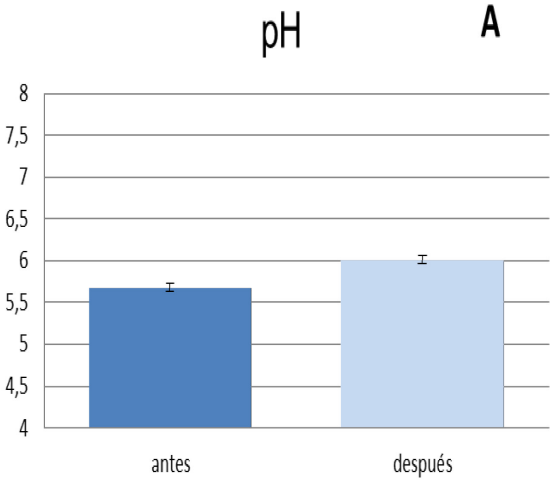


Figura N°6. Distribución anual del promedio de número de días con precipitación por mes en La Plata Observatorio durante el período 1938-2001. Los números sobre las barras indican el número de días con precipitación.



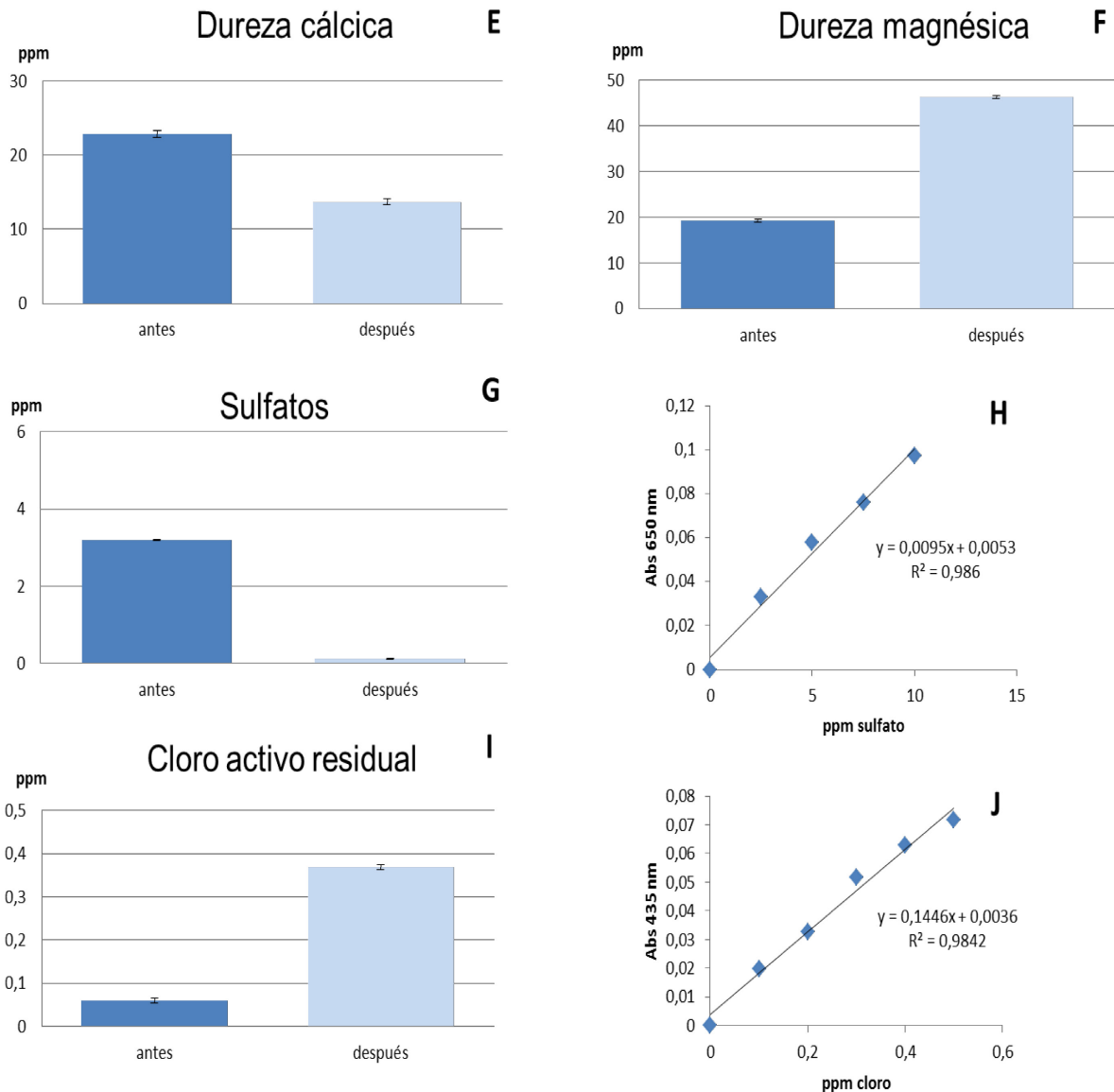


Figura N°7: A. pH de la muestra antes y después del tratamiento. B. Sólidos disueltos totales previamente y luego del tratamiento. C. Alcalinidad de la muestra pre y post tratamiento. D. Dureza total anterior y posterior al tratamiento. E y F. Durezas cálcica y magnésica antes y después del tratamiento. G. Sulfatos pre y post tratamiento. H. Curva de calibración de sulfatos. I. Cloro activo residual previo y posterior al tratamiento. J. Curva de calibración del cloro activo residual. Las barras indican el desvío estándar.

Fuente: elaboración propia.

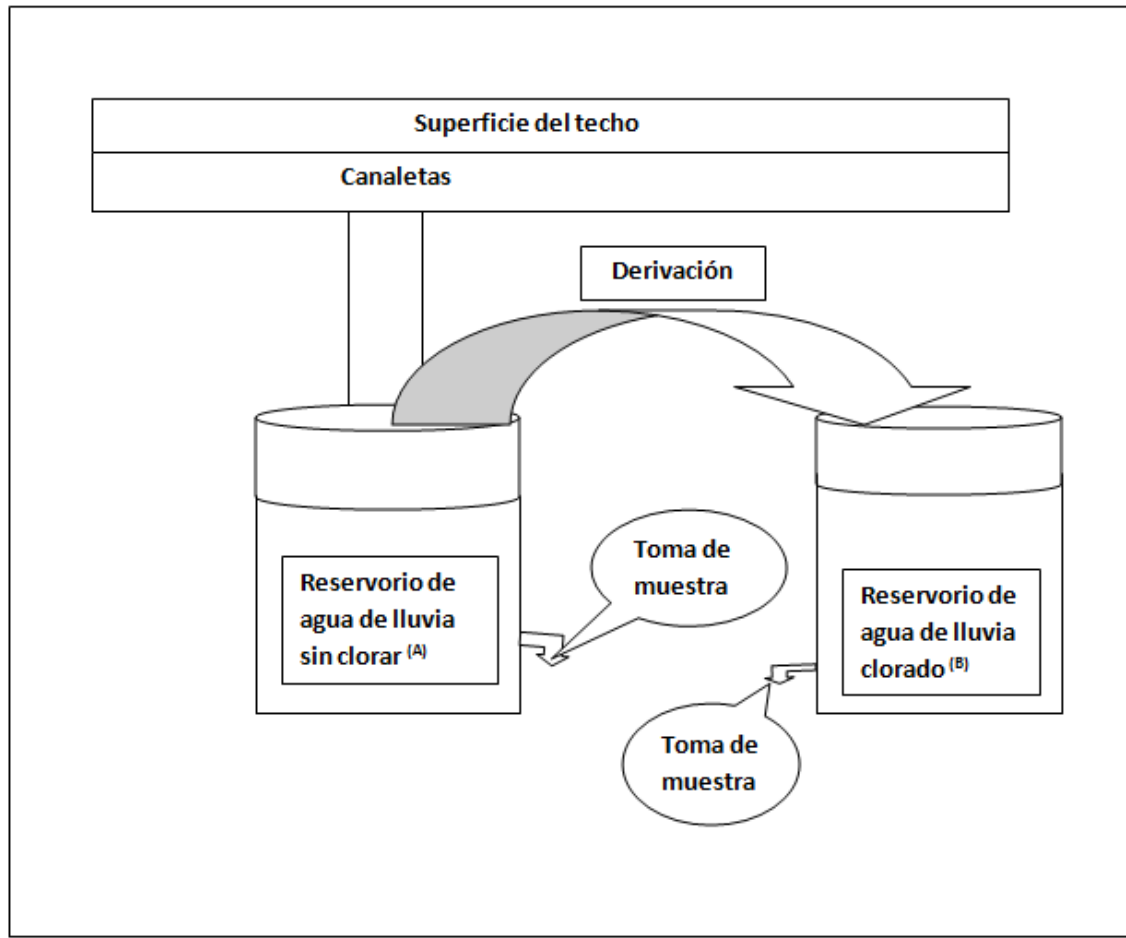


Figura N°8: representación esquemática del sistema de captación de agua de lluvia y reservorios.

Fuente: elaboración propia.



Figura N°9: sistema de recolección y reservorios reales de almacenamiento del agua de lluvia.

Fuente: fotos propias.

Tabla N°1: Determinación de los parámetros microbiológicos antes y luego de la cloración.

Parámetro	Valores admisibles (según CCA)	Resultado antes- (A) Observaciones	Resultados después- (B) Observaciones
Bacterias Coliformes Totales	N.M.P. / 100 ml (≤ a 3 / 100 ml)	Positivo (> a 2400/100 ml)	Negativo
Bacterias Coliformes Fecales	Ausencia / 100 ml	Positivo	Negativo
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia / 100 ml	Negativo	Negativo
Bacterias Aerobias Mesófilas	U.F.C./ ml (≤ a 500 U.F.C./ml)	Positivo (> a 2000 U.F.C./ml)	Positivo (20 U.F.C./ml) (*) Aclaración: el estándar especifica poder tener un recuento de hasta 500 U.F.C./ml

Tabla 2: Parámetros físico-químicos de las muestras antes y después de su cloración.

Tipo de análisis	Resultados antes	Resultados después	Valores del C.A.A para agua potable
pH	5,68	6,01	6,5-8,5
Alcalinidad [mg/L]	44,804	18,676	-----
Dureza total [mg/L]	45,7	68,55	Máx. 400 [mg/L]
Dureza cálcica [mg/L]	22,85	13,71	-----
Dureza magnésica [mg/L]	19,26	46,246	-----
Sulfatos [mg/L]	3,1875	0,125	Máx. 400 [mg/L]
Nitritos [mg/L]	≤ 0,1	≤ 0,1	Máx. 0,10 [mg/L]
Nitratos [mg/L]	≤ 45	≤ 45	Máx. 45 [mg/L]
Sólidos disueltos totales [mg/L]	154	119	Máx. 1500 [mg/L]
Cloro activo residual [mg/L]	0,0594	0,3679	Mín. 0,2 [mg/L]