

Diagnóstico del funcionamiento de las plantas potabilizadoras de ósmosis inversa, en la región sureste de Santiago del Estero, Argentina.

¹María F. Mellano, ¹Antonio E. Ramírez; ²Ramón Manuel Paz; ³Luis A. Salto; ⁴Hector R. Paz; ¹Cristina B. Arguelles & ⁵Marcela Terribile

(1) *Departamento de Química. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías- UNSE*
Av. Belgrano (S) N° 1914 – 4200- Sgo del Estero – Capital – Tel: 0385 4509528 Int. 1839
fermellano@hotmail.com

(2) *Departamento de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías- UNSE*
rpaz@unse.edu.ar,

(3) *Departamento de Electrónica. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías- UNSE*
ingsalto@yahoo.com.ar

(4) *Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología- UNSE*
hrpaz@unse.edu.ar

(5) *Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías- UNSE*

RESUMEN

El objetivo de éste trabajo es estudiar el funcionamiento de las Plantas Potabilizadoras con Ósmosis Inversa en la Provincia de Santiago del Estero, características operativas, y evaluación de las características físico-químicas de estas plantas, planteando alternativas para la adecuada disposición del rechazo o su reutilización. La tarea se desarrollará en distintas fases:

Primera fase:

- Relevamiento de las Plantas Potabilizadoras de Ósmosis Inversa.
- Análisis fisicoquímicos del agua cruda o de la toma y del agua tratada y especialmente del rechazo de las Plantas.
- Relevamiento de los antecedentes existentes (análisis fisicoquímicos y microbiológicos) en los distintos Organismos.

Segunda fase:

- Análisis estadístico de la variación de la calidad del agua de toma y la tratada basada en los antecedentes existentes en los distintos organismos.
- Diagnóstico de las Plantas Potabilizadoras existentes.

Tercera fase:

- Estudio de los hábitos de consumo de las poblaciones.
- Definición de alternativas de disposición del rechazo.
- Construcción de un modelo y pruebas sobre potabilización con diferentes agua
- Generar una base de datos que permita actualizar la información que se recabe en el futuro.

Actualmente se está implementando la Primera fase.

Palabras clave: Plantas potabilizadoras, osmosis inversa, impacto en la población.

INTRODUCCIÓN

El primer signo de posible vida que el hombre busca en otros planetas, es precisamente la

presencia de agua en cualquiera de sus tres estados físicos de agregación. Desde una óptica

puramente química o biológica, tiene su consecuencia lógica en la propia actividad humana, al indicar que el hombre se desarrolla y se expande como especie dominante en la Tierra, desde las orillas y riberas de arroyos, lagos y mares. Es impensable nuestra civilización actual sin el concurso del agua.

En diferentes partes del mundo la potabilización mediante la Ósmosis Inversa se está imponiendo, especialmente en zonas donde el uso de otra alternativa como la electrodiálisis no se puede aplicar para aguas salobres (salinidad superior a 3 g.L⁻¹). Este hecho, sumado a que se ha producido un mejoramiento sustancial en la tecnología del proceso en este último tiempo, hace que el tipo de potabilización sea, para determinadas circunstancias, el que se impone. Tal es así, que en nuestra provincia se encuentran más de cincuenta Plantas de Ósmosis Inversa ya que las características del agua cruda hacen necesario su uso en el proceso de potabilización.

En muchas partes de la provincia de Santiago del Estero, la única forma de abastecimiento de agua es a través del agua subterránea, y en distintas partes se encuentra contaminada químicamente, encontrándose una diversidad importante de aniones y cationes (sulfatos, cloruros, sales de arsénico, flúor, etc.).

En general, se puede acotar que el éxito de los procesos de ósmosis inversa se debe, en parte, a la estructura tan particular de las membranas asimétricas, que son las que se utilizan en este tipo de procesos. De todos los polímeros utilizados en la elaboración de las membranas de ósmosis inversa, los más importantes y usados son los de acetato de celulosa y poliamida aromática, siendo estas últimas las más usadas en la actualidad.

ASPECTOS GENERALES

El volumen total de agua en el mundo permanece constante, lo que cambia es la calidad y la disponibilidad.

En términos de volumen total, el 97,5% del agua del mundo es salina con un 99,99% de ella encontrándose en los océanos, el resto forman los lagos salinos. Esto significa que solamente el 2,5% del volumen de agua en el mundo es actualmente no salino. Sin embargo, no toda esta agua dulce está disponible para el consumo humano. Alrededor del 75% de esta agua dulce está inmovilizada en los casquetes polares y en los glaciares, además un 24% está localizada en el subsuelo como agua subterránea, lo que significa que menos de un 1% del total del agua dulce se encuentra en lagos, ríos y en el suelo. Por lo tanto, solamente se cuenta con el 0,01% del agua

del mundo en lagos y ríos, con otro 0,01% presente como humedad en el suelo pero sin disponibilidad como abastecimiento para los humanos. Así, aunque aparenta haber mucha agua, hay en realidad muy poca disponible para el consumo humano (Paz, 2002).

El suministro de agua es un problema creciente en muchos países del mundo, ya que una cantidad apreciable de comunidades ven afectados sus recursos hídricos por una creciente escasez, salinidad o contaminación de los mismos. Este problema es común en las regiones áridas y semiáridas como la nuestra. Los sistemas de ósmosis inversa brindan una solución técnica interesante, especialmente para poblaciones que por su ubicación geográfica, no cuentan con recursos disponibles.

Con el crecimiento de la población mundial, la demanda del agua dulce ha aumentado, es por esta razón que se ha declarado al agua como un recurso escaso. En países donde la energía es barata, se opta por tratamientos como la evaporación de aguas salobres y en otros con abundantes recursos subterráneos de agua se usa el intercambio iónico, pero con el desarrollo de la tecnología actual ha surgido una nueva alternativa para el tratamiento de aguas, la ósmosis inversa que tuvo un desarrollo masivo en el campo de la desalación de aguas como las nuestras. Esta metodología, ensayada entre los años 1950 y 1970, puede reemplazar a las otras existentes o bien complementarse con ellas, consiste en separar un componente de otro en una solución mediante fuerzas ejercidas sobre una membrana semi-permeable. Los componentes básicos de una instalación consisten en un tubo de presión conteniendo la membrana o bien varios tubos ordenados en serie o paralelo. Una bomba suministra en forma continua el fluido a través de los tubos de presión (Riley, 2003).

Una cuestión a tener presente es la elevada inversión inicial para su instalación ya que como mencionamos su funcionamiento es relativamente simple.

No obstante, el funcionamiento de estos equipos debe controlarse periódicamente porque recordemos que el agua tratada va directamente al consumo humano, como así también se debe controlar el manejo del rechazo de las membranas que podrían contener contaminantes naturales como el arsénico.

El caso que nos ocupa implica el estudio de situaciones específicas, dentro del marco de la provincia de Santiago del Estero, donde el incremento en la salinidad, y cambio de parámetros físicos, de las aguas, lleva a estudiar cómo afectan los mismos a los procesos actuales

de potabilización, esta suerte de especificidad, dentro de lo general que es la problemática en ésta provincia (Arguelles, 2009).

Santiago del Estero está situada en la mitad septentrional del país, casi todo su territorio es llano, con un leve declive en dirección al sureste. La superficie es de 136.351 km², con una densidad de 5,9 hab/km². La población rural concentrada en pequeñas localidades de menos de 2000 habitantes totaliza 79.676 habitantes. La población rural dispersa, con un total de 202.397

habitantes, no alcanza el 40 % de cobertura de dichos servicios (Alonso, 2004).

Es en mayor o menor medida, una provincia altamente urbanizada, con ciudades que concentran buena parte de los sectores pobres, donde la población rural incluye al sector más vulnerable desde el punto de vista del riesgo sanitario al que está expuesto.

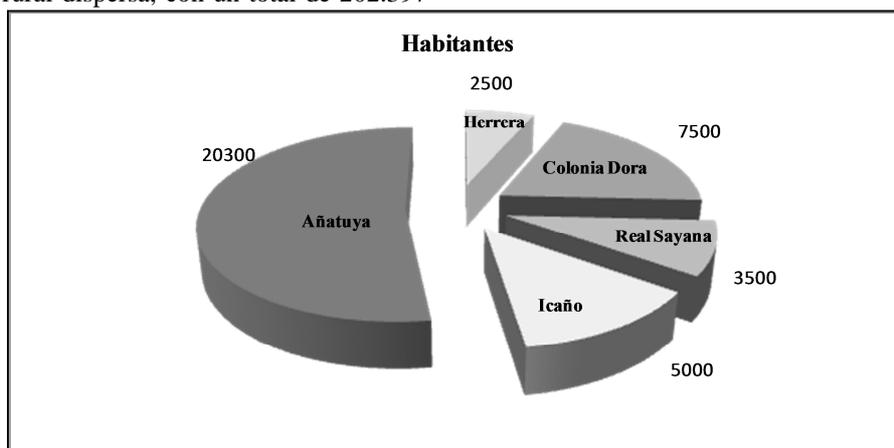


Figura 1: Población del área muestreada

En este trabajo, además de realizar un diagnóstico de las Plantas de nuestra provincia, se pretende a través del mismo relevar las condiciones actuales de las plantas, hábitos de consumo de la población que utiliza el agua proveniente de estas plantas, lugar o zona de vuelco del rechazo y planteo de alternativas para uso o vuelco del mismo en vistas al mantenimiento sustentable del funcionamiento de estas costosas instalaciones, no solo en lo que se refiere a la inversión inicial sino también a los costos operativos y de mantenimiento.

Es por ello que, de lograrse el objetivo propuesto, los resultados que se obtengan serán de una importancia notable ya que se podrá mejorar la calidad del agua para consumo humano lo que redundará en beneficio de una mejora en la calidad de vida de los habitantes. Por otra parte, la transferencia de lo investigado es prácticamente inmediata.

METODOLOGÍA

Todos los reactivos utilizados para los análisis, fueron de calidad analítica. Los métodos de medidas para los parámetros físico-químicos correspondientes, responden a la normativa vigente.

A fin de comprender el comportamiento físico-químico de las muestras analizadas, se expondrán a continuación los resultados obtenidos de los análisis realizados a las mismas: pH, Na⁺, K⁺, Ca⁺² y Mg⁺², conductividad, Cl⁻, CO₃⁻², HCO₃⁻, SO₄⁻², Alcalinidad y Dureza Total (Expresada como CaCO₃). En la Figura 2 se puede observar el área de estudio seleccionada para la toma de muestras.

RESULTADOS Y DISCUSION

“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 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. Deberán cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas siguientes”: (Código Alimentario Argentino, 2007). En la Tabla 1 se

muestran los límites máximos permitidos por el CAA para el agua de consumo humano.

Tabla 1: Límites máximos permitidos por el CAA para los parámetros que definen las características físicas, químicas, microbiológicas y sustancias inorgánicas:

Características físicas, químicas y microbiológicas SUATANCIAS INORGANICAS			
Indicador	Nivel maximo	Indicador	Nivel Maximo
Turbiedad	3 NTU	pH	6,5 – 8,5
Olor	Sin olor	Dureza Total (CaCO ₃)	400 mg. L ⁻¹
Sólidos Totales Disueltos	1500 mg. L ⁻¹	Cinc	5,00 mg. L ⁻¹
Hierro Total (Fe)	0,3 mg. L ⁻¹	Plomo	0,05 mg. L ⁻¹
Manganeso	0,10 mg. L ⁻¹	Plata	0,05 mg. L ⁻¹
Arsenico	0,01 mg. L ⁻¹	Cobre	1,00 mg. L ⁻¹
Cadmio	0,005 mg. L ⁻¹	Cromo	0,05 mg. L ⁻¹
Mercurio	0,001 mg. L ⁻¹	Cloro activo residual	0,2 mg. L ⁻¹
Cloruro	350 mg. L ⁻¹	Nitrito	0,10 mg. L ⁻¹
Nitrato	45 mg. L ⁻¹	Sulfatos	400 mg. L ⁻¹
Amoniaco	0,20 mg. L ⁻¹	Cianuro	0,10 mg. L ⁻¹
Alcalinidad	800 mg. L ⁻¹	Sodio	200 mg. L ⁻¹
Fluoruro (*)	0,9 – 1,7 mg. L ⁻¹		
EscherichiaColi (**)	Ausencia en 100 mL		
Pseudomonauuginosa(**)	Ausencia en 100 mL		

(*) Los límites están establecidos de acuerdo a las temperaturas imperantes
 (**) Bacterias coliformes NMP (Numero mas probable) a 37°C – 48 hs. (Caldo Mc Conkey o Lauril Sulfato) en 100 mL: igual o menor a 3.

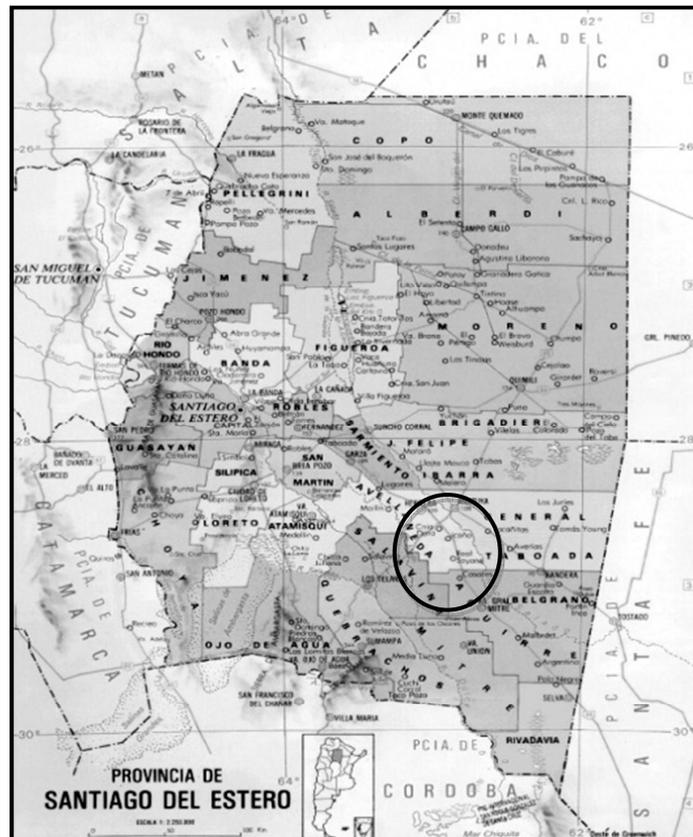


Figura 2: Zona de muestreo

El objetivo de esta norma es dar una mayor protección a las personas frente a los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de aguas destinadas al consumo humano, en las que se debe garantizar la salubridad y la limpieza.

El agua que se utiliza para abastecer a la población, proviene principalmente del Río Salado, ya que es la zona de influencia en las localidades donde se realizó el relevo de datos, a continuación se describen detalles técnicos de las plantas potabilizadoras relevadas.

La zona más estudiada de la Provincia de Santiago del Estero corresponde al noroeste, desde Monte Quemado en el Departamento Copo hasta el Río Salado, donde se han analizado aguas con alto grado de contaminación (Bundsuh, 2004), el área de estudio para el presente trabajo es al sureste de la provincia, con la influencia directa del Río Salado.

REAL SAYANA: Encargado de mantenimiento y operador: Sr. Carlos Antonio Guiscafe.

La planta potabilizadora se halla prácticamente en la entrada del pueblo, en una zona de fácil acceso para el resto de la población, la estructura edilicia

es antigua, defectuosa y precaria. Funciona solamente durante el día y debe abastecer a aproximadamente 3500 habitantes entre la población rural y dispersa. El agua cruda se extrae de 2 represas contiguas, de las cuales, una es totalmente limpia, pero no hay fauna ictícola y la otra es totalmente turbia con presencia de flora y fauna nativa, se abastecen regularmente de las dos de manera indiscriminada. Al salir de la represa el agua pasa por filtros de arena y en algunas ocasiones, también lleva proceso de cloración, lo cual implicaría que no se encuentra desinfectada adecuadamente, por otro lado, al llegar el verano, y aumentar el caudal en el Río Salado, los desbordes producidos acrecientan la salinidad del agua por la presencia de sulfatos. Los pobladores también reciben agua de red, pero no se puede utilizar para consumo humano, por lo que deben recurrir a la planta a retirar en bidones el agua para abastecer sus necesidades básicas.

El caudal de producción es de 2000 L.h⁻¹, lo cual implica 300000 L.dia⁻¹.

En la tabla 2 se muestran las propiedades físico-químicas de las muestras de agua analizadas, en la cual se pueden observar los parámetros para la muestra de agua cruda y agua tratada por el método mencionado mas arriba.

Tabla 2: Valores obtenidos en el análisis físico-químico del agua.

Parámetro	Agua Cruda	Agua Tratada
Conductividad ($\mu\text{s.cm}^{-1}$)	1932	1588
pH	7,25	5,85
Dureza total mg.L ⁻¹	145	120
Alcalinidad mg.L ⁻¹	250	100
[Cl ⁻] mg.L ⁻¹	305	245
[CO ₃ ⁻²] mg.L ⁻¹	183	0
[HCO ₃ ⁻] mg.L ⁻¹	183	122
[SO ₄ ⁻²] mg.L ⁻¹	274	236
[Na ⁺] mg.L ⁻¹	359,5	285
[K ⁺] mg.L ⁻¹	43	31
[Ca ⁺²] mg.L ⁻¹	30	28
[Mg ⁺²] mg.L ⁻¹	17	12

Los valores que superan la normativa vigente establecida por el CAA, se encuentran resaltadas en las tablas indicativas, donde el pH evidencia una leve acidificación del agua luego del tratamiento, pero sin riesgos para la salud, y el elevado contenido de sodio, le confiere al agua un

sabor típicamente salobre que puede causar daños gastrointestinales leves.

ICAÑO: Encargado de mantenimiento y operador: Sr. Conrado Pettula.

La planta se encuentra al final del pueblo por un camino vecinal de fácil acceso, hay distribución

domiciliaria del agua de la planta con 600 conexiones aproximadamente, que abastece a 5000 pobladores. El agua cruda proviene de una represa construida para tal fin hace 8 años y de la cual no se hace mantenimiento alguno. Poseen una planta de filtro rápido con filtros de grava, pero no hay mantenimiento de la misma. También hay una planta de osmosis inversa pequeña, pero su funcionamiento es irregular, ya que funciona 2 semanas aproximadamente y luego se detienen desconociendo el motivo del problema.

La planta de filtro rápido produce un caudal de 40000 L.h⁻¹ y la de osmosis inversa produce 2000 L.dia⁻¹.

En la tabla 3 se muestran las propiedades físico-químicas de las muestras de agua analizadas, en la cual se pueden observar los parámetros para la muestra de agua cruda y agua tratada por el método mencionado y agua tratada por osmosis inversa

Tabla 3: Valores obtenidos en el análisis físico-químico del agua.

Parámetro	Agua Cruda	Agua Tratada	Agua de osmosis
Conductividad ($\mu\text{s.cm}^{-1}$)	1820	2005	618
pH	6,63	7,12	2,57
Dureza total mg.L^{-1}	155	135	0
Alcalinidad mg.L^{-1}	200	175	0
[Cl ⁻] mg.L^{-1}	206	312	60
[CO ₃ ⁻²] mg.L^{-1}	0	0	0
[HCO ₃ ⁻] mg.L^{-1}	244	213	0
[SO ₄ ⁻²] mg.L^{-1}	408	384	0
[Na ⁺] mg.L^{-1}	322	379	139
[K ⁺] mg.L^{-1}	31	31	19
[Ca ⁺²] mg.L^{-1}	52	28	0
[Mg ⁺²] mg.L^{-1}	6	16	0

Los valores que superan la normativa vigente establecida por el CAA, se encuentran resaltadas en las tablas indicativas, donde el pH evidencia una gran acidificación del agua de la planta de osmosis, evidenciando un posible mal funcionamiento de la membrana intercambiadora de iones, con riesgos para la salud por la acidez del agua, en tanto que el elevado contenido de sodio, le confiere al agua un sabor típicamente salobre que puede causar daños gastrointestinales leves.

COLONIA DORA: Encargado de mantenimiento y operador: Sr. Jose Mansilla, los cambios de membrana para la planta de osmosis inversa están a cargo del Sr. Alberto Chein y se realiza aproximadamente cada 6 meses.

La planta potabilizadora se encuentra en el corazón del pueblo, y abastece del suministro de agua a 7500 personas aproximadamente. El agua

cruda proviene de una represa que se alimenta principalmente de lluvia y desbordes del Rio Salado. Poseen una planta de filtro lento, donde llega el agua, que luego se clora y es enviada por la red, pero no es para consumo humano, solo se utiliza para higiene y quehaceres domésticos.

El agua de consumo proviene de una planta de osmosis inversa que se mantienen a fin de proveer a la población agua de bebida y se mantiene cada 6 meses en el recambio de membranas y colocación de químicos para mantenimiento de los filtros.

La planta de osmosis produce 8000 L.dia⁻¹ y los pobladores la recogen de la misma planta, ya que no hay distribución domiciliaria.

En la tabla 4 se muestran las propiedades físico-químicas de las muestras de agua analizadas, en la cual se pueden observar los parámetros para la muestra de agua cruda, agua cruda de distribución domiciliaria, agua tratada por osmosis inversa y agua de rechazo.

Tabla 4: Valores obtenidos en el análisis físico-químico del agua.

Parametro	Agua Cruda			
	Agua Cruda	(Distr)	Agua Osmosis	Agua Rechazo
Conductividad ($\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$)	618	1820	2005	1800
pH	7,29	6,92	6,53	7,47
Dureza total $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	0	155	135	130
Alcalinidad $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	0	200	175	250
$[\text{Cl}^-]$ $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	60	206	312	277
$[\text{CO}_3^{-2}]$ $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	0	0	0	0
$[\text{HCO}_3^-]$ $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	0	244	213	305
$[\text{SO}_4^{-2}]$ $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	0	408	384	259
$[\text{Na}^+]$ $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	139	322	379	331
$[\text{K}^+]$ $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	19	31	31	31
$[\text{Ca}^{+2}]$ $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	0	52	28	34
$[\text{Mg}^{+2}]$ $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	0	6	16	11

Los valores que superan la normativa vigente establecida por el CAA, se encuentran resaltadas en las tablas indicativas, el elevado contenido de sodio y sulfatos, le confiere al gua un sabor típicamente salobre que puede causar daños gastrointestinales leves, pero en el caso de Colonia Dora, el agua de distribución se utiliza solo para quehaceres domésticos, no para consumo humano.

AÑATUYA: es la planta potabilizadora más grande de la provincia gestionada por el gobierno provincial, está ubicada en las afueras de la ciudad.

El agua cruda proviene de una represa alimentada por precipitaciones y desbordes del Rio Salado. El agua cruda entra desde la represa y es enviada a depósitos de sedimentación y coagulación, donde esta aproximadamente unas 5 horas, de allí es conducida por filtros lentos de arena y luego se deposita en dos tanques cisterna de 150.000 L cada uno; una vez que atraviesa el filtro lento pasa a 2 tanques que contienen filtros con carbón activado y luego nuevamente pasan por filtros de arena, una vez que atravesaron estos cuatro filtros, recién el agua pasa a ser tratada por osmosis inversa provistas con membrana de ósmosis inversa basadas sobre un polímero de poliamida tradicional, el cual tiene una carga superficial negativa para la mayoría de los pH de operación. Por último se agrega cloro al agua y se

almacena en cisternas de 150000 L de donde luego se distribuye a red domiciliaria de abastecimiento.

Se produce un rechazo a la salida de la planta de osmosis inversa que posee una conductividad de aproximadamente 3000 a 3500 $\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$ y hay factibilidad de reciclar el agua para ser utilizada en el proceso nuevamente.

La planta tiene una producción aproximada de 1.000.000 $\text{L}.\text{dia}^{-1}$.

En la tabla 5 se muestran las propiedades físico-químicas de las muestras de agua analizadas, en la cual se pueden observar los parámetros para la muestra de agua cruda y agua tratada por osmosis inversa y agua de rechazo.

Los valores que superan la normativa vigente establecida por el CAA, se encuentran resaltadas en las tablas indicativas, hay una leve desviación en los valores del pH de acuerdo al CAA, pero que no representan una amenaza a la salud de la población, el elevado contenido de sodio y sulfatos, le confiere al gua un sabor típicamente salobre que puede causar daños gastrointestinales leves, pero en el caso de Añatuya, el agua cruda no se utiliza para consumo humano, si no que va al tratamiento de osmosis inversa para ser distribuida a la población, mientras que el agua de rechazo, presenta desviaciones en cuanto a pH, sulfatos y sodio, pero tampoco es utilizada por los habitantes, si no que en épocas de sequía se recircula para un nuevo tratamiento.

Tabla 5: Valores obtenidos en el análisis físico-químico del agua.

Parametro	Agua Cruda	Agua Tratada	Agua Rechazo
Conductividad ($\mu\text{s.cm}^{-1}$)	1748	833	3930
pH	6,24	5,5	6,38
Dureza total mg.L^{-1}	85	55	255
Alcalinidad mg.L^{-1}	250	100	250
[Cl ⁻] mg.L^{-1}	284	233	277
[CO ₃ ⁻²] mg.L^{-1}	120	0	0
[HCO ₃ ⁻] mg.L^{-1}	183	122	305
[SO ₄ ⁻²] mg.L^{-1}	317	0	1296
[Na ⁺] mg.L^{-1}	315	149	759
[K ⁺] mg.L^{-1}	39	31	58
[Ca ⁺²] mg.L^{-1}	34	12	58
[Mg ⁺²] mg.L^{-1}	12	6	26

CONCLUSIONES

Las plantas de osmosis estudiadas funcionan relativamente bien, salvo el caso de la localidad de Icaño, donde sería necesario el estudio de la membrana para tratar de optimizar los valores de pH en el agua de consumo de la población.

El agua para consumo humano es indispensable que reúna condiciones químicas, físicas y microbiológicas para evitar enfermedades de transmisión hídrica, es por ello que la mejora en los procesos de potabilización no solo es una necesidad técnica sino también de salud, como parte de la medicina preventiva, donde es necesario hacer todos los esfuerzos posibles para que la misma sea una situación normal y no una mera casualidad, y no se deben escatimar los

esfuerzos ni dejar nada librado al azar en pos de ese objetivo.

También se busca eliminar el impacto ambiental perjudicial para las napas subterráneas del mal manejo del rechazo de estas plantas proponiendo alternativas que optimicen el destino de los mismos.

El alcance del estudio es provincial, cubriendo las plantas potabilizadoras sin concesión de servicios que figuran en el mapa que se adjunta. Los resultados que se obtuvieron son de una importancia notable ya que se podrá mejorar la calidad del agua para consumo humano lo que redundará en beneficio de un aumento en la calidad de vida de los habitantes de la provincia.

REFERENCIAS

- Alonso, C. 2004. Estudio de la situación de la prestación de los Servicios No concesionados. *Ente Regulador de Servicios de agua y cloacas en Santiago del Estero*. 2002
- Arguelles, C; R. Paz & J. Zurita, Búsqueda permanente de la sostenibilidad del Medio Ambiente: El caso de las Plantas Potabilizadoras de agua de la provincia de Santiago del Estero, *Revista Nuevas Propuestas*, ISSN 0327-7437. 2009
- Bundschuh J., B. Farías, R. Martín, A. Storniolo, P. Bhattacharya & J. Cortes, Groundwater arsenic in the Chaco-Pampean Plain, Argentina. *Applied Geochemistry*; 19(2): 231-243. 2004.
- Código Alimentario Argentino. Art. 982 de la Resolución del Ministerio de Salud y Acción Social N° 494. Decreto 2194/94. 2007.
- Paz, R & E. Monti, Cátedra Abierta de Santiago del Estero-Documento de Trabajo N° 3- *Universidad Católica de Santiago del Estero*. 2002
- Riley, R. Recent Developments in thin Film Composite Reverse Osmosis Membrane Systems. 2003.