



FACULTAD DE CIENCIAS
NATURALES
E INSTITUTO MIGUEL LILLO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



**Título: “Plan de Gestión del agua en una embotelladora de
bebidas en la Provincia de Tucumán, Argentina”.**

Maestría en Gestión Ambiental.

**Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo
Universidad Nacional de Tucumán.**

Autor: Lic. en Biotecnología Bruno Maximiliano Mauro

Director: Dr. Carlos Martín Falcón

15 de setiembre de 2023

DEDICATORIA

PARA VOS PA!

AGRADECIMIENTOS

- A mi familia, mi esposa Romina y mi hijo Augusto que es la alegría y orgullo del hogar.
- A mis padres Lucía y Vicente que me dieron todo en esta vida para poder salir adelante. Al apoyo siempre de mi hermano Kevin.
- A mi director de tesis el Dr. Carlos Martin Falcón por su profesionalismo para trabajar y guiarme en este proyecto.
- A los integrantes de la Comisión de Supervisión de Tesis de Maestría, Dres. María Elena Puchulu y Jorge Walter García por sus valiosos aportes al desarrollo de este trabajo.
- Al personal de planta embotelladora Arcaccontinental, jefe, supervisores y operarios por la ayuda e información brindada para poder realizar el presente trabajo.
- A la IV cohorte de la Maestría en Gestión Ambiental y autoridades del Instituto Miguel Lillo.

ÍNDICE

Resumen.....	8
1. Introducción.....	10
2. Marco teórico.....	13
2.1 Ubicación Geográfica de la planta embotelladora	13
2.2. Perfil Hidrogeológico de la Región.....	14
2.3. Caracterización climática	16
2.4. Precipitaciones	17
2.5. Horizontes Acuíferos Explotados.....	18
3. Objetivos del Estudio.....	19
3.1. Objetivo General.....	19
3.2. Objetivos Específicos.....	19
4. Metodología	20
4.1. Estudio del Perfil Hidrogeológico de la Cuenca Baja donde se emplaza la Planta Embotelladora	20
4.1.1. Análisis del Balance Hidrológico	20
4.1.2. Determinación de una posible sobreexplotación de la Cuenca Baja mediante determinación de los Parámetros Hidráulicos de los Pozos.....	21
4.1.2.1. Censo de Pozos.....	21
4.1.3. Análisis de la calidad de agua.....	24
4.1.4. Alternativas de suministro de agua para la Planta Embotelladora ..	25

4.2. Identificación del Balance de Agua en la Planta Embotelladora	25
4.2.1. Realización del Diagrama de Flujo de Agua	26
4.2.2. Relevamiento de los Puntos de Recuperación y Fuentes Alternativas	28
4.3. Entrevista al Personal de Planta acerca del Uso Racional y Sustentable de Agua y Acciones de Concientización y Educación al respecto	31
5. Resultados	32
5.1. Perfil Hidrogeológico de la Cuenca Baja.....	32
5.1.1. Balance Hidrológico de la Cuenca Baja. Determinación de la Eficiencia y Transmisividad de los Pozos de la zona	32
5.1.2. Análisis de posible Sobreexplotación de la Cuenca Baja.....	38
5.1.3. Calidad de Agua de los Pozos de la Planta Embotelladora	59
5.1.4. Fuentes Alternativas de Abastecimiento de Agua para la Planta Embotelladora	63
5.2. Plan de Gestión del Balance de Agua en la Planta Embotelladora	68
5.2.1. Diagrama de Flujo de Agua.....	69
5.2.2. Puntos de Recuperación y Fuentes Alternativas: Aprovechamiento del Agua de Rechazo de la Ósmosis	72
5.2.3. Optimización del Proceso Industrial y Mejora en el Rendimiento de Agua (Ratio).....	75
5.2.4. Ahorro de Insumos y Energía Eléctrica a lo largo del Proceso Industrial.....	80
5.2.5. Caudales Efluentes por Temporada de Producción y Estaciones...	81

5.4. Nivel de Conciencia sobre el Uso Racional de Agua por parte del Personal de la Planta Embotelladora y Acciones Educativas Realizadas	82
6. Discusión	90
6.1. El Recurso Hídrico Subterráneo de la Cuenca Baja no se encuentra Sobreexplotado en la actualidad. Potenciales Alternativas de Abastecimiento	90
6.2. Optimización en el Uso de Agua en las Distintas Etapas del Proceso Industrial	93
6.3. Concientización acerca del Uso Eficiente de Agua en la Planta Embotelladora para un Futuro Crecimiento Sostenible	94
6.4. Proyecciones futuras de crecimiento en el consumo de la Planta	96
7. Conclusiones.....	98
8. Proyecciones	100
9. Bibliografía.....	101
Apéndice 1	104
Apéndice 2	105

Resumen

Tucumán cuenta con una fuerte actividad económica relacionada a plantas embotelladoras de aguas minerales, saborizadas y gaseosas carbonatadas, que se concentra en El Manantial, Departamento de Lules, debido a la gran pureza de las aguas subterráneas. Entre las industrias allí emplazadas, se destaca una embotelladora de bebidas gaseosas, jugos y aguas minerales con características de mega planta por los volúmenes de producción que opera, y es el objeto de estudio del presente trabajo de tesis. El recurso agua atraviesa varias etapas desde su extracción subterránea hasta convertirse en el producto deseado, y dichas etapas constituyen una oportunidad de recuperación. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo plantear un plan de gestión que incluya el análisis de cada oportunidad de optimización y recuperación de agua desde su extracción de las napas subterránea pasando por su empleo durante el proceso industrial de la planta embotelladora para convertirse en el producto final, hasta su consumo por parte del personal de la planta. Dicho plan de gestión contempla la implementación de un programa de acciones concretas que en su conjunto permitan optimizar la utilización de agua en la planta. Se observó un aumento del consumo de agua en la planta a partir de 2015, con una explotación promedio diaria de 1.555 m³ (caudal de 65 m³/h) y 7 a 8 horas de bombeo promedio por pozo con picos de 12 h. Sin embargo, no existe sobre extracción de agua ya que se explota el 30% de la capacidad productiva de cada pozo. En cuanto a los puntos de recuperación de agua a lo largo del proceso industrial, se optimizaron numerosas líneas dentro del proceso industrial, incluyendo los circuitos cerrados de limpieza (CIP), disminuyendo el agua de rechazo de ósmosis inversa y

recuperando el agua de la ósmosis 4. Estas optimizaciones llevaron a disminuir el ratio de agua de 1,78 (año 2019) a 1,75 (año 2020), lo que representan aproximadamente 6.925 m³ de agua ahorrada. El ahorro en agua, a su vez, significó un ahorro económico en el uso de los insumos y servicios necesarios para el tratamiento del agua, sumado al menor impacto medioambiental que se generó. Finalmente, mediante la encuesta realizada al personal de la planta, también se detectaron oportunidades de mejora para alcanzar un uso y consumo racional de agua entre los empleados de la planta. Para ello, se dictaron charlas de concientización y educación para el uso racional y eficiente de agua y se entregaron folletos. Como conclusión del presente trabajo de tesis, el plan integral de gestión del agua planteado desde su extracción subterránea hasta su utilización industrial para obtener el producto final, permitieron optimizar el uso de agua en la planta embotelladora de agua y gaseosas emplazada en El Manantial, Tucumán.

1. Introducción

La provincia de Tucumán es el centro económico del noroeste argentino (NOA). El clima subtropical con estación seca la convierte en una provincia con un enorme potencial. La disponibilidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos beneficia la diversidad del desarrollo agropecuario e industrial. De hecho, tiene la mayor cuenca acuífera del NOA (Instituto de Desarrollo Productivo de Tucumán, 2019). Esta característica en particular permite que en la provincia se desarrolle una fuerte actividad económica relacionada a plantas embotelladoras de aguas minerales, saborizadas y gaseosas carbonatadas. Esta actividad se concentra principalmente en el sector periurbano conocido como El Manantial, ubicado en el Departamento de Lules, en plena conjunción funcional con el Gran San Miguel de Tucumán. Dicho sector cuenta con aguas subterráneas de gran pureza y adecuados volúmenes de extracción para las operaciones fabriles, por lo que, a lo largo de su historia, ha sido objeto, y sigue siéndolo, de una intensa explotación de los recursos hídricos subterráneos por parte de la población, industria y actividades agropecuarias.

En esta región de la provincia de Tucumán se destaca el emplazamiento de tres plantas embotelladoras de aguas gaseosas, como Coca Cola, EDISA (ex Pepsi Cola) y CERSA (ex Torasso), además de industrias alimenticias como CALSA SAIC, procesadoras de cítricos y frutillas, y otros emprendimientos. Es importante destacar que no solo el sector industrial hace uso intensivo de las aguas subterráneas, sino que también la población que se asienta en el área de El Manantial. El mismo cuenta con más de una veintena de populosos barrios que en conjunto superan los 31.000 habitantes (Falcón y col., 2011; Falcón y García,

2009; INDEC, 2010; Marcellino y Falcón, 2014). Una de las industrias más importantes emplazadas en esta zona consiste en una mega planta embotelladora de bebidas gaseosas, jugos y aguas minerales que ocupa un predio de 13,8 hectáreas aproximadamente. La misma se encuentra ubicada al sudoeste de la ciudad de San Miguel de Tucumán, en la ruta provincial N° 301, en el límite de los departamentos Capital y Lules, dentro de la Jurisdicción de la Municipalidad de San Miguel de Tucumán (Figura 1).

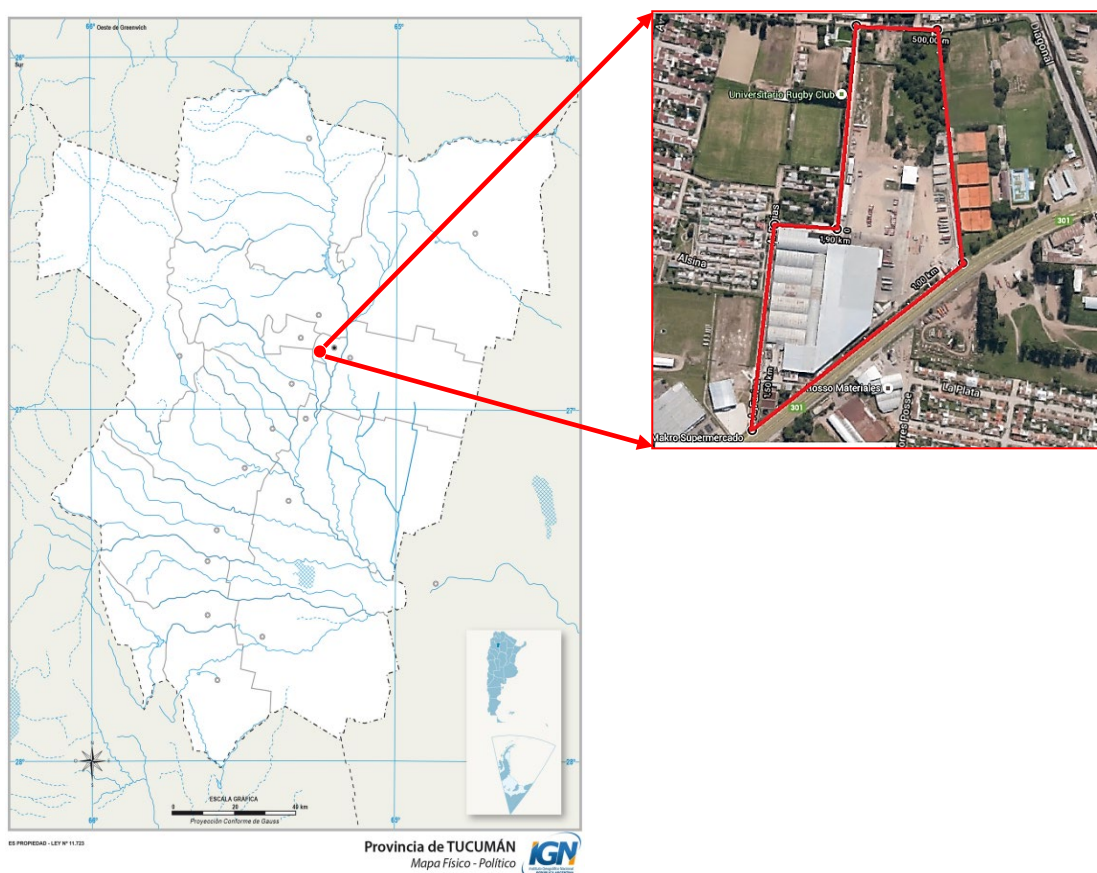


Figura 1. Mapa con la ubicación de la Planta Embotelladora, situada en El Manantial, Tucumán. Fuente: Instituto Geográfico Nacional y Google Maps.

El producto principal de la planta embotelladora son las bebidas gaseosas, jugos y aguas minerales embotelladas por lo que la materia prima principal es el agua. Ésta se obtiene del agua subterránea de la zona mediante pozos de bombeos

situados en el predio de la fábrica. Actualmente, la planta cuenta con tres pozos de agua, los cuales aportan en conjunto 300 m³/h aproximadamente, funcionan de manera alternada, y se encuentran perforados a profundidades entre 80 y 130 m. Desde la extracción de este recurso “cuasi renovable” a las tasas de extracción actuales hasta su disposición final, existen varias etapas del proceso industrial por las que debe pasar el recurso “agua” para llegar a convertirse en el producto final. En todas estas etapas, se generan distintas sustancias sólidas y líquidas, y también se registran pérdidas de aguas. La empresa cuenta con diversos programas de cuidado del medio ambiente, como el denominado “**Plan de Protección de Fuente del Agua**”, cumpliendo con estrictos controles y regulaciones nacionales e internacionales, con el fin de minimizar el impacto que genera esta actividad industrial sobre el medioambiente. El tratamiento del efluente industrial de la planta, por ejemplo, se lleva a cabo mediante la aplicación de barros de lodos activados, generando un efluente que cumple con las exigencias de las regulaciones locales.

Si bien el proceso industrial de dicha planta embotelladora está estandarizado y controlado, representa una oportunidad para optimizar el uso de agua y obtener el producto final en cantidades suficientes al menor costo posible. Resulta fundamental, entonces, conocer cuál es la situación actual en cuanto a la extracción de aguas subterráneas de los tres pozos activos de la planta, cómo es el consumo durante el proceso industrial, y cuál es el uso que hace y el nivel de conocimiento y compromiso que tiene el personal de la planta embotelladora en cuanto al uso responsable y racional del recurso. Toda esta información en su conjunto permitiría realizar un relevamiento de la situación actual del consumo de agua en la planta y buscar oportunidades para optimizar la utilización del recurso.

2. Marco teórico

2.1 Ubicación Geográfica de la planta embotelladora

La zona donde se emplaza la planta embotelladora está ubicada en el extremo Noroeste de la Cuenca Hidrogeológica Tucumano-Santiagoña, Subcuenca del Río Salí, que cubre gran parte de la llanura oriental de Tucumán. Para analizar la hidrogeología local, se utilizó como área de referencia la cuenca sur de la vertiente oriental de las Sierras de San Javier, desde la subcuenca superficial del Río Muerto hasta la subcuenca del Arroyo San Pablo (Figura 2). Dentro de esta extensa región, se encuentran las localidades de Yerba Buena, La Rinconada, Ojo de Agua, Ohuanta y El Manantial, donde se han establecido numerosos núcleos urbanos, emprendimientos agrícolas y complejos industriales.

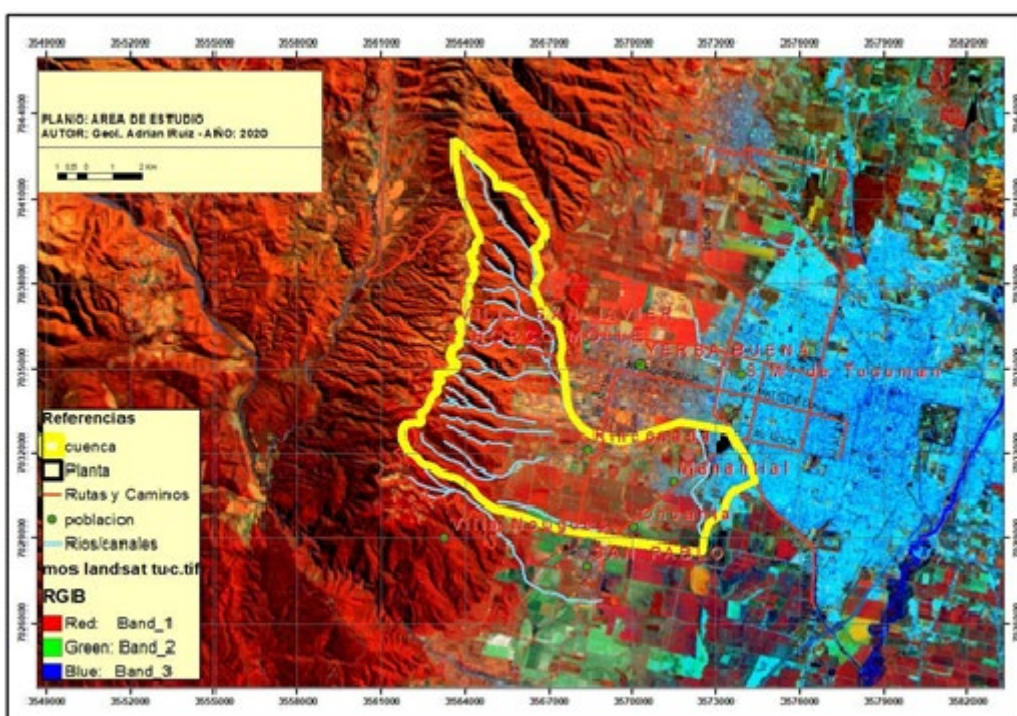


Figura 2. Mapa del sector sur de la cuenca hidrológica de la Vertiente Oriental de San Javier.

2.2. Perfil Hidrogeológico de la Región

Desde el punto de vista hidrogeológico, se reconocen tres tipos de acuíferos: el freático superficial, que aflora y se encuentra hasta los 10 m de profundidad; el acuífero semiconfinado, que se ubica entre los 10 y 50 m de profundidad y por último los acuíferos confinados, entre los 50 y 200 m de profundidad (Figura 3). Por debajo de esta profundidad las condiciones de niveles permeables disminuyen progresivamente. Esta configuración de acuíferos se manifiesta mejor en la Cuenca Baja del sector donde se encuentra ubicada la planta embotelladora.

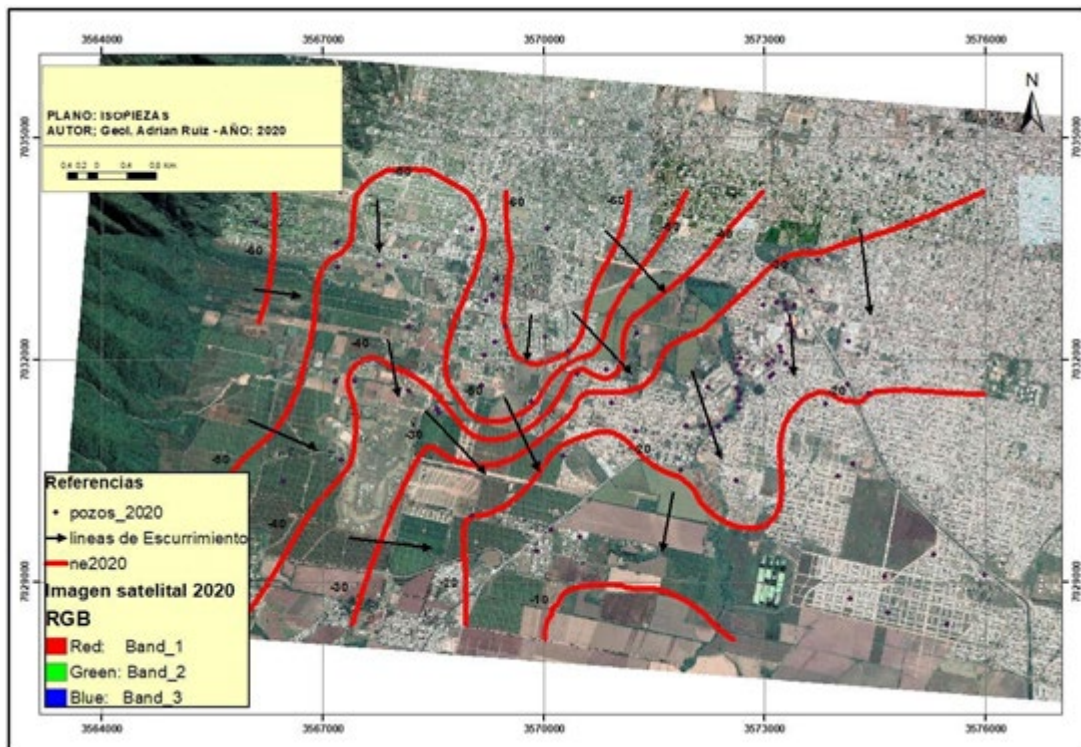


Figura 3. Isopiezas con sus líneas de escurrimiento. Año 2020. Geol. Adrián Ruíz.

Con el avance de las investigaciones del sector, analizando la geofísica de las estructuras geológicas, se determinaron tres sectores hidrogeológicos con características diferentes (García y col., 2014). A los fines de identificar estos

sectores, en el presente trabajo de Tesis se los denominó Cuenca Alta, Sector de Lomadas y Cuenca Baja. La Cuenca Alta está ubicada principalmente en la zona de pedemonte hasta aproximadamente la Avenida Solano Vera (Yerba Buena, Tucumán, Argentina); se caracteriza por sedimentos gruesos y acuíferos de tipo freáticos o semi freáticos y con niveles estáticos entre los -30 y -40 metros bajo boca de pozo y caudales específicos de 2 a 3 m³/h/m. Es una zona de recarga, la cual viene principalmente del sector de las Sierras de San Javier. El Sector de Lomadas se extiende desde las Lomas de Imbaud hasta sobrepasar la localidad de San Pablo tendiendo a desaparecer hacia el sur; se caracteriza por una zona de pequeñas lomadas que se corresponde con la continuidad de las Lomas de Imbaud en el subsuelo, produciendo un alto estructural que afecta significativamente la circulación de las aguas subterráneas. Esta zona de lomadas se caracteriza por sedimentos finos limos y arcillas con intercalaciones de arenas finas pertenecientes al Terciario superior, las perforaciones son profundas con niveles estáticos por debajo de los -70 metros bajo boca de pozo y con caudales específicos de 0.5 a 1 m³/h/m. Este alto estructural divide al área de estudio en la Cuenca Alta y Baja, y es el responsable del área de surgencia que existe en el sector bajo y de los afloramientos de vertientes como el Arroyo Manantial.

La Cuenca Baja es la región donde se encuentra ubicada la planta embotelladora, y es el área donde predominan los tres tipos de acuíferos mencionados. En este sector actualmente se observan niveles estáticos entre los -30 y -10 metros bajo boca de pozo y con caudales específicos de 10 a 15 m³/h/m, siendo el área con el mayor número de perforaciones. El sector de la

planta no solo recibe la recarga proveniente de las Sierras de San Javier sino también del sector Norte de la Cuenca, lo que garantiza la recarga.

2.3. Caracterización climática

De acuerdo con la clasificación de Köppen, el tipo de clima presente en el área de influencia de la planta embotelladora es de tipo mesotermal (templado) con invierno seco, y se denota con la sigla CWAK (Torres Bruchman, 1978). Los climas denominados con la letra “W” son aquellos en los cuales el monto de lluvia del mes más húmedo es 10 veces mayor o más que el del mes más seco. La “K” indica que el clima es frío, con temperatura media anual inferior a 18°C y la media del mes más caluroso es superior a 18°C. La “B” indica que la temperatura del mes más cálido es menor de 22°C y que la temperatura de cuatro o más meses es superior a 10°C. Las temperaturas son elevadas en verano y bajas en invierno, con una gran amplitud térmica. La temperatura media anual ronda los 18°C a 20°C.

El área en estudio se clasifica como clima perhúmedo mesotermal, con poca o ninguna deficiencia de agua, AB'2ra'. Las precipitaciones del mes más lluvioso son diez veces mayores que las del mes más seco, la temperatura media del mes más caluroso es superior a los 22°C, la temperatura media anual es mayor a 18°C y la media térmica del mes más frío es menor a los 18°C. La temperatura media del mes más frío (Julio) es de 9°C, inferior a 18°C, pero superior a -3°C, mientras que la temperatura media del mes más caluroso (enero) es superior a 10°C (19°C).

2.4. Precipitaciones

Las precipitaciones constituyen un factor de importancia directa en el escurrimiento superficial y subterráneo. En la zona bajo estudio, las mismas presentan una gran irregularidad temporal y geográfica, con alternancia de años húmedos y secos. La precipitación media anual en dicha zona alcanza los 800 a 1.000 mm (EEAOC, 2020, datos inéditos). Se presentan dos estaciones netamente marcadas durante el año, la estación seca y la húmeda. La estación húmeda comprende los meses de octubre a marzo, correspondientes primavera y verano, cuando se produce aproximadamente el 85% de las precipitaciones anuales; esto genera la recarga del acuífero con un valor neto de 31,17 Hm³. La otra estación es más seca, presenta muy bajas precipitaciones, y se corresponde a los meses de abril a septiembre. El monto total anual promedio de precipitaciones es de 1.100 a 1.200 mm, concentrándose un alto porcentaje entre enero y marzo (alrededor del 70%).

El régimen de precipitaciones es de tipo monzónico, donde el máximo de lluvias coincide con las máximas temperaturas. Casi el 70% del total anual se concentra en los meses de diciembre a marzo, un 50% del total anual en el verano y hasta un 85% durante el semestre húmedo correspondiente a octubre-marzo (Marcellino, G. y Falcón, C. M. 2014). Esto da una clara idea acerca de que es el periodo de verano cuando la serranía se ve sujeta a la influencia de grandes volúmenes de agua, que movilizan sólidos, provocan deslizamientos de laderas y el desborde de los cauces que no tienen capacidad para conducirlos.

El arroyo El Manantial es el colector hídrico principal del área, discurriendo al Este-Sudeste de la planta. Es el más importante en la zona de llanura y el único que lleva agua permanente, con un recorrido preferente de Norte a Sur (N-S). El

arroyo nace en la localidad de Ojo de Agua y su principal alimentación es el Río Muerto, el cual se infiltra en el pedemonte para aflorar en la localidad de Ojo de Agua. En su trayecto se une con el río Lules para luego desembocar en el río Salí.

2.5. Horizontes Acuíferos Explotados

La fuente de agua para fines diversos en la región bajo estudio se obtiene mayormente de las aguas subterráneas. El aporte de las aguas superficiales es muy bajo ya que éstas se infiltran rápidamente en el pedemonte del sector, el cual corresponde también al área de recarga de los acuíferos freáticos y profundos. Se pueden distinguir dos horizontes acuíferos explotados, una capa libre o freática y capas confinadas. Las capas freáticas son horizontes permeables sin presión hidrostática, están influenciados por la infiltración directa del agua de lluvia o indirectamente por penetración de las aguas superficiales que corren sobre lechos permeables. Estos acuíferos se encuentran limitados en su parte inferior por una capa impermeable o semipermeable, y están en equilibrio con la presión atmosférica en su parte superior. Los niveles freáticos y semifreáticos fluctúan entre 6 y 40 m.bbp, dependiendo de las condiciones geológicas del subsuelo, topografía y recarga. Este recurso hídrico subterráneo es aprovechado principalmente en el sector de pedemonte. Cabe destacar que el consumo de este tipo de aguas trae aparejados graves riesgos a la salud humana por la presencia de contaminantes bacteriológicos, por lo que el uso es principalmente para consumos domésticos. Mientras que una capa confinada o estrato acuífero confinado, está encerrado entre dos capas de carácter impermeable que lo aíslan de tal manera que impiden toda conexión hidráulica con el agua libre, salvo en el área de recarga. Se recargan por la infiltración de agua de lluvia, pudiendo estar

alejados varias decenas de kilómetros de su zona de alimentación. Al perforar estas capas, el agua contenida en el acuífero asciende debido a la presión hidrostática que ejercen sobre ella las aguas más altas. Los niveles en la zona pueden ser positivos (o acuíferos surgentes), o negativos (o acuíferos semisurgentes). Los primeros presentan valores de + 0,5 a + 15 metros sobre nivel del terreno (m.s.n.t.), como lo era en la década de 1960. Mientras que los segundos presentan valores de 12 y 40 m.bbp, tal cual se observa en la actualidad.

3. Objetivos del Estudio

3.1. Objetivo General

El presente estudio tiene como objetivo diseñar un plan de gestión integral del agua de la planta embotelladora ubicada en El Manantial, Tucumán, que abarque la extracción de aguas subterráneas y el consumo durante el proceso industrial y dentro de la planta por parte del personal. Dicho plan consiste en tres etapas, que incluyen el estudio del perfil hidrogeológico de la cuenca donde se emplaza la planta, la identificación del balance de agua de la planta, y la entrevista al personal de la planta sobre el consumo de agua. En base a los resultados, se propone analizar las oportunidades de recuperación de agua a lo largo del proceso industrial e implementar acciones concretas tendientes a optimizar la utilización de agua.

3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el perfil hidrogeológico de la cuenca donde se encuentra ubicada la planta embotelladora y conocer la situación actual de recarga del acuífero.

- Evaluar cuál es la situación actual en cuanto a la cantidad y calidad del agua extraída de las napas subterráneas de los tres pozos activos de la planta, y determinar posibles puntos de recuperación.
- Analizar el balance de agua durante cada etapa del proceso industrial y determinar posibles puntos de recuperación de agua para optimizar el ratio.
- Indagar al personal de la planta en cuanto al uso y consumo de agua que realizan y el nivel de conocimiento sobre el uso racional del recurso, y llevar adelante acciones de concientización y educación relacionadas al consumo sustentable del agua.

4. Metodología

4.1. Estudio del Perfil Hidrogeológico de la Cuenca Baja donde se emplaza la Planta Embotelladora

Para estudiar el perfil hidrogeológico, se definió un área de 30 km² en la que se ubica la planta embotelladora. Se utilizó información de perforaciones existentes dentro y fuera de la planta embotelladora, ensayos de bombeo realizados dentro y fuera de la misma, estudios geo eléctricos, monitoreo de hidráulicos y análisis físicoquímicos existentes. Estos ensayos permitieron realizar perfiles hidrogeológicos, balances hídricos, análisis de explotación y de este modo interpretar el contexto hidrogeológico local.

4.1.1. Análisis del Balance Hidrológico

Para recopilar información pluviométrica en lo que respecta a tormentas, datos diarios, mensuales y anuales de la región bajo estudio, se acudió

fundamentalmente a los datos proporcionados por la Estación “El Colmenar” de la EEAOC. También se recopilaron y analizaron los eventos de otras estaciones aledañas. El agua caída como lluvia se calculó por el método de las curvas isoyetas (Campos Aranda, 1992). El valor de Evapotranspiración Real, para idéntica área, fue calculado a partir de la fórmula propuesta por Turc (1961) y el método de isopletras. Para el Escurrimiento Superficial se utilizaron los valores correspondientes al módulo del Arroyo Manantial. Para el mismo, se consideró un derrame anual de 3,95 Hm³ y un valor próximo a cero para el resto de los arroyos, atendiendo a que no existen cauces superficiales de carácter permanente en el área debido a su infiltración inmediata. El valor de Infiltración se calculó como: Precipitación 100% - 84,86 Hm³.

4.1.2. Determinación de una posible sobreexplotación de la Cuenca Baja mediante determinación de los Parámetros Hidráulicos de los Pozos

4.1.2.1. Censo de Pozos de los Acuíferos de la Región

Se realizó un censo de 87 pozos o perforaciones semi surgentes directamente relacionadas al área de la Cuenca Baja para conocer la situación de explotación actual de la zona. Se focalizó en aquellas perforaciones que se muestran en la Figura 9 para poder analizar las necesidades del acuífero, las características y distribución de los distintos usuarios, el diseño de las obras de captación, el estado actual de funcionamiento, y entender la problemática de explotaciones intensivas y la posibilidad de detectar perforaciones en mal estado que pudieran estar contaminando los acuíferos.

4.1.2.2. Relevamiento de los Pozos de Bombeo de la Planta Embotelladora

Se recorrió cada uno de los siete pozos de la planta embotelladora y se tomaron fotografías representativas. Se determinó su ubicación GPS para luego graficar su ubicación utilizando Google Maps. Se estudiaron los detalles constructivos de los pozos operativos N°5, N°6 y N°7, y se graficó el respectivo Diagrama Técnico, representando el perfil litológico, el tipo de cañería empleada, observaciones importantes y la ubicación GPS de cada uno.

4.1.2.3. Análisis de Interferencia de Pozos

Para realizar el análisis de interferencia de los pozos se utilizó un pozo de bombeo y dos o más pozos de observación. El pozo de bombeo o explotación elegido en el presente trabajo fue el N°5, mientras que los pozos de observación fueron los N°4, N°6 y N°7. Se procedió mediante el Análisis de Interferencia (Método de Thiem).

4.1.2.3.1. Eficiencia

Con el objeto de precisar los parámetros hidráulicos de los distintos acuíferos explotados en la región, se presentaron informes de ensayos de bombeos. Las pruebas consistieron en bombeos escalonados (con tres escalones crecientes) para la obtención de la eficiencia de pozo y sin recuperación entre los mismos. Finalizado el bombeo se esperó la recuperación total del nivel estático y a continuación se realizó la prueba de bombeo a caudal constante, de una duración de 24 horas. Esta prueba permitió definir los parámetros hidráulicos de la perforación: Nivel Estático (N.E.), Nivel Dinámico (N.D.), Depresión o Abatimiento (D.), Caudal de Bombeo (Q_b) y Caudal Característico o Rendimiento Específico (Q_e) para el caudal de explotación requerido en pliegos.

Para medir los caudales se emplearon caudalímetros electromagnéticos Pro Line (Endress Hauser), que son de lecturas instantáneas y totalizadas, como así también dispositivos de placas con orificio circular. Los niveles piezométricos se obtuvieron con dispositivos de lecturas eléctricas (piezómetros de cuerda vibrante RST VW2100).

4.1.2.3.2. Transmisividad

En general, permeabilidad y porosidad son parámetros que definen las características hidráulicas de un acuífero. En la práctica se utiliza el parámetro Transmisividad, que es el producto de la permeabilidad del acuífero por su espesor saturado. La Transmisividad se define también como el caudal de agua que proporciona una sección de ancho unidad de frente acuífero sometido a un gradiente del 100%. La Transmisividad es un parámetro que en el campo se mide más fácilmente que la permeabilidad y por ello se utiliza en los cálculos de explotación de pozos con mayor frecuencia que ésta. Para el método utilizado la ecuación de Transmisividad viene dado por la siguiente expresión:

$$T = 0,360 Q \text{ (m}^3\text{/día) } / \Delta d$$

En esta ocasión se utilizó un ensayo de bombeo de equilibrio (Método de Thiem). Se dice que un acuífero alcanza el equilibrio cuando, sometido a bombeo a caudal constante, la cantidad de agua que se extrae es igual a la que ingresa. Se advierte este momento porque la depresión en los pozos se hace prácticamente nula o muy pequeña. Finalizada la prueba de bombeo a caudal constante se efectuó un ensayo de recuperación utilizando la metodología propuesta por Theis (1935) para determinar el valor de la Transmisividad (T). La experiencia se realizó en el mismo pozo de bombeo. La información de la prueba, los tiempos y

descensos residuales, se volcaron en gráficos semilogarítmicos, con el $\log(t + t')$ / t' en las abscisas y las depresiones residuales (Δd) en las ordenadas.

4.1.2.4. Rendimiento, Frecuencia de Uso, Rotación y Caudales de Consumo

Con el fin de analizar la explotación de los pozos, se monitoreó el consumo mensual de los pozos activos N°5 y N°6 durante todo el año 2019 para determinar el rendimiento, frecuencia de uso y rotación de los mismos. Para determinar el caudal de consumo de agua cruda de la planta se recurrió a los registros de caudal de cada pozo de bombeo durante los años 2019 y 2020. El ratio se calculó de la diferencia entre el agua cruda y agua embotellada como bebida.

4.1.3. Análisis de la Calidad de Agua

Anualmente se realizan análisis fisicoquímicos y microbiológicos en todos los pozos productivos de planta con el fin de detectar cualquier inconveniente o anomalía en la calidad del recurso. De esta forma, es posible determinar su correcto y eficiente tratamiento.

4.1.3.1. Toma de las muestras de agua

Para el presente trabajo de tesis se analizó la calidad del agua del pozo n°6 de la planta embotelladora; actualmente éste es el de mayor consumo y captación. Se tomaron las muestras para análisis a partir de un toma muestra sanitario de acero inoxidable disponible en la cañería de salida de cada pozo. Las muestras fueron recolectadas en botellas PET vírgenes y en recipientes estériles para enviar a laboratorio externo.

4.1.3.2. Caracterización Físicoquímica y Microbiológica del Agua

Los análisis físicoquímicos y microbiológicos se realizaron en un laboratorio especializado en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Se analizó el sabor, olor, aspecto, pH, sólidos disueltos totales, y turbiedad del agua, como así también numerosos metales pesados, nitratos y nitritos como indicadores de materia orgánica, y compuestos indicadores de agroquímicos, entre otros.

4.1.4. Alternativas de Suministro de Agua para la Planta Embotelladora

Se plantearon tres planes posibles para abastecer el suministro de agua y asegurar el abastecimiento para la producción de la planta embotelladora, en caso de que el agua subterránea fuera insuficiente.

4.2. Identificación del Balance de Agua en la Planta Embotelladora

Para identificar correctamente el estado del balance de agua durante el proceso industrial de la planta embotelladora fue necesario recabar antes la siguiente información:

- Conocer y caracterizar todas las líneas de agua utilizadas en la embotelladora.
- Entender cómo se genera cada una de dichas corrientes y cuál es el uso dado.
- Actualizar la información de líneas de agua y drenajes instalados.
- Verificar la efectividad de las mediciones de flujo actuales disponibles y determinar nuevos puntos de medición.

Además, es importante adoptar una postura flexible, y realizar autocríticas para poder determinar si la información con la que se cuenta está actualizada y si es veraz; cualquier paso a seguir debe completarse de principio a fin sin eliminar u

obviar cualquiera de ellos. De esta manera se disminuyen las probabilidades de pasar por alto oportunidades de mejora.

4.2.1. Realización del Diagrama de Flujo de Agua

La metodología propuesta para identificar el estado actual de balance de agua de la planta embotelladora consiste en 6 pasos, que se describen a continuación.

1. Recorrer las instalaciones de la embotelladora.
2. Desarrollar los diagramas de flujo de todas las líneas de agua.
3. Validar los diagramas de flujo *in situ* (en las instalaciones).
4. Recolectar datos de corrientes.
5. Desarrollar una matriz de los usos del agua.
6. Construir el balance de agua de la embotelladora.

Paso 1: Recorrer las instalaciones de la embotelladora

Se recorrió la planta en conjunto con el equipo multidisciplinario, que incluyó a personal de todas las áreas de la planta. El recorrido incluyó las fuentes de agua, almacenes, salón de embotellado, jarabes, áreas de saneamiento, cuarto de máquinas, tratamientos de agua, baños, oficinas, patios, y planta de tratamiento de aguas residuales. A lo largo de este recorrido se identificó los medidores de flujo instalados en la planta y se verificó que estén incluidos dentro del programa de calibración de los equipos de medición de la embotelladora. Aquellos que no lo estaban, fueron incluidos en dicho programa. Además, aquellos puntos de demanda de agua que no disponían de medidores fueron verificados en ese momento usando un medidor portátil ultrasónico Fluxus F60x (Flexim).

Paso 2: Desarrollar los diagramas de flujo de todas las líneas de agua

Durante el recorrido de la planta embotelladora, se tomaron notas y se realizaron los diagramas de flujo indicando todas las líneas de agua usadas en el proceso industrial, determinando su origen y puntos de descarga.

Paso 3: Validar los diagramas de flujo in situ (en las instalaciones)

Una vez diseñado el diagrama de flujo de todas las líneas de agua, se lo validó en las instalaciones. Se identificaron y/o verificaron fugas que pudieran existir. Para tal fin, se dispuso de recipientes graduados como probetas y vasos de precipitado para poder contabilizar el impacto de goteras y/o fugas de agua. Y se identificaron todas las fuentes de información sobre el agua de la planta, incluyendo la extracción de los pozos, resultados de análisis de aguas, registros de operación de los tratamientos, programas y ejecución de saneamientos, reportes de descargas de aguas residuales, etc. Las mismas están disponibles en las áreas correspondientes de la embotelladora, ya que durante el proceso se deben consultar y/o verificar.

Paso 4: Recolectar datos de corrientes

La toma de datos de los diferentes caudalímetros instalados en la planta se realizó mensualmente, en los pozos de bombeos, en el efluente y principalmente aquellos que miden el paso de agua tratada a las líneas de embotellado y sala de jarabe ya que es el agua tratada que en base a su disminución de uso se pudo mejorar la eficiencia de la planta.

Paso 5: Desarrollar una matriz de los usos del agua

Se realizó la matriz de los usos del agua guiándose de los diagramas de flujos y de sus validaciones para poder tener pleno conocimiento de que tipo de agua se estaba usando en cada etapa o proceso.

Paso 6: Construir el balance de agua de la embotelladora

El balance de agua de la embotelladora se presenta en diagrama de flujo donde principalmente se puede observar las corrientes de agua que ingresan al tratamiento y sus egresos tanto en producto final o como efluentes.

El análisis realizado en cada uno de estos seis pasos permitió establecer los puntos de recuperación de agua dentro del proceso industrial, que se mencionan a continuación.

4.2.2. Relevamiento de los Puntos de Recuperación y Fuentes Alternativas

Se analizaron las condiciones de los suministros de agua, así como sus usos y sus desechos, se revisaron que sean los correctos, y se evaluó la posibilidad de reducirlos e incluso eliminarlos. Se enfocó principalmente en aquellas oportunidades de reducción que se presentan en los puntos con mayor consumo de agua, como aquellos donde el agua se desecha y que no son incorporadas en el producto, incluyendo:

- Rechazo de agua en el tratamiento de Ósmosis.
- Retro lavado y saneamiento de los filtros de Carbón.
- Operaciones de CIP's (circuitos cerrados de limpieza).
- Fugas de agua.
- Lubricación de los transportadores de botellas.

- Regeneración de los suavizadores de agua.
- Enjuagues finales y semifinales de las lavadoras de botellas (en este punto las embotelladoras cuentan con un sistema de recuperación de agua).
- Enfriamiento de los sellos en las bombas de agua, jarabe y producto.

Para saber qué cantidad de agua se consume en cada uno de estos puntos, es necesario medirlos y tener en cuenta que existen dos tipos de consumos, en tiempo y por evento. A continuación, se los describe a ambos.

1. En tiempo: el consumo se mide en L/min, m³/min, L/Turno, m³/turno, etc. En este grupo se encuentra el rechazo de agua en el tratamiento de la ósmosis, rebose de agua durante el llenado de botellas, y lubricación de los transportadores de botellas.

2. Por evento: el consumo de agua se da por día, por semana, por mes o cuando se algún indicador o indicadores sugiera que se dé el evento.

Una vez obtenida toda la información necesaria acerca de las oportunidades de reducción en los puntos de consumo de agua se procedió a organizar la información. Para tal fin, se utilizaron distintos tipos de formatos que resultan accesibles de interpretar por el personal involucrado en esta actividad. Los mismos son:

Formatos y diagramas de Pareto: este enfoque permite ordenar la información y dar prioridad a los puntos de mayor consumo de agua. Con el mismo se graficaron los caudales usados en cada etapa de los procesos mencionados; de esta forma, se organizó la información recabada para identificar los puntos de mayor consumo, y finalmente determinar los potenciales puntos de ahorro de agua.

Formato matriz de priorización de solución: este enfoque permite ordenar la información ponderando los ítems de interés, que en el presente trabajo fueron: el tiempo de solución, el impacto y el costo correspondiente.

Mediante un equipo multidisciplinario con personal de los sectores de calidad, mantenimiento y planificación se trataron las distintas oportunidades mencionadas a continuación en la matriz para dar así una ponderación en tres ítems: tiempo de solución, impacto y costo. Se asignaron valores arbitrarios del 1 al 3 para cada ítem (siendo 1 el de menor ponderación y 3 el de mayor ponderación), cuya suma generó un valor total que permitió establecer un orden de prioridad. Toda la información fue codificada en una tabla para mayor claridad.

- Formato de matriz de eficiencia de usos de agua por proceso: este enfoque permite ordenar la información poniendo el objetivo deseado en los procesos identificados.

4.2.2.1. Aprovechamiento del agua de rechazo de la ósmosis

La ósmosis inversa es un proceso habitualmente utilizado en el tratamiento de aguas. El mismo consiste en el paso de agua limpia a través de una membrana semipermeable por una diferencia de presión a favor del compartimento donde se encuentra el agua a tratar. De esta forma, se concentra en el agua de rechazo los compuestos no deseados y se trata el agua que se utiliza en el proceso productivo.

4.2.2.2. Evaluación del Rendimiento de Agua a lo largo del Proceso Industrial

El Ratio es una métrica primaria que permite estimar de manera objetiva la eficiencia en el uso de agua del proceso industrial. Se define como la relación

entre el agua extraída y el agua embotellada; a menor Ratio, mayor eficiencia en el proceso de consumo.

Se determinó el Ratio de los años 2019 y 2020. Para ello, se analizaron los registros de los volúmenes de agua extraída y agua embotellada durante cada uno de los meses de dichos años. Se lo calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Ratio de Agua} = \frac{\text{m3 de agua extraída}}{\text{m3 de agua embotellada}}$$

4.2.2.3. Medición del Efluente

El caudal de efluente vertido en el arroyo Manantial es cuantificado de forma mensual. Las mediciones se realizaron desde los meses de junio de 2019 a junio de 2020 utilizando un caudalímetro electromagnético (Promag W, Endress Hauser). Es importante destacar que dicho efluente es constantemente analizado y auditado por la Dirección de Recursos Hídricos de la Provincia, para asegurar de que cumpla con los parámetros establecidos por la Ley.

4.3. Entrevista al Personal de Planta acerca del Uso Racional y Sustentable de Agua y Acciones de Concientización y Educación al respecto

El objetivo de la encuesta fue evaluar el nivel de concientización acerca del uso y consumo del agua por parte del personal de la planta embotelladora, para conocer si lo realizan o no de forma racional y sustentable, y con esta información, poder realizar acciones concretas. Estuvo dirigida al personal de planta responsable en diversas áreas de trabajo que fueron 50 personas en total, incluyendo personal administrativo, de producción, calidad, mantenimiento, y limpieza. La encuesta se realizó en marzo de 2022 y fue distribuida a cada persona vía Whatsapp, quienes recibieron un enlace que los dirigía al formulario

electrónico alojado en la página web de encuestas “SurveyMonkey” (<https://es.surveymonkey.com/>). El formulario consistió en diez preguntas rápidas de contestar mediante la opción *multiple choice* (Apéndice 1).

A partir de los resultados de la encuesta, se realizaron acciones de concientización y educación sobre la importancia de realizar un uso y consumo racional del agua. Para tal fin, se dictaron charlas de educación ambiental dirigidas a todo el personal de la planta, sin distinciones jerárquicas; se enfocaron en el uso racional y eficiente de agua dentro de la planta. Y se entregaron folletos impresos para reafirmar el contenido de las charlas (Apéndice 2). Estas acciones se llevaron a cabo en el año 2022.

5. Resultados

A continuación, se presentan los resultados que dan respuesta a cada uno de los objetivos específicos planteados.

5.1. Perfil Hidrogeológico de la Cuenca Baja

5.1.1. Balance Hidrológico de la Cuenca Baja. Determinación de la Eficiencia y Transmisividad de los Pozos de la zona

De los datos del balance hídrico puede inferirse que, según las estaciones meteorológicas ubicadas en la Cuenca Baja como San Pablo, Yerba Buena y San Miguel de Tucumán, se registró un ligero exceso de agua durante los meses de diciembre 2021 a marzo 2020. El almacenaje aproximado fue de 350 mm, los cuales fueron aportados a los acuíferos subterráneos. En las estaciones ubicadas en la cuenca alta el almacenaje fue mucho mayor; llegó a los 1.000 mm, pero debido a la fuerte pendiente, fueron escurridos inmediatamente e infiltrados al pedemonte.

A partir de los datos aportados por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), se recopiló la información decádica del período que comprende desde enero 2015 hasta diciembre 2019 a partir de la estación climática El Colmenar. Se observa claramente el almacenamiento obtenido en dichos periodos (Figura 4).

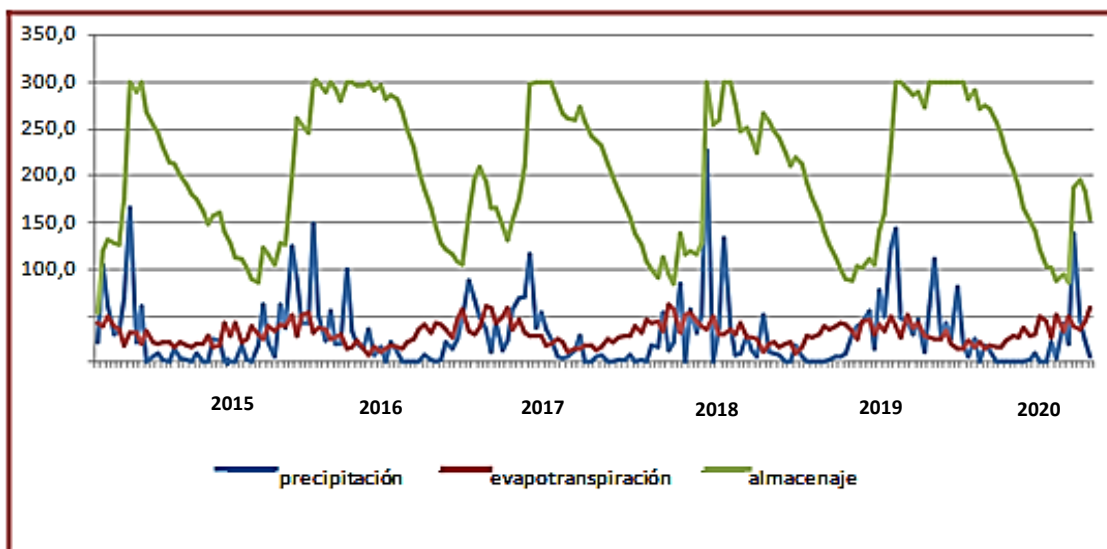


Figura 4. Balance Hidrológico Seriado Decádico 2015-2020 (Fuente: EEAOC).

Se presentan además tres balances hidrológicos correspondientes a las estaciones San Javier (Tabla 1 y Figura 5), Villa Nougés (Tabla 2 y Figura 6) y San Pablo (Tabla 3 y Figura 7). Se aprecia la relación entre la Precipitación creciente de Este a Oeste, desde la Estación San Pablo a la Estación Villa Nougés, que asciende de 1.091,6 mm a 1.470,6 mm anuales. Así también, se observa el decrecimiento de la Evapotranspiración Potencial para las mismas estaciones, entre 1.010,92 mm y 647,6 mm, con un decrecimiento en los valores de Temperaturas medias anuales de 20°C a 15,8°C.

Tabla 1. Datos climáticos estación San Javier 2019 a 2020.

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ANUAL
T media (°C)	8,9	10,5	13,4	16,0	18,0	19,3	20,0	19,2	17,6	14,8	11,7	9,0	14,9
P (mm)	24,1	13,1	29,5	71,4	126,4	142,6	210,3	189,1	205,9	109,4	52,2	31,5	1205,5
EP (mm)	11,4	21,0	33,0	55,1	70,6	88,5	91,5	68,5	61,8	37,4	23,1	10,4	572,4
P-EP	12,7	-8,0	-3,5	16,3	55,9	54,1	118,8	120,6	144,0	72,0	29,2	21,1	633,1
ER (mm)	11,4	13,1	29,5	55,1	70,6	88,5	91,5	68,5	61,8	37,4	23,1	10,4	560,9
Almac. (mm)	12,7	0,0	0,0	16,3	55,9	54,1	118,8	120,6	144,0	72,0	29,2	21,1	644,6
Var. Almac.	-8,4	12,7	0,0	16,3	39,6	-1,8	64,7	1,8	23,4	-72,0	-42,8	-8,1	
Exceso (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Déficit (mm)	0,0	8,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5

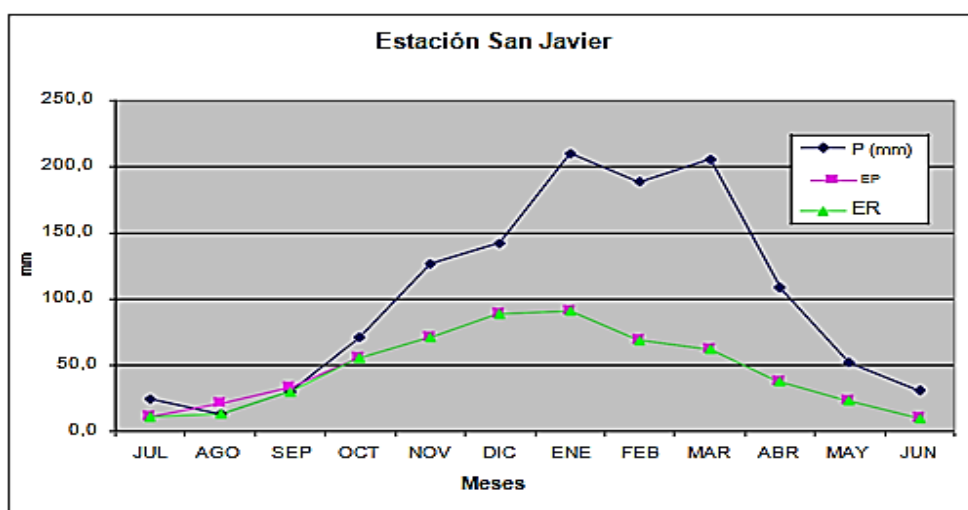


Figura 5. Balance hidrológico correspondiente a la estación San Javier (Julio 2019 a Junio 2020).

Tabla 2. Datos climáticos estación Villa Nougés 2019 a 2020.

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ANUAL
T med (°C)	10,0	11,6	14,4	16,9	18,8	20,1	20,8	20,1	18,5	15,7	12,7	10,1	15,8
P (mm)	16,8	21,1	31,8	98,0	165,8	211,9	273,5	228,0	226,4	114,9	51,8	30,6	1470,6
EP (mm)	17,1	24,1	39,0	61,9	77,3	92,2	102,4	71,4	71,6	46,1	28,8	15,7	647,6
P-EP	-85,7	-50,3	-39,9	52,0	137,0	196,3	256,3	204,0	187,4	52,9	-25,5	-61,6	823,0
ER (mm)	16,8	21,1	31,8	61,9	77,3	92,2	102,4	71,4	71,6	46,1	51,8	30,6	675,0
Almac (mm)	0,0	0,0	0,0	52,0	137,0	196,3	256,3	204,0	187,4	52,9	0,0	0,0	1085,9
Var. Almac	0,0	0,0	0,0	52,0	85,0	59,2	60,1	-52,4	-16,5	-134,5	-52,9	0,0	
Exces (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Déficit (mm)	85,7	50,3	39,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	61,6	262,9

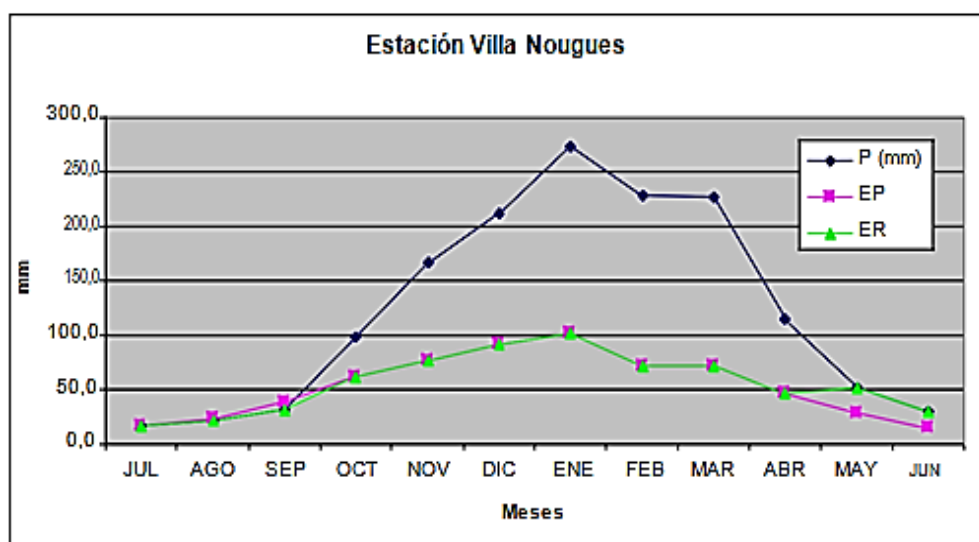


Figura 6. Balance hidrológico correspondiente a la estación Villa Nougés (Julio 2019 a Junio 2020).

Tabla 3. Datos climáticos estación San Pablo 2019 a 2020.

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ANUAL
T media (°C)	12,2	14,2	17,8	20,9	23,4	25,1	25,9	25	23	19,5	15	12,3	20
P (mm)	13,0	13,6	18,4	63,3	112,0	158,0	205,0	182,4	180,4	89,2	35,1	21,0	1091,6
EP (mm)	28,5	36,1	60,0	96,3	120,9	147,4	160,9	114,24	110,67	69,12	40,4	26,1	1010,9
P-EP	-15,5	-22,4	-41,6	-33,0	-8,9	10,4	44,0	68,2	69,7	20,0	-5,2	-5,1	80,6
ER (mm)	13,0	13,6	18,4	63,3	112,0	147,0	161,0	114,2	110,7	69,1	35,1	21,0	879,0
Almac. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	44,0	68,2	69,7	20,0	0,0	0,0	212,5
Var. Almac	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	33,6	24,2	1,46	-49,6	-20,7	0,0	
Exceso (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Déficit (mm)	15,5	22,4	41,6	33,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	5,1	131,9

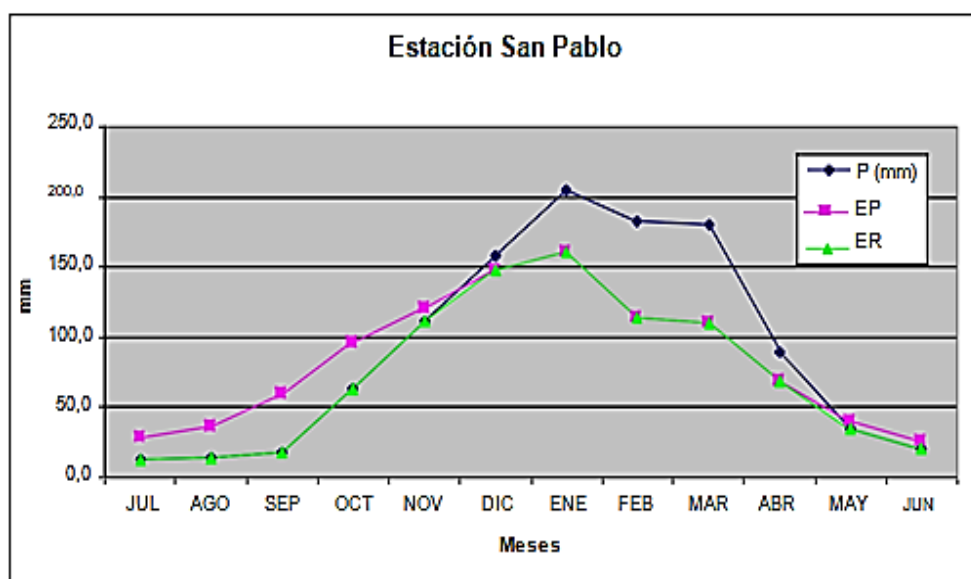


Figura 7. Balance hidrológico correspondiente a la estación San Pablo (Julio 2019 a Junio 2020).

El balance hidrológico del sector se calculó considerando un área útil de 67 km². Se determinó que el agua caída como lluvia, calculada por el método de las curvas isoyetas (Campos Aranda, 1992) arroja un valor de 84,86 Hm³ anual (P = 84,86 Hm³). El valor de Evapotranspiración Real, para idéntica área, es de 49,73 Hm³ (fue calculado a partir de la fórmula de M. Turc (1961) y el método de isopletras: ER = 49,73 Hm³).

Para calcular el escurrimiento superficial se utilizaron solo los valores correspondientes al módulo del Arroyo Manantial. Se considera un derrame anual de 3,95 Hm³ para el mismo, y un valor próximo a cero para el resto de los arroyos, atendiendo a que no existen cauces superficiales de carácter permanente en el área debido a su infiltración inmediata. En base a los supuestos antes mencionados, el valor Infiltración se calculó de la siguiente forma: **I = P –**

ER – Esc

Precipitación 100% - 84,86 Hm³

Evapotranspiración 58,60 % - 49,73 Hm³

Escorrimento: 4,65% - 3,95 Hm³

Entonces, si $I = P - ER - Esc$

El resultado es: $I = 84,86 \text{ Hm}^3 - 49,73 \text{ Hm}^3 - 3,95 \text{ Hm}^3 = \mathbf{31,17 \text{ Hm}^3}$

De esta forma se calculó que la infiltración fue del 36,7% del valor de la precipitación, y en correspondencia con al área de estudio es de 31,17 Hm³. Este valor representa la tasa de reposición anual de agua a los acuíferos locales y, por lo tanto, indicaría el máximo volumen que se puede extraer por bombeo, sin afectar el almacenamiento de los mismos.

5.1.2. Análisis de posible Sobreexplotación de la Cuenca Baja

Para analizar el fenómeno de sobreexplotación de la cuenca, se realizó un análisis espacial de densidad de pozos utilizando un radio de influencia de 500 m. Se asignó este valor ya que es el utilizado por el gobierno como distanciamiento mínimo de explotación para nuevas perforaciones.

5.1.2.1. Censo de Pozos cercanos a la Planta Embotelladora

Luego de realizar el censo de pozos semi surgentes directamente relacionados al área de la Cuenca Baja, se conoció la situación de explotación actual de la zona (Figura 8).

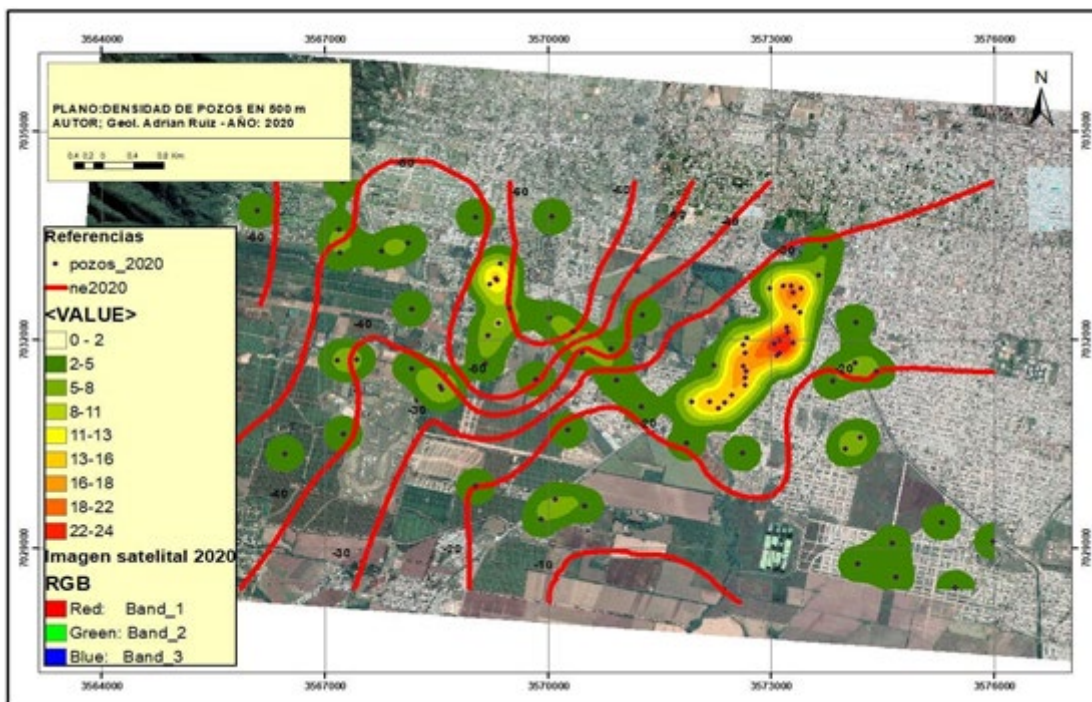


Figura 8. Mapa de la densidad de pozos en la zona de explotación del acuífero.

En el período 2008-2009 se observó que el proceso de descenso de los niveles estáticos se había estabilizado, observándose los niveles estáticos cercanos a la planta entre 17 y 22 m.bbp. Sin embargo, el crecimiento industrial y

poblacional observado en los últimos años en el sector llevó a la construcción de numerosas perforaciones, lo que generó que los niveles estáticos disminuyeron a 20 o 25 m.bbp en el área de la fábrica. Esto significa un descenso de entre 2 y 3 metros más que en estudios anteriores. La cantidad de pozos respecto al año 2015 incrementó en un 15% (Figura 9).

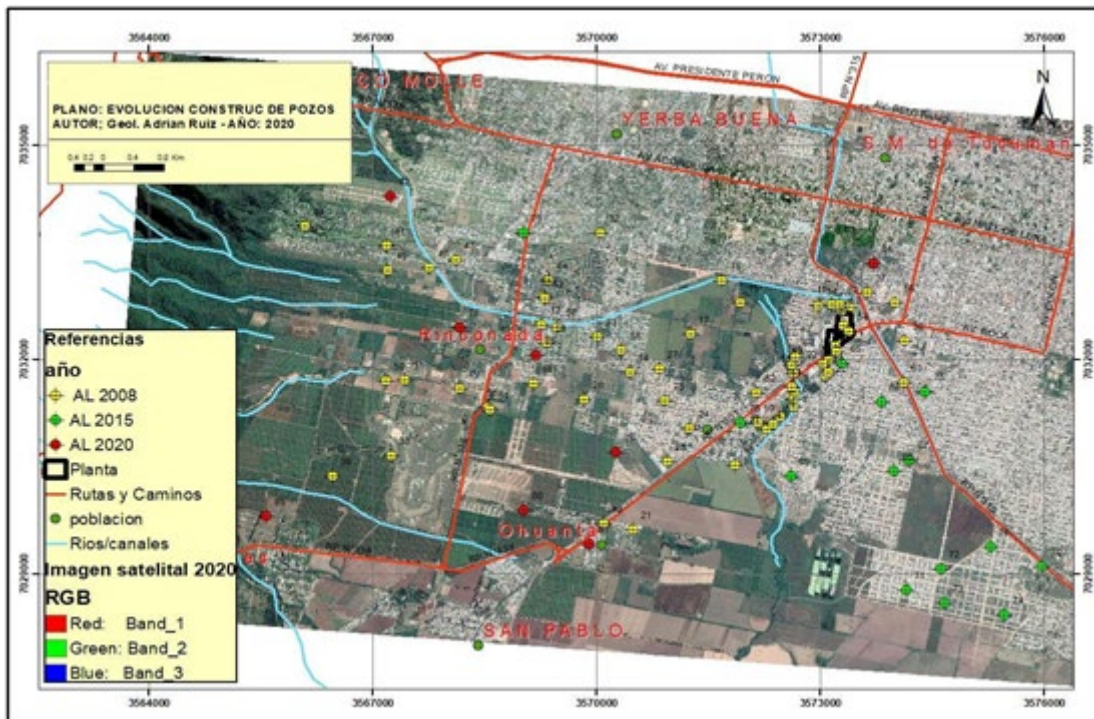


Figura 9. Evolución de construcción de pozos en la Cuenca Baja entre los años 2008 al 2020.

Los pozos son utilizados para distintos fines, como consumo humano, industrial, recreativo y riego (Tabla 4). De acuerdo con lo observado, el 63% de los pozos son usados para el consumo humano, y la mayor parte de éstos están ubicados en el sector alto y medio de la cuenca. El 25% de los pozos es para uso industrial, y generalmente estos pozos están emplazados en el sector bajo de la cuenca. Mientras que el 12% restante corresponde a pozos destinados para riego

(4%) y usos recreativos (8%). Muchos de estos pozos se realizaron sin estudios previos, sin respetar áreas de influencia o zonas de recarga y sin medidas de precaución con respecto a la contaminación de acuíferos. Además, se pusieron en marcha de perforaciones que se encontraban paradas y a la mayor cantidad de horas de bombeo de pozos existente produciendo mayor interferencia entre los pozos.

Tabla 4. Pozos semi surgentes construidos en la Cuenca Baja hasta el año 2020.

Uso	Cantidad	Porcentaje
Consumo humano	55	63,2%
Industrial	22	25,3%
Recreativo	7	8,0%
Riego	3	3,4%
Total	87	100%

5.1.2.2. Relevamiento, Análisis y Diagramas Técnicos de los Pozos de Bombeo de la Planta Embotelladora

El abastecimiento de agua para la planta embotelladora proviene de captaciones de agua subterránea a partir de perforaciones o pozos. Actualmente la empresa cuenta con cuatro pozos de captación, que tienen entre 80 y 200 metros de profundidad. Los pozos denominados N°5 y N°6 se encuentran operativos y cuentan con un caudal promedio de 120 m³/h cada uno. El pozo denominado N°4 se encuentra fuera de servicio y es utilizado como pozo de monitoreo. El pozo N°7 es el más nuevo; fue construido por la empresa a mediados de 2013, y si

bien se encuentra totalmente operativo, aún está sin uso para producción y funciona como *back up* operativo. Mientras que los pozos denominados N°1, N°2 y N°3 ya no existen porque se encuentran fuera de servicio y cegados; presentaban baja producción y contaminación de sus niveles productores superiores. Del pozo N°1 no se tienen registros constructivos; se sabe que se encontraba debajo de la actual planta de tratamiento de efluentes y se cegó por problemas de contaminación.

El pozo N° 5 (Figura 10) está ubicado dentro de los galpones; fue desarrollado en el año 1999 y actualmente tiene un caudal de 110 m³/h. En este pozo también se pudo observar un grado importante de incrustaciones; a través de una endoscopia realizada en esta perforación se observó un grado importante de incrustaciones, lo que llevará con los años a una disminución notoria de su eficiencia, que actualmente se calcula en un 50%. Por tales motivos se recomienda proyectar su reemplazo. Sus características constructivas están descritas en el Diagrama Técnico se representa en la Figura 11.

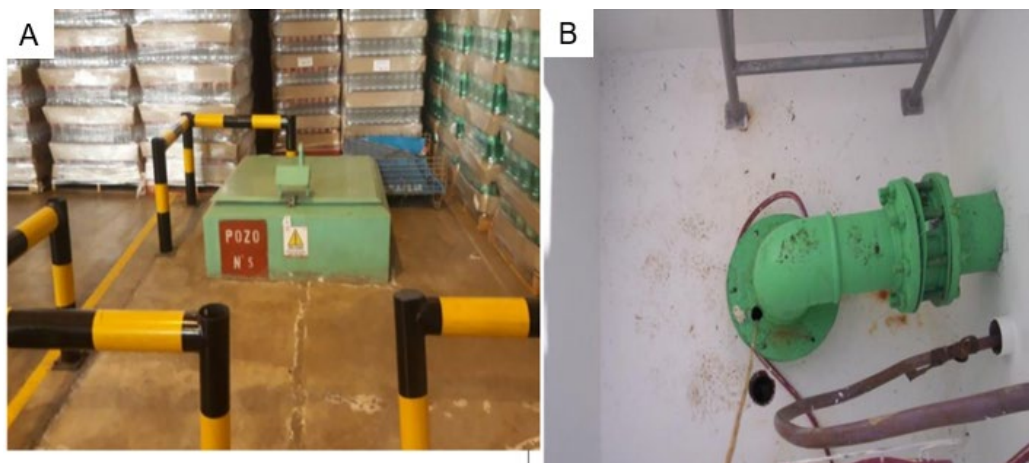


Figura 10. El pozo N°5. Se muestra el exterior y el interior (A) y (B). Fuente: propia.

capacidad de explotación de $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Los detalles constructivos del mismo se presentan en la Figura 12 y su Diagrama Técnico en la Figura 13.

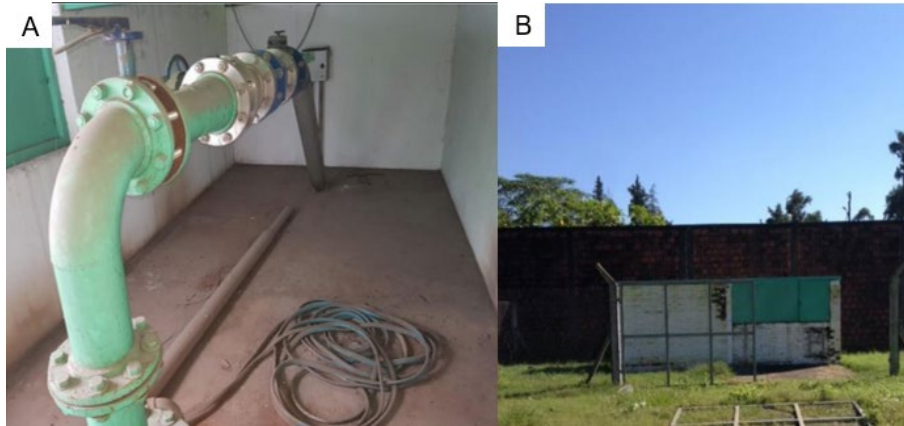


Figura 12. El pozo N° 6. Se muestra el interior (A) y el exterior (B). Fuente: propia.

5.1.2.3. Análisis de Interferencia de Pozos

En el mapa de la Figura 8 se puede observar un área de mayor compromiso ubicada en la localidad de El Manantial; en este sector el distanciamiento promedio es de 230 m y existen sectores de hasta 19 perforaciones interfiriendo en 500 m de radio. Hay que recordar que, según los ensayos de bombeo, los radios de influencia son de 1.100 m aproximadamente.

Los valores de caudal específicos obtenidos establecieron claras diferencias entre los tipos de acuíferos. Para perforaciones que explotan el sistema acuífero confinado en los sectores bajos de la cuenca se determinan promedios de 7 a 12 m³/h/m, como por ejemplo en los pozos de Coca Cola, EDISA (Ex Pepsi Cola), CERSA (Ex Torasso), CALSA SAIC y Pepsi. Para los pozos ubicados en la zona de pedemonte, los valores son menores de 2 a 5 m³/h/m como los pozos de algunos barrios privados conocidos como *countries*. La transmisividad obtenida con estos métodos varía entre los 300 y los 600 m²/día como en los Pozos de CALSA SAIC, Coca Cola, CERSA, EDISA, Air Liquide, Yungas, Manantial 3 y La Cañada. Queda claro que los valores de transmisividad corresponden a un sistema acuífero de regular a bueno, dado que los materiales que constituyen los acuíferos explotados presentan una granulometría más gruesa, compuesta principalmente por alternancias de espesos paquetes gravo-arenosos.

Para el caso de los pozos pertenecientes a la embotelladora de bebidas, se realizaron ensayos de bombeo con el objeto de examinar el área de influencia de los pozos propios, y también de determinar y conocer el estado actual del acuífero. Cuando se bombea un pozo, el nivel de agua en el mismo desciende, tanto en el mismo pozo como en sus alrededores. Puede considerarse el descenso de nivel de agua como una reacción del acuífero ante los bombeos. El

descenso es mayor en el punto de bombeo y disminuye conforme nos alejamos de él formando una zona desecada o drenada, denominada cono de influencia o de bombeo (Figura 16) obtenida de libro “Las Aguas Subterráneas en España” Autores: Navarro Alvargonzález, Agustín; Fernández Uría, Antonio; Doblaz Domínguez, Juan Gonzalo 1993.

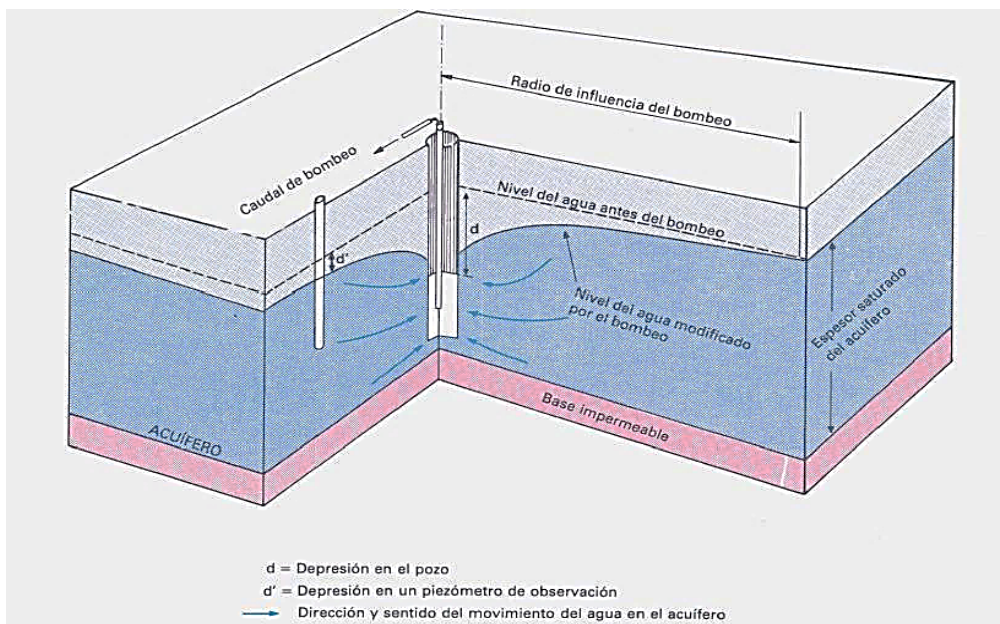


Figura 16. Esquema de interferencia de bombeo por un pozo en una napa freática.

El cono de influencia es el causante de que pozos próximos se afecten entre sí cuando se bombea. Cuando el cono de influencia del pozo de bombeo llega al pozo vecino, desciende su nivel de agua, con la consecuencia práctica de que, con la instalación actual de este segundo pozo, se puede bombear ahora menos agua. Se dice entonces que el primer pozo afecta al segundo. La influencia entre pozos es recíproca. El cono de influencia viene dimensionado no sólo por el caudal bombeado y el tiempo de bombeo, sino también por las características hidráulicas del acuífero (permeabilidad, transmisividad y coeficiente de

almacenamiento). Así, en los acuíferos libres, el cono es profundo y de diámetro reducido mientras que en los acuíferos confinados suele ser extenso y aplanado. Por otra parte, en los acuíferos freáticos, los conos de influencia reaccionan con más inercia a los bombeos. Son conos de formación lenta, mientras que, en los acuíferos confinados, los conos son de formación rápida, a veces casi instantánea. Por esta razón, y al margen de otras consideraciones, la posibilidad de interferencia directa entre pozos es mayor en el caso de acuíferos confinados que en el de acuíferos libres.

En esta ocasión se utilizó un ensayo de bombeo de equilibrio (Método de Thiem). Se dice que un acuífero alcanza el equilibrio cuando, sometido a bombeo a caudal constante, la cantidad de agua que se extrae es igual a la que ingresa. Se advierte este momento porque la depresión en los pozos se hace prácticamente nula o muy pequeña. Para el caudal Promedio (Q) se tomó: 2.880 m³/día y para Δd (diferencia de depresión) se tomó 2,1 m dando como resultado una Transmisividad de 493 m²/día. Este valor indica que se trata de un acuífero permeable de regular a bueno. Según los datos obtenidos en mayo de 2012, que fueron de T= 510 m²/día y radio de influencia de 1.200 m.

Si bien los datos hidráulicos obtenidos del ensayo de bombeo son acordes a los esperados y similares a los logrados en estudios anteriores de 2008, 2010 y 2012, se observó que los niveles estáticos disminuyeron alrededor de 2 metros comparadas al año 2012. Este fenómeno de disminución es atribuible a una mayor explotación en la cuenca, por ejemplo, el caso de la empresa CALSA SAIC que puso en marcha tres perforaciones que se encontraban paradas hace varios años, más explotaciones nuevas en zona de recarga para consumo humano.

En cuanto a los valores de depresión se mantienen estables para las tres perforaciones de acuerdo con el historial disponible por la planta. Se observó una depresión de 1.10 metros para un promedio de 500 m de distancia y una explotación de 120 m³/h del pozo de explotación por cada perforación, esta depresión se debe sumar a los niveles dinámicos de cada pozo.

Como ejemplo se puede observar el perfil del cono depresivo que produce el pozo N°5 sobre los pozos N°4 y N°6. A los fines de observar el comportamiento de los acuíferos, se puso en marcha las tres perforaciones durante un corto lapso y se observó los descensos calculados en el estudio de interferencia (Figura 17), solo se observó la anomalía del pozo N°4 con niveles dinámicos sumamente bajos, atribuidos a poca eficiencia en la perforación producto de obturación de filtros y prefiltros. Los valores observados se chequean con este tipo de ensayos una vez al año, sin observarse variaciones significativas del mismo.

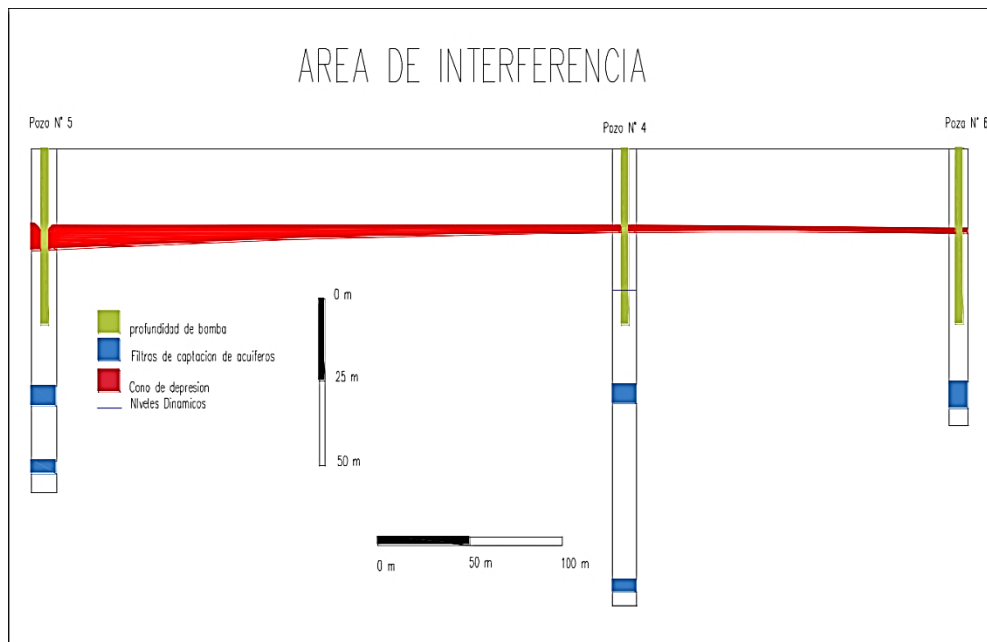


Figura 17. Área de interferencia entre los 3 pozos de la embotelladora.

El pozo N°5 fue utilizado como pozo de explotación. A continuación, se presentan los valores de interferencia (Tabla 5), depresión (Figura 18), bombeo (Tabla 6) y recuperación (Figura 19) de dicho pozo.

Tabla 5. Interferencia de explotación pozo N°5.

Tiempo (min)	Profundidad (m)	Depresión (m)
0	24.9	0.01
1	29.12	4.22
2	29.6	4.7
3	29.8	4.7
5	30.06	4.9
9	30.37	5.16
20	30.73	5.47
30	31.03	5.83
40	31.24	6.13
50	31.36	6.34
60	31.43	6.46
90	31.73	6.83
120	31.97	7.07
150	32.24	7.34
180	32.37	7.47
240	32.5	7.6
300	32.6	7.7

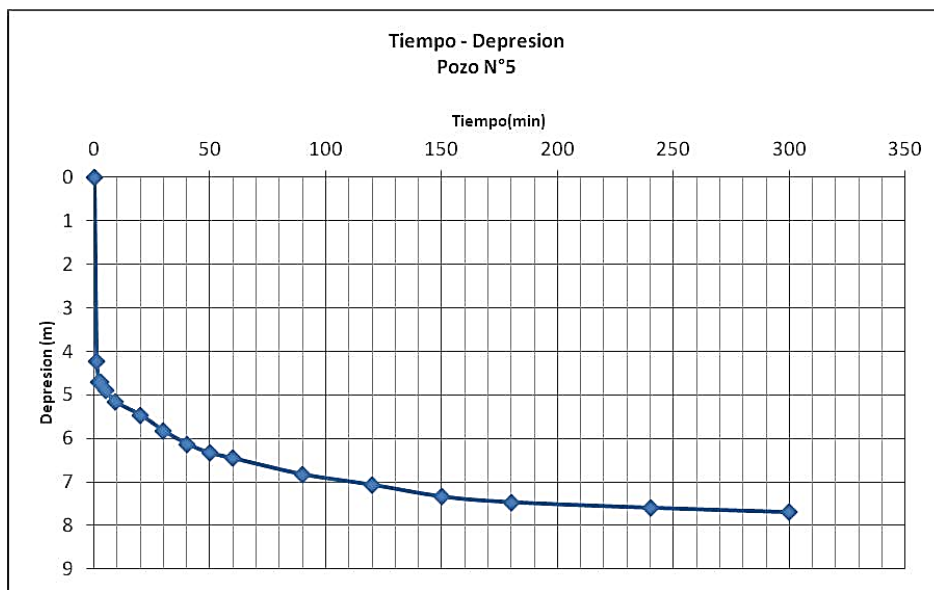


Figura 18. Depresión observada en el pozo n°5.

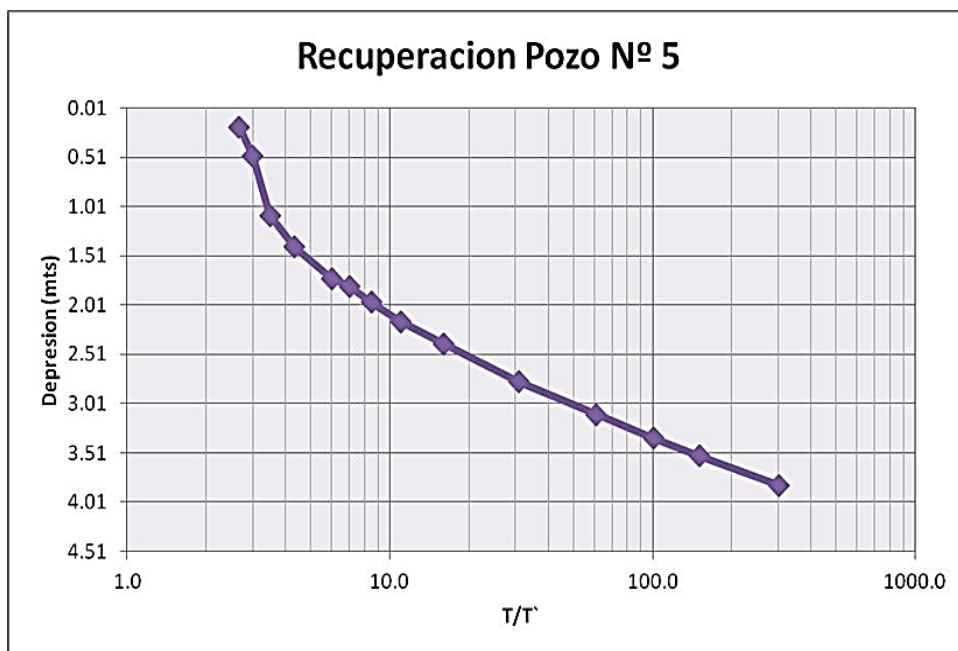


Figura 19. Gráfico de recuperación del pozo n°5.

Tabla 6. Recuperación del pozo N°5.

Tiempo Inicio de bombeo	Tiempo final	t/t'	Profundidad del agua (m)	Depresión (m)
300	0		32.6	7.7
301	1	301.0	28.74	3.84
302	2	151.0	28.44	3.54
303	3	101.0	28.26	3.36
305	5	61.0	28.02	3.12
310	10	31.0	27.69	2.79
320	20	16.0	27.3	2.4
330	30	11.0	27.08	2.18
340	40	8.5	26.88	1.98
350	50	7.0	26.72	1.82
360	60	6.0	26.64	1.74
390	90	4.3	26.32	1.42
420	120	3.5	26	1.1
450	150	3.0	25.4	0.5
480	180	2.7	25.1	0.2

Los pozos N°4, N°6 y N°7 fueron seleccionados como los pozos de observación. En la siguiente tabla se detalla la distancia entre tales pozos y sus respectivas interferencias de depresión (Tabla 7), y en base a estos datos se diagramó la ubicación de cada uno de los cinco pozos con sus respectivas interferencias (Figura 20).

Tabla 7. Distancia entre los pozos con sus respectivas interferencias de depresión.

Perforación	Distancia (m)	Depresión (m)
Pozo N° 6 (Pozo de observación)	508	0.9
Pozo N° 4 (Pozo de observación)	314	1.4
Pozo N° 7 (Pozo de observación)	283	1.6
Pozo N° 5 (Pozo de explotación)	1	7.7

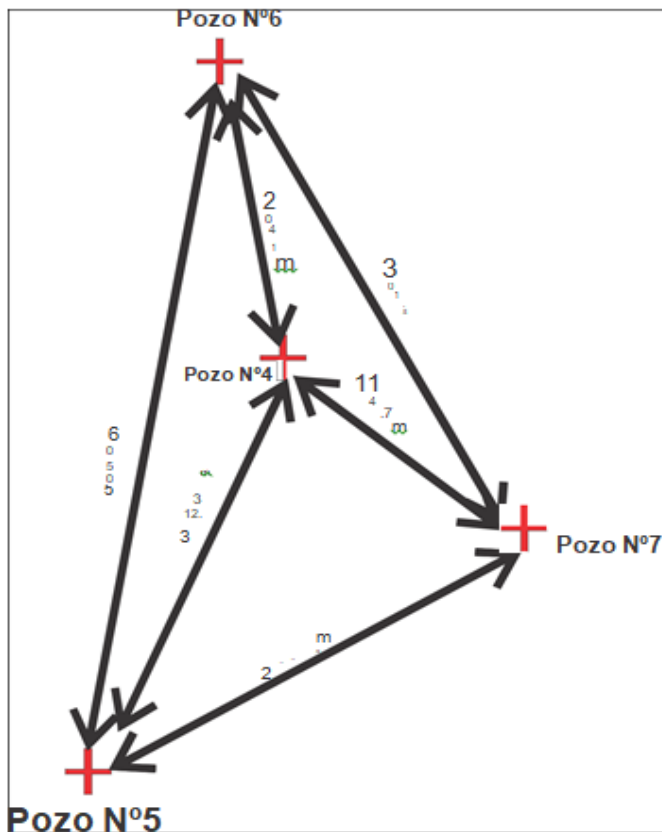


Figura 20. Gráfico de pozos con sus interferencias.

Luego se graficó la interferencia, es decir, la relación entre la depresión y la distancia entre los pozos de observación y el de explotación que fue el pozo N°4 (Figura 21).

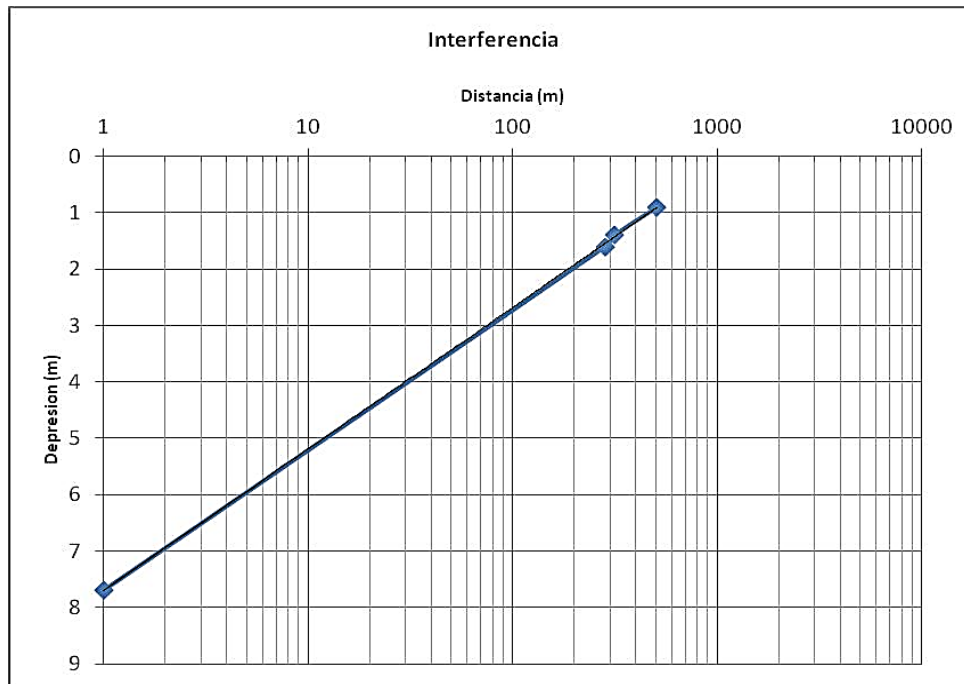


Figura 21. Gráfico de interferencia de la depresión en función de la distancia. Radio de influencia aproximado: 1.110 m.

5.1.2.4. Rendimiento, Frecuencia de Uso y Plan de Rotación de los Pozos

A partir del año 2015 se observó un aumento del consumo de agua en la planta; los meses de mayores consumos fueron octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, y marzo, alcanzándose picos de 52.000 m³/mes. Cabe destacar que el sistema productivo está dividido en dos partes, una parte es abastecida por el pozo N°5 en un 30% y otro sector es abastecido por la perforación N°6 en un 70%. Esta rotación y esquema de trabajo del bombeo conjunto de ambas perforaciones hace posible un óptimo rendimiento teniendo en cuenta los problemas de interferencia de las napas. Esto permitirá rotar en forma sistemática

el uso de las perforaciones y mejorar los niveles de explotación. En la Tabla 8 se presenta el consumo mensual de los pozos activos durante el año 2019.

Tabla 8. Consumo de agua de los pozos activos N°5 y N°6 durante el año 2019.

Mes	Total M ³	Pozos	Porcentaje	M ³ /pozo
Enero	43672	Pozo 5	39%	17032
		Pozo 6	61%	26640
Febrero	41224	Pozo 5	34%	14016
		Pozo 6	66%	27208
Marzo	43349	Pozo 5	32%	13872
		Pozo 6	68%	29477
Abril	35638	Pozo 5	30%	10691
		Pozo 6	70%	24947
Mayo	33726	Pozo 5	35%	11804
		Pozo 6	65%	21922
Junio	34781	Pozo 5	44%	15304
		Pozo 6	56%	19477
Julio	32557	Pozo 5	34%	11069
		Pozo 6	66%	21488
Agosto	31445	Pozo 5	31%	9748
		Pozo 6	69%	21697
Septiembre	27528	Pozo 5	31%	8534
		Pozo 6	69%	18994
Octubre	43354	Pozo 5	27%	11706
		Pozo 6	73%	31648
Noviembre	47405	Pozo 5	25%	11851
		Pozo 6	75%	35554
Diciembre	51844	Pozo 5	24%	12443
		Pozo 6	76%	39401

La explotación promedio diaria fue de 1.555 m³, lo que indica un caudal de 65 m³/h. Se puede inferir que, en promedio, la cantidad máxima de horas de bombeo es de 7 a 8 horas por pozo, con picos de 12 h. Esto quiere decir que se explota el equivalente al 30% de la capacidad productiva de cada pozo, aproximadamente.

5.1.2.5. Caudales de consumo de agua por estaciones y temporadas de producción

El consumo total de agua cruda de la planta se calculó en base a los caudales crudos producidos por las perforaciones de la planta y los caudales empleados en la fabricación de aguas gaseosas (Tabla 9). Un valor de ratio igual a 1 indicaría que, por cada litro de agua extraída de los pozos, se embotelló 1 litro de producto final. Los valores reales están por arriba de 1, como se observa en la Tabla 8, ya que existe agua que se deshecha durante el proceso industrial, y no toda el agua extraída es finalmente embotellada.

Tabla 9. Consumos anuales de agua en la planta (años 2019 y 2020).

MES	Total Consumo embotelladora (m ³)					
	2019			2020		
	Agua Cruda	Bebida	Ratio Mensual	Agua Cruda	Bebida	Ratio Mensual
Enero	43672	23088	1,89	44617	24861	1,79
Febrero	41224	21800	1,89	41982	23543	1,78
Marzo	43349	23800	1,82	35645	20274	1,76
Abril	35638	20200	1,76	25903	13900	1,86
Mayo	33726	19100	1,77	30147	17150	1,76
Junio	34781	19084	1,82	34450	19050	1,81
Julio	32557	18765	1,73	32254	17980	1,79
Agosto	31445	17561	1,79	30120	16560	1,82
Septiembre	27528	15961	1,72	29245	17380	1,68
Octubre	43354	24760	1,75	41234	24790	1,66
Noviembre	47405	27920	1,70	45678	27676	1,65
Diciembre	51844	30589	1,69	52200	32540	1,60
TOTAL	466523	262628	1,78	443475	255703	1,75

Se puede observar que, en 2019, los meses de mayor consumo fueron enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre, con consumos superiores a 40.000 m³ mensuales, y superando los 50.000 m³ en diciembre. Desde el punto de vista técnico, se pueden clasificar los meses del año en base a los niveles de producción en temporada alta (octubre a marzo) y temporada baja (abril a septiembre). Durante los meses de temporada alta se registra una mayor producción ya que es mayor el consumo, venta y, por lo tanto, las horas de trabajo. En la Tabla 10, se muestra el consumo total de agua cruda durante cada una de las temporadas mencionadas en el año 2019, y se infiere que durante la

temporada alta se consumió el 58% del agua (270.848 m³) frente a la temporada baja durante la cual se consumió el 42% del agua total (195.675 m³).

Tabla 10. Comparación de caudales de consumo por temporada 2019.

Temporada alta (2019)		Temporada baja (2019)	
Consumo m³		Consumo m³	
Enero	43.672	Abril	35.638
Febrero	41.224	Mayo	33.726
Marzo	43.349	Junio	34.781
Octubre	43.354	Julio	32.557
Noviembre	47.405	Agosto	31.445
Diciembre	51.844	Septiembre	27.528
Total	270.848	Total	195.675

Se observó una tendencia similar en el año 2020, excepto que en el mes de marzo se registró un consumo inferior a los 40.000 m³ (Tabla 11). Durante la temporada alta de 2020 se consumió el 59% del agua (261.356 m³) mientras que durante la temporada baja se consumió el 41% (182.119 m³). Se puede observar una diferencia de un 20% de aumento en el consumo de agua durante la temporada alta respecto a la temporada baja, para los años 2019 y 2020.

Tabla 11. Comparación de caudales de consumo en la temporada 2020.

Temporada alta (2020)		Temporada baja (2020)	
Consumo m³		Consumo m³	
Enero	44.617	Abril	25.903
Febrero	41.982	Mayo	30.147
Marzo	35.645	Junio	34.450
Octubre	41.234	Julio	32.254
Noviembre	45.678	Agosto	30.120
Diciembre	52.200	Septiembre	29.245
Total	261.356	Total	182.119

5.1.3. Calidad de Agua de los Pozos de la Planta Embotelladora

Se presenta a continuación el informe completo anual de resultados de la caracterización físicoquímica y microbiológica de la muestra de agua cruda, obtenida del pozo N° 6 de la Planta Tucumán (Tabla 12). Resulta fundamental realizar este tipo de análisis en el agua cruda, ya que permiten caracterizar la calidad del agua que se utilizará como materia prima para obtener el producto final embotellado.

Tabla 12. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua.

DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	VALORES DE REFERENCIA		METODO APLICADO
			MIN	MAX	
Manganeso	< 0,005	mg/L	-	0,05	EPA 6020 A
Mercurio	< 0,0002	mg/L	-	0,001	EPA 6020 A
Niquel	< 0,005	mg/L	-	0,02	EPA 6020 A
Nitratos	15,8	mg/L	-	45	S.M. 4500-NO3, 23rd Ed.
Nitritos	< 0,01	mg/L	-	0,1	S.M. 4500-NO2 B, 23rd Ed.
Selenio	< 0,005	mg/L	-	0,01	EPA 6020 A
Sulfatos	12,2	mg/L	-	250	S.M. 4500-SO4, 23rd Ed.
Sulfatos y cloruros total combinadas	21,4	mg/L	-	400	Cálculo
Uranio	0,002	mg/L	-	0,03	EPA 6020 A
Zinc	< 0,02	mg/L	-	5	EPA 6020 A
Acilamida	< 0,0005	mg/L	-	0,0005	GC-MS
Benceno	< 0,0005	mg/L	-	0,005	EPA 524.2
Benzo(a)pireno	< 0,00001	mg/L	-	0,00001	EPA 8310
Tetracloruro de carbono	< 0,0005	mg/L	-	0,003	EPA 524.2
1,2-Dicloroetano	< 0,0005	mg/L	-	0,002	EPA 524.2
1,2-Dicloroetano	< 0,0005	mg/L	-	0,5	EPA 524.2
cis-1,2-Dicloroetano	< 0,0005	mg/L	-	0,05	EPA 524.2
trans-1,2-Dicloroetano	< 0,0005	mg/L	-	0,05	EPA 524.2
Bis(2-etilhexil)ftalato	< 0,0006	mg/L	-	0,006	EPA 525.2
Cloruro de metileno	< 0,0005	mg/L	-	0,02	EPA 524.2
EDTA	< 0,1	mg/L	-	0,6	H.P.L.C.

DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	VALORES DE REFERENCIA		METODO APLICADO
			MIN	MAX	
Sabor	Sin sabores extr.	-	-	Sin sabores	SM-PR-441 Rev.15JUN2015
Olor	Sin olores extr.	-	-	Sin olores e	SM-PR-441 Rev.15JUN2015
Aspecto	Sin materia extr.	-	-	Sin materia	SM-PR-441 Rev.15JUN2015
Alcalinidad Total	257	mg/L CaCO3	-	85	SM-PR-040 Rev.13DIC2013
Cloro total	< 0,1	mg/L	-	Ausencia	SM-PR-165 Rev.13DIC2013
pH	7,5	u. de pH	6,5	8,5	SM-PR-355 Rev.13DIC2013
Solidos disueltos totales	343	mg/L	-	500	SM-PR-445 Rev.13DIC2013
Turbiedad	0,11	NTU	-	0,3	SM-PR-455 Rev.13DIC2013
Aluminio	< 0,02	mg/L	-	0,2	EPA 6020 A
Antimonio	< 0,001	mg/L	-	0,02	EPA 6020 A
Arsénico	< 0,002	mg/L	-	0,01	EPA 6020 A
Bario	< 0,07	mg/L	-	0,7	EPA 6020 A
Boro	< 0,5	mg/L	-	0,5	EPA 6020 A
Cadmio	< 0,0005	mg/L	-	0,003	EPA 6020 A
Cloruros	9,2	mg/L	-	250	S.M. 4500-Cl, 23rd Ed.
Cromo total	< 0,01	mg/L	-	0,05	EPA 6020 A
Cobre	< 0,01	mg/L	-	1	EPA 6020 A
Cianuro total	< 0,02	mg/L	-	0,07	S.M. 4500-CN, 23rd Ed.
Fluoruro	0,15	mg/L	-	1,5	S.M. 4500-F D, 23rd Ed.
Hierro	< 0,01	mg/L	-	0,1	EPA 6020 A
Plomo	< 0,0005	mg/L	-	0,005	EPA 6020 A

DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	VALORES DE REFERENCIA		METODO APLICADO
			MIN	MAX	
Etil benceno	< 0,0005	mg/L	-	0,3	EPA 524.2
Hexaclorobutadieno	< 0,0005	mg/L	-	0,0006	EPA 524.2
NTA	< 0,1	mg/L	-	0,2	H.P.L.C.
Estireno	< 0,0005	mg/L	-	0,02	EPA 524.2
Tetracloroeteno	< 0,0005	mg/L	-	0,01	EPA 524.2
Tolueno	< 0,0005	mg/L	-	0,7	EPA 524.2
Tricloroeteno	< 0,0005	mg/L	-	0,001	EPA 524.2
Cloruro de vinilo	< 0,0003	mg/L	-	0,0003	EPA 524.2
Xileno	< 0,0005	mg/L	-	0,5	EPA 524.2
Bromato	< 0,001	mg/L	-	0,01	EPA 317.0
Clorato	< 0,02	mg/L	-	0,7	EPA 300.1
Clorito	< 0,02	mg/L	-	0,7	EPA 300.1
Acidos Haloaceticos 5 (HAA5)	< 0,01	mg/L	-	0,06	EPA 552
Acido monocloroacético	< 0,01	mg/L	-	-	EPA 552
Acido dicloroacético	< 0,01	mg/L	-	-	EPA 552
Acido tricloroacético	< 0,01	mg/L	-	-	EPA 552
Acido bromoacético	< 0,01	mg/L	-	-	EPA 552
Acido dibromoacético	< 0,01	mg/L	-	-	EPA 552
Dibromoacetnitrilo	< 0,001	mg/L	-	0,07	EPA 551.1
Dicloroacetnitrilo	< 0,001	mg/L	-	0,02	EPA 551.1
Trihalometanos totales	< 0,0005	mg/L	-	0,08	EPA 524.2

DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	VALORES DE REFERENCIA		METODO APLICADO
			MIN	MAX	
Bromoforno	< 0,0005	mg/L	-	-	EPA 524.2
Dibromoclorometano	< 0,0005	mg/L	-	-	EPA 524.2
Bromodichlorometano	< 0,0005	mg/L	-	-	EPA 524.2
Cloroforno	< 0,0005	mg/L	-	-	EPA 524.2
Alaclor	< 0,0001	mg/L	-	0,02	EPA 505
Aldicarb	< 0,0001	mg/L	-	0,01	EPA 531.2
Aldicarb sulfona	< 0,0001	mg/L	-	0,01	EPA 531.2
Aldicarb sulfoxido	< 0,0001	mg/L	-	0,01	EPA 531.2
Aldrin + Dieldrin	< 0,00001	mg/L	-	0,00003	EPA 505
Atrazina	< 0,001	mg/L	-	0,003	EPA 525.2
Carbofuran	< 0,001	mg/L	-	0,007	EPA 531.2
Clordano	< 0,0001	mg/L	-	0,0002	EPA 505
Clorotoluron	< 0,0001	mg/L	-	0,03	GC-MS
Clorpirifós	< 0,0001	mg/L	-	0,03	EPA 614
Cianazina	< 0,0001	mg/L	-	0,0006	H.P.L.C.
2,4-D	< 0,0001	mg/L	-	0,03	EPA 515
2,4-DB	< 0,0001	mg/L	-	0,09	EPA 515
2,4'-DDD	< 0,0001	mg/L	-	0,001	EPA 505
2,4'-DDE	< 0,0001	mg/L	-	0,001	EPA 505
2,4'-DDT	< 0,0001	mg/L	-	0,001	EPA 505
4,4'-DDD	< 0,0001	mg/L	-	0,001	EPA 505

DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	VALORES DE REFERENCIA		METODO APLICADO
			MIN	MAX	
4,4'-DDE	< 0,0001	mg/L	-	0,001	EPA 505
4,4'-DDT	< 0,0001	mg/L	-	0,001	EPA 505
1,2-Dibromo-3-Cloropropano	< 0,0001	mg/L	-	0,001	EPA 524.2
1,2-Dibromoetano	< 0,00005	mg/L	-	0,0004	EPA 524.2
1,2-Dicloropropano	< 0,0001	mg/L	-	0,04	EPA 524.2
1,3-Dicloropropano	< 0,0001	mg/L	-	0,02	EPA 524.2
Diclorprop	< 0,0001	mg/L	-	0,01	EPA 515.2
Dimetoato	< 0,0001	mg/L	-	0,006	EPA 614
Endrin	< 0,0001	mg/L	-	0,0006	EPA 505
2,4,5-TP (Silvex)	< 0,0001	mg/L	-	0,009	EPA 515.2
Heptacloro	< 0,00002	mg/L	-	0,00003	EPA 505
Heptacloro epóxido	< 0,00002	mg/L	-	0,00003	EPA 505
Isoproturon	< 0,0001	mg/L	-	0,009	GC-MS
Lindano	< 0,0001	mg/L	-	0,002	EPA 505
M.C.P.A	< 0,0001	mg/L	-	0,002	EPA 515.2
Mecoprop	< 0,0001	mg/L	-	0,01	EPA 515.2
Metoxicloro	< 0,0001	mg/L	-	0,02	EPA 525.2
Metolacloro	< 0,0001	mg/L	-	0,01	EPA 525.2
Molinato	< 0,0001	mg/L	-	0,006	GC-MS
Pendimetalin	< 0,0001	mg/L	-	0,02	GC-MS
Pentaclorofenol	< 0,0001	mg/L	-	0,009	EPA 515.2

DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	VALORES DE REFERENCIA		METODO APLICADO
			MIN	MAX	
Simazina	< 0,0001	mg/L	-	0,002	EPA 525.2
2,4,5-T	< 0,0001	mg/L	-	0,009	EPA 515.2
Terbutilazina	< 0,0001	mg/L	-	0,0001	GC-MS
2,4,6-triclorofenol	< 0,0001	mg/L	-	0,01	EPA 525.2
Trifluralina	< 0,0001	mg/L	-	0,02	EPA 525.2
Actividad de partículas Alfa	Informe pendiente	Bq/L	-	0,5	-
Actividad de partículas Beta	Informe pendiente	Bq/L	-	1	-
Color	< 2	U.C.	-	5	Escala Pt-Co
Amoniaco	< 0,02	mg/L	-	0,2	S.M. 4500-NH3 F, 23rd Ed.
Dureza total	198	mg/L CaCO3	-	400	S.M. 2340 C, 23rd Ed.
Plata	< 0,001	mg/L	-	0,05	EPA 6020 A
Cloro activo residual	< 0,1	mg/L	-	-	S.M. 3500-Cl G, 23rd Ed.
Detergentes	< 0,02	mg/L	-	0,5	S.M. 5540 C, 23rd Ed.
Hexaclorobenceno	< 0,00001	mg/L	-	0,00001	EPA 525.2
Monoclorobenceno	< 0,0005	mg/L	-	0,003	EPA 524.2
1,2-Diclorobenceno	< 0,0005	mg/L	-	0,0005	EPA 524.2
1,4-Diclorobenceno	< 0,0004	mg/L	-	0,0004	EPA 524.2
1,1-Dicloroetano	< 0,0003	mg/L	-	0,0003	EPA 524.2
Metil-paratión	< 0,007	mg/L	-	0,007	EPA 614.1
Paratión	< 0,035	mg/L	-	0,035	EPA 614.1
Malatión	< 0,035	mg/L	-	0,035	EPA 614.1

Tabla 12. Referencias: aquellos resultados que tengan antepuesto el signo < “menor que”, deberán interpretarse como analitos no detectados. Los valores de referencia de los análisis solicitados corresponden a la Especificación BP-RQ-180 Rev. 31 Ene. 2020 y el Art. 982 del C.A.A. Valores fuera de especificación: Alcalinidad total.

5.1.4. Fuentes Alternativas de Abastecimiento de Agua para la Planta Embotelladora

Si bien actualmente se consume únicamente agua extraída por pozos propios, se analizaron otras posibilidades de abastecimiento, contemplando el Arroyo Manantial o cañerías de la SAT. Ambas propuestas son difíciles de llevar adelante por las obras e infraestructuras necesarias para poder abastecer el consumo de agua de la planta. En cuanto al primer caso, el agua superficial es

una alternativa y se debe analizar la factibilidad de abastecerse de agua desde el cauce del Arroyo El Manantial. Dado que en la actualidad la empresa CALSA SAIC productora de levadura utiliza prácticamente la totalidad de las aguas vertidas en este cauce, esta alternativa se torna poco conveniente. Existe la posibilidad de realizar obras externas que traigan el agua de otras cuencas (trasvase de cuencas) o la restitución del Río Muerto a través del canal Yerba Buena a la altura de las vertientes del Arroyo El Manantial. Si bien se conoce de una propuesta contemplada en el “Plan Director Flanco Oriental Sierras de San Javier”, en la cual se plantea la restitución del Río Muerto al Arroyo El Manantial, esto se haría mucho más delante de la ruta N° 38, hacia el río Lules, cerca de la confluencia con el Río Salí. Si se restituyese el Río Muerto al Arroyo El Manantial, según el Plan Director citado, se deberá ensanchar el Arroyo El Manantial hasta los 150 metros. Para la captación de agua en el cauce, entonces, habría que hacer una obra de toma y trasladar por cañería, con bombeo, el caudal derivado a la planta. Volviendo a la alternativa de tomar agua desde el Arroyo El Manantial (Figura 22), cercana a las nacientes, se observa que la cañería debería pasar por una zona densamente poblada. Además, la cota de la obra de toma es prácticamente la misma de la cota de llegada en planta, por lo que, teniendo en cuenta las pérdidas de carga, se requeriría presurizar la cañería mediante bombeo. Cabe recordar que, a estas alturas del arroyo, el caudal se encuentra comprometido a la empresa CALSA SAIC.



Figura 22. Alternativa de toma de agua desde el Arroyo Manantial.

Por otra parte, se plantea la factibilidad de abastecer parcialmente a la planta a través de una conexión a la Red de Agua Potable de la Ciudad de San Miguel de Tucumán. La red de agua potable de dicha ciudad se encuentra administrada actualmente por la empresa Sociedad Aguas del Tucumán SAPEM. Antes de analizar en profundidad esta alternativa, se debería pedir la factibilidad de la disponibilidad de agua necesaria para la planta a la empresa SAT SAPEM, prestataria del servicio, que cuenta con numerosos pozos (Figura 23).



Figura 23. Planos de los pozos de la SAT que podrían utilizarse para abastecer la planta.

Según se muestra en el plano siguiente (Figura 24), existe una cañería de A°C° (asbesto cemento) de 300 mm de diámetro. Se plantea la posibilidad de conectarse a través de una cañería de PVC de 200 mm de diámetro, donde la mencionada cañería de A°C° cruza el puente del Canal Sur se dirige hacia los Barrios Policial, Presidente Perón, etc. Si bien los barrios mencionados también están abastecidos por 2 pozos, se promocionan en la actualidad una serie de obras, ya licitadas, que mejorarían notablemente el servicio en la zona. Esta alternativa consistiría en la colocación de 670 m de cañería de PVC clase 6 de 200 mm, enterrada a 1,20 m de profundidad (tapada). Una obra de conexión (empalme) a la cañería de A°C° de 300 mm de diámetro existente en el puente del Canal Sur con la Ruta N°38. Y un cruce de cañería (tuneleo) sobre Ruta N° 38. Se colocarían las válvulas necesarias (2) y un medidor de caudal en donde la S.A.T. crea conveniente.



Figura 24. Plano y trazado de una posible cañería de la SAT SAPEM para poder abastecer la planta con agua.

Otra alternativa sería realizar, de ser posible, el cruce de la ruta en el puente del Canal Sur y una vez en acera Norte, ir hacia la Planta por vereda. Esta factibilidad puede llegar a proporcionar hasta 100 m³/h, suponiendo que la presión sea la adecuada. Se debe recordar que este estudio es sólo un anteproyecto, buscando la factibilidad de la obra. Para su ejecución se deberá realizar el proyecto correspondiente, donde se incluirán los cómputos métricos y presupuesto estimado.

5.2. Plan de Gestión del Balance de Agua en la Planta Embotelladora

A pesar que el suministro de agua cruda a la planta está garantizado por ahora mediante el aporte de aguas subterráneas y que esta es de buena calidad, se buscaron oportunidades de recuperación de agua dentro de la planta en las diferentes etapas del proceso industrial como así también entre los usuarios de la misma. Con esta información, se planteó un Plan de Gestión para mejorar la utilización del agua en la planta, que comprende la ejecución de las siguientes acciones: diagrama de flujo de agua, la determinación de los puntos de recuperación y fuentes alternativas, la optimización del proceso industrial y mejora en el rendimiento de agua (ratio), el ahorro de insumos y energía eléctrica a lo largo del proceso industrial, la determinación de caudales efluentes por temporada de producción y estaciones, y el uso racional de agua por parte del personal de la planta embotelladora y acciones educativas realizadas.

Actualmente, las necesidades son abastecidas en un 100% con agua subterránea obtenida de la explotación de dos perforaciones, con un caudal calculado de 120 m³/h para cada una. Con los consumos actuales de 1.555 m³ promedio, se está explotando la capacidad operativa de cada pozo en un 30%. La producción de bebidas es continua, alcanzando en promedio 700 m³ diarios, con una capacidad máxima de 2.000 m³ diarios. En promedio, actualmente, por cada 1,75 m³ de agua que ingresan a la planta, 1,00 m³ sale envasado como producto final, y esta relación se conoce como “ratio de agua” que es lo que se propone optimizar con el plan de gestión propuesto. Cabe aclarar que estos valores pueden sufrir modificaciones en ciertos momentos del año.

La planta trabaja en tres turnos diarios de personal, en promedio unos 25 días al mes, lo que totalizan 300 días al año. La producción crece a un ritmo sostenido del 3% anual. En términos de consumos y producción se diferencian las temporadas baja y alta, con un aumento aproximado de un 20% en cuanto a consumo de agua y elaboración de bebidas.

5.2.1. Diagrama de Flujo de Agua

Para detectar los puntos de mejora en el uso de agua, es necesario antes conocer detalladamente el flujo del agua dentro de la planta embotelladora, desde su extracción hasta la generación del producto final (agua embotellada). Cada uno de estos pasos se grafica en el esquema de la Figura 25. Además, es importante conocer que son dos las funciones primordiales que cumple el agua dentro del proceso industrial:

1) Como materia prima básica y principal para la preparación de todas las bebidas elaboradas. Este proceso se divide, a su vez, en tres etapas que se describen a continuación.

- *Recepción:* El agua proveniente de los pozos de captación de agua subterránea se almacena en tanques, donde se agrega hipoclorito de sodio para eliminar los microorganismos, hasta alcanzar una concentración residual menor a 1 ppm.
- *Pre-tratamiento:* Luego de pasar por los tanques de recepción, se agrega carbón vegetal activado para eliminar el Cloro residual por adsorción.
- *Tratamiento:* El agua pasa a una etapa de filtrado fino, para lo cual se emplean dos filtros de pulido tipo absolutos; uno de los filtros retiene partículas hasta 20 micrones y el otro hasta 5 micrones. Entre ellos se encuentra un equipo de tratamiento con radiación ultravioleta. De allí se envía al sistema de tres

equipos de Ósmosis Inversa, cuya capacidad es de 70 m³/h de agua tratada y 15 m³/h de efluente (permeado salino o “brine”). En esta etapa se reduce sensiblemente la alcalinidad y su aporte de sabor al producto final. La corriente tratada se conduce hasta un tanque de almacenamiento desde donde tres bombas la recirculan por un sistema con radiación ultravioleta para asegurar la calidad microbiológica. Finalmente, el agua se envía a una etapa de filtrado fino, para lo cual se emplean filtros de pulido tipo absolutos, para retención de partículas de hasta 4,5 micrones.

2) Como insumo o servicio en sus procesos. El agua puede ser utilizada en calderas, circuitos de enfriamiento, lavado de filtros, lavado de botellas, preparación de insumos, higiene y sanitarios, limpieza de pisos, operación de suavizado y ósmosis, riego, etc. En el proceso de elaboración, los circuitos de enfriamiento y lavado de botellas emplean agua proveniente de una etapa de suavizado o ablandamiento a través de columnas rellenas con resinas de intercambio iónico, tipo catiónica fuerte. Se almacena en tanques donde se clorina hasta una concentración residual menor a 4 ppm.

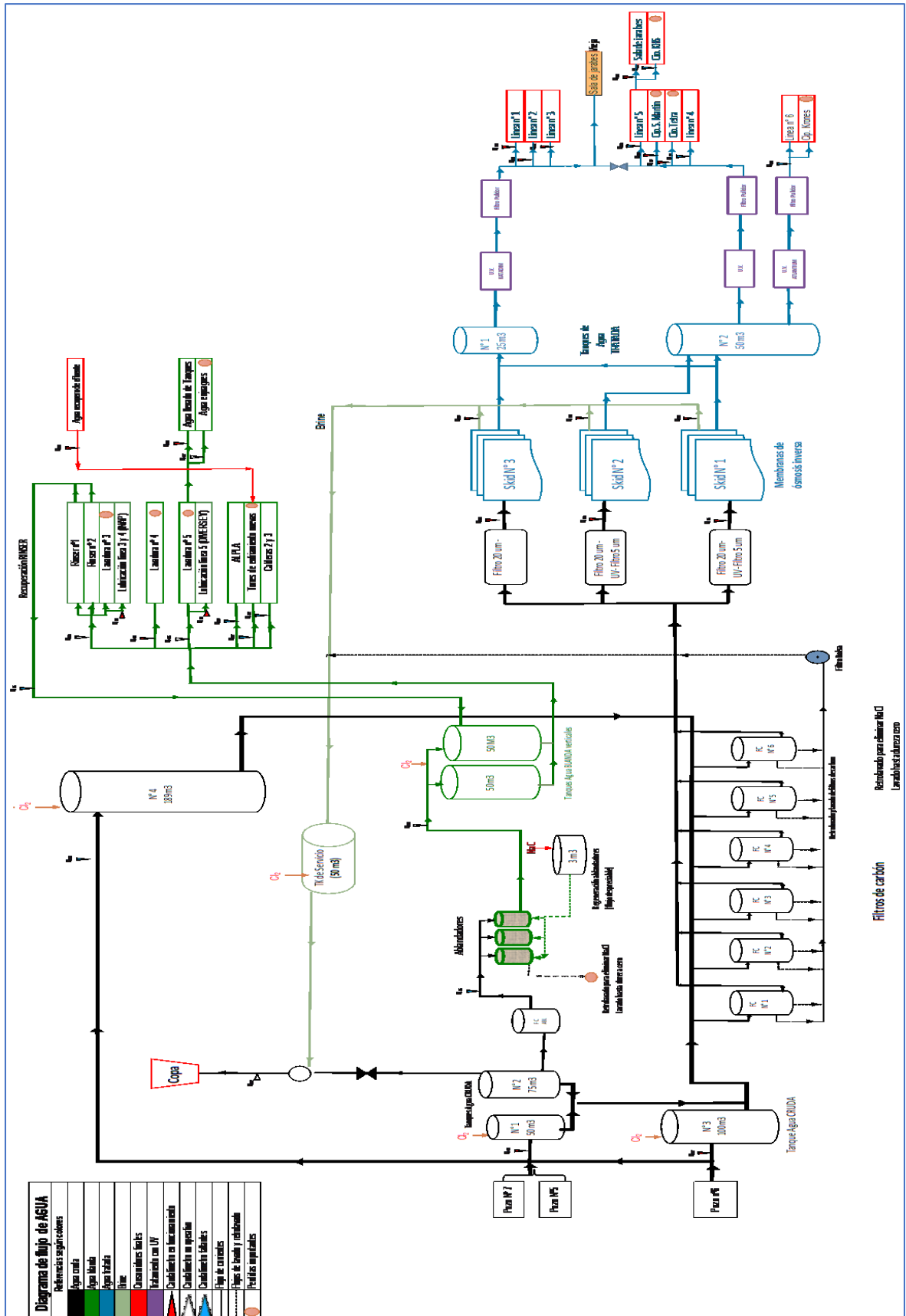


Figura 25. Diagrama de flujo del proceso que sigue el agua dentro de la planta embotelladora. El diagrama es propiedad de la planta embotelladora, y su permiso fue debidamente gestionado para ser presentado en la presente Tesis.

5.2.2. Puntos de Recuperación y Fuentes Alternativas: Aprovechamiento del Agua de Rechazo de la Ósmosis

Se destacan aquellos procesos que generan agua y en los que se puede reducir o reutilizar el consumo de agua. Para ello, se toman caudales reales promedio de los meses de enero, febrero y marzo 2019, y se presentan a continuación en el diagrama de Pareto (Tabla 13) y matriz de prioridades (Tabla 14).

Tabla 13. Diagrama de Pareto detallado.

Prioridad	Proceso	Consumo (m ³ /mes)	%	Pareto
1	Agua de rechazo de Ósmosis Inversa	7449	0,429	42,88
2	Enjuagues finales de lavadoras de botellas	7316	0,421	84,99
3	Operaciones CIP	1650	0,095	94,49
4	Regeneración de ablandadores	647	0,037	98,22
5	Agua blanda a torres de enfriamiento	260	0,015	99,71
6	Retro lavados Filtros de Carbón	50	0,003	100,00

Tabla 14. Matriz de orden de priorización de soluciones.

Oportunidad	Tiempo de solución	Impacto	Costo	Total	Prioridad
Optimización del uso de agua en Operaciones CIP	3	1	3	7	1
Disminución del agua de rechazo de Ósmosis Inversa	3	2	2	7	2
Agua de Ósmosis 4 para tanque agua blanda.	3	2	1	6	3
Utilización de agua de lavadora de botellas	1	3	1	5	4
Recuperación de agua en el retro lavado de los Filtros de Carbón	1	1	2	4	5
Disminución de agua en la regeneración de Ablandadores	1	2	1	4	5

Según la matriz de prioridad, las oportunidades de mejoras más factibles para trabajar y generar ahorros de consumo de agua fueron la optimización de las operaciones CIP, la disminución de rechazo de ósmosis inversa y la recuperación de agua de la ósmosis 4, como se describen brevemente a continuación:

1. **Optimización del uso de agua en Operaciones CIP:** se basa en la optimizar tiempos de enjuagues, recetas de equipos, poner en condiciones óptimas de uso los equipos CIP (reparación o cambio de sensores, termocuplas, etc.), enfatizar el compromiso de personal en respetar tiempos controlar mediante el uso de caudalímetros el consumo de agua.
2. **Disminución del agua de rechazo de Ósmosis Inversa:** se basa en realizar el mantenimiento de ósmosis 1, 2 y 3 para lograr una eficiencia 85-15.

3. **Agua de Ósmosis 4 para tanque agua blanda:** se basa en optimizar el proceso mediante el cambio de filtros y permeadores de ósmosis 4 para producir, así, agua sin dureza. Este punto requiere de una inversión, dependiendo del estado de las membranas; la disminución de este caudal es un indicador de que las membranas necesitan una limpieza y sanitación, y el cambio de las mismas en un caso límite. Además, una vez optimizadas las membranas, se propuso cambiar el tanque receptor de agua. En el momento de la evaluación, el agua se recolectaba en tanques de agua cruda y, lo ideal, sería que pase directamente al tanque de agua blanda. Sin embargo, a partir de la optimización sugerida del análisis realizado en el presente trabajo, se incorporó el correspondiente tanque de agua blanda, significando un ahorro considerable contar con agua blanda disponible en esta etapa.

3. **Agua de Ósmosis 4 para tanque agua tratada:** una vez que el funcionamiento del proceso de ósmosis esté funcionando en condiciones óptimas, se debe realizar un análisis del agua producida; si la misma cumple con las especificaciones de agua tratada (dureza, STD, pH), se propone realizar una bifurcación de la cañería hacia el tanque de agua cruda. Este punto quedó planteado para llevarse a cabo a futuro ya que requiere una inversión costosa para cambiar de etapas de ósmosis.

4. **Utilización de agua de lavadora de botellas:** requiere la inversión de un proceso que recicle el agua de lavadoras, se trate la misma y se pueda reutilizar en limpieza, relleno de tanques de soda de lavadora, torres de enfriamiento, etc. Luego de realizar los ajustes adecuados en esta línea de utilización, se logró reducir a la mitad la capacidad de la lavadora, es decir, de pasó de producir 30.000 botellas por hora a sólo 15.000 botellas por hora en la lavadora de

envases retornables. Esta optimización en la línea permitió conseguir un ahorro importante en el consumo de agua para lavado de los envases.

5. **Recuperación de agua en el retro lavado de los filtros de carbón:** esta mejora consiste en poner en funcionamiento el filtro para carbonilla dejándolo en condiciones óptimas; luego, el agua es receptada en tanque horizontal para ser reutilizada en ósmosis 4 y copa.

6. **Disminución de agua en la regeneración de ablandadores:** esta mejora requiere automatizar la operación de ablandamiento de agua. Para ello, es necesario contar con la medición de dureza de agua en línea, ya que permitiría optimizar la cantidad de agua utilizada en el lavado y retro lavado. Cuando el agua llega, tiene una dureza de 35 mg/L, y al reducirla a 0 mg/L, la misma podrá ser recuperada como agua cruda. Este punto de optimización quedó planteado para futuro ya que requiere una inversión importante.

5.2.3. Optimización del Proceso Industrial y Mejora en el Rendimiento de Agua (Ratio)

En base a la información recabada y organizada en el Diagrama de Pareto, y mediante la Matriz de Prioridad de soluciones, en el presente estudio se logró reutilizar el agua de rechazo generada en el proceso industrial de la planta embotelladora. Éstas incluyen distintos puntos, indicados como X1 a X5 (Figuras 26 y 27).

- X1: Caudal de agua permeada de Ósmosis 4.
- X2: Caudal de agua permeada de Ósmosis 3.
- X3: Caudal de agua blanda no embotellada para lavado de envase y lubricación.

- X4: Caudal de agua tratada no embotellada para CIPs.
- X5: Seguimiento y reparación de pérdidas de agua (este punto no se encuentra graficado en los esquemas ya que se refieren a pérdidas menores a lo largo de todo el circuito industrial, lo que puede incluir cañerías menores que no se encuentra graficadas en los respectivos esquemas).

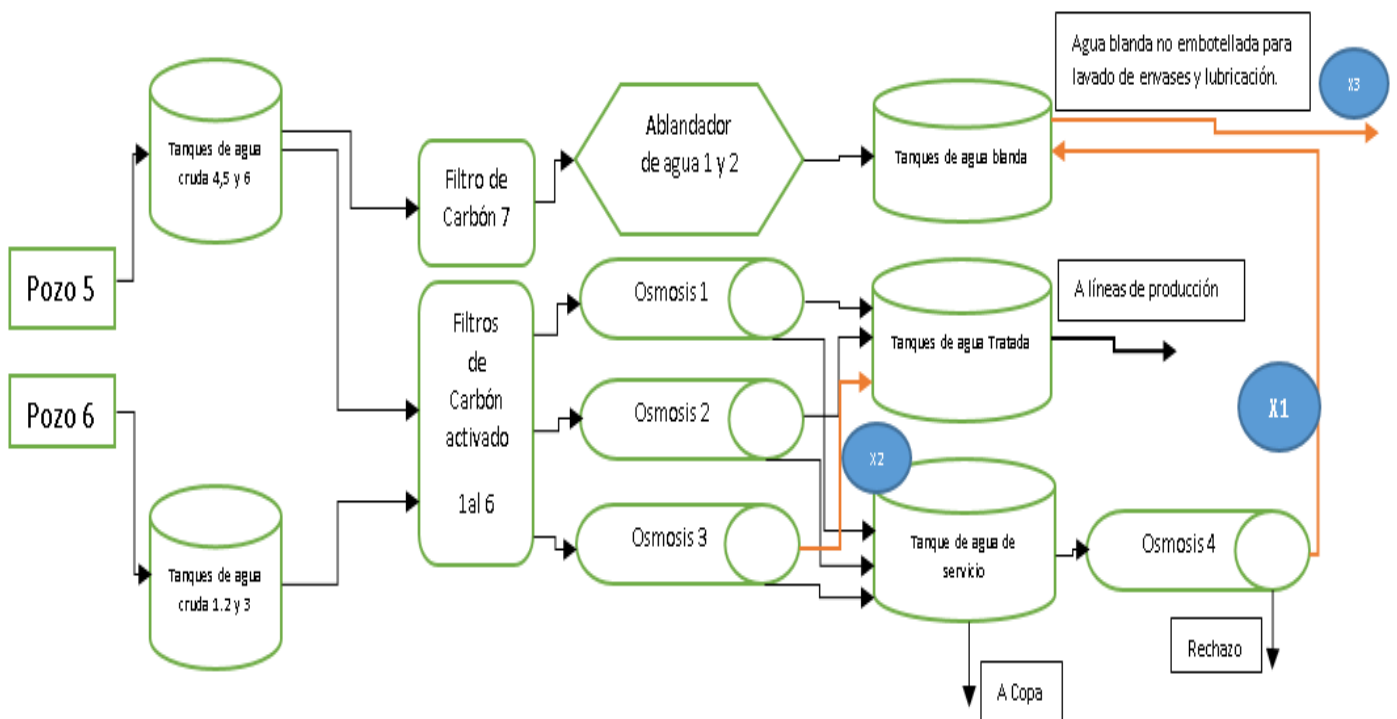


Figura 26. Esquema del tratamiento del agua desde salida de los pozos hasta transformarse y almacenarse como agua tratada.

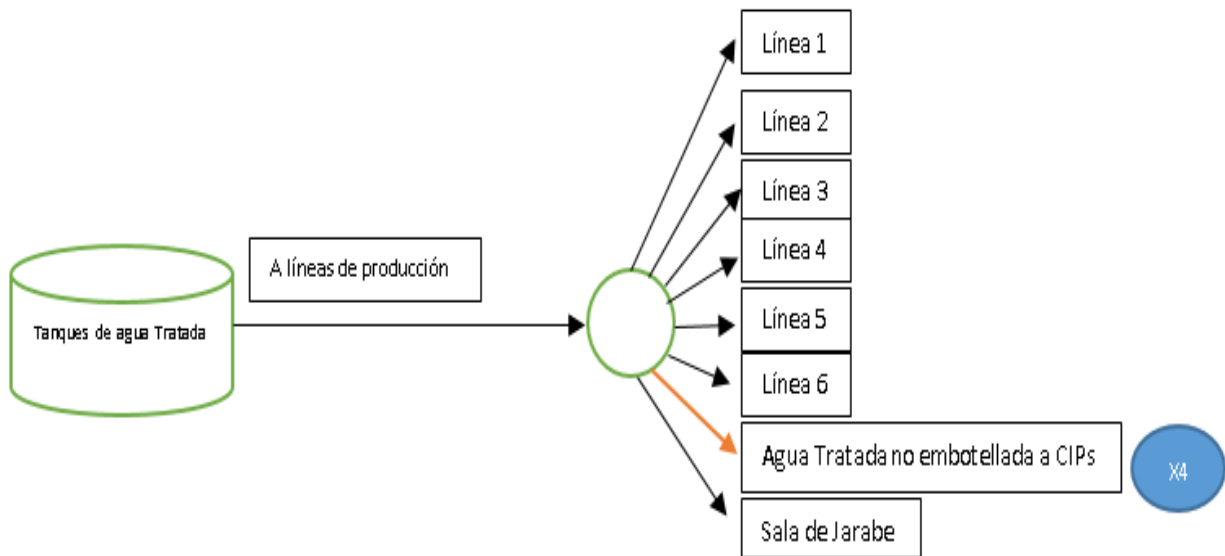


Figura 27. Distribución desde el tanque de agua tratada a las distintas líneas y sectores de uso de la misma.

La Ósmosis 4 se alimenta con el rechazo de Ósmosis 1, 2 y 3 y permite recuperar el agua. El caudal de agua permeada de Ósmosis 4 (X1) llena el tanque de agua blanda que se utiliza para lavado de envases y lubricación de líneas. La disminución de este caudal es un indicador de que las membranas necesitan una limpieza y sanitación y el cambio de las mismas en un caso límite.

La Ósmosis 3 produce agua tratada para embotellar y/o CIPs. La disminución del caudal de permeado es un indicador de obstrucción de las membranas, y, por lo tanto, es necesaria la limpieza y sanitación de las mismas. Su reemplazo también es un caso límite. Al disminuir al caudal de permeado la relación entre permeado/rechazo deja de ser 85-15 y por lo tanto pierde eficiencia la ósmosis y produce más agua de rechazo.

El caudal de agua recuperada se suma al que produce los ablandadores, que es utilizada para lavado de envases y lubricación. Se miden caudales y reducen

tiempos de sanitación de llenadoras, mixers, tanques de sala de jarabes, almix y líneas de jarabe. A posteriori se validan las sanitaciones con análisis microbiológicos.

Se realizaron auditorías semanales, identificando pérdidas de agua y pasando la información mantenimiento para su reparación. Estas pérdidas de agua fueron encontradas, principalmente, en uniones de cañerías, acoples mal ajustados, mangueras y cañerías pinchadas, válvulas rotas de proceso que perdían agua. Para todos estos puntos en caso en medida de lo factible se realizaron mediciones de las pérdidas, pero en muchos casos no fue posible medir por las características de los derrames.

El ahorro generado fue el resultado de las acciones concretas del presente plan de gestión; se analizaron los puntos potenciales de ahorro, se establecieron prioridades, se diseñó un plan integral de gestión, y mediante la realización de proyectos se alcanzaron dichas metas. Este trabajo integral resultó en considerables mejoras en el uso y consumo de agua de la planta embotelladora que comenzó en el año 2020 hasta la actualidad. En la Tabla 15 se presenta un resumen del ahorro alcanzado en los puntos antes mencionados de manera mensual.

Tabla 15: Ahorro de agua alcanzado en la planta embotelladora durante el año 2020 (Los valores de la tabla están dados en m³).

	Ahorro generado 2020											
	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20
X1: Caudal de agua permeada de Ósmosis 4.	192	183	159	143	136	139	146	173	181	192	205	225
X2: Caudal de agua permeada de Ósmosis 3.	240	223	231	221	208	200	203	218	223	228	226	280
X3: Caudal de agua blanda no embotellada para lavado de envase y lubricación.	88	81	69	53	42	50	55	67	75	73	76	98
X4: Caudal de agua tratada no embotellada para CIPs	113	104	89	93	80	92	98	86	89	98	84	127
X5: Seguimiento y reparación de pérdidas de agua.	15	13	11	9	10	14	15	20	11	19	20	15
Total m3	6925											

En promedio, el ratio de agua del año 2019 fue de 1,78 con 466.523 m³ de agua cruda extraída, y en 2020 el ratio fue de 1,75 con 443.475 m³ de agua cruda extraída (Figura 28).

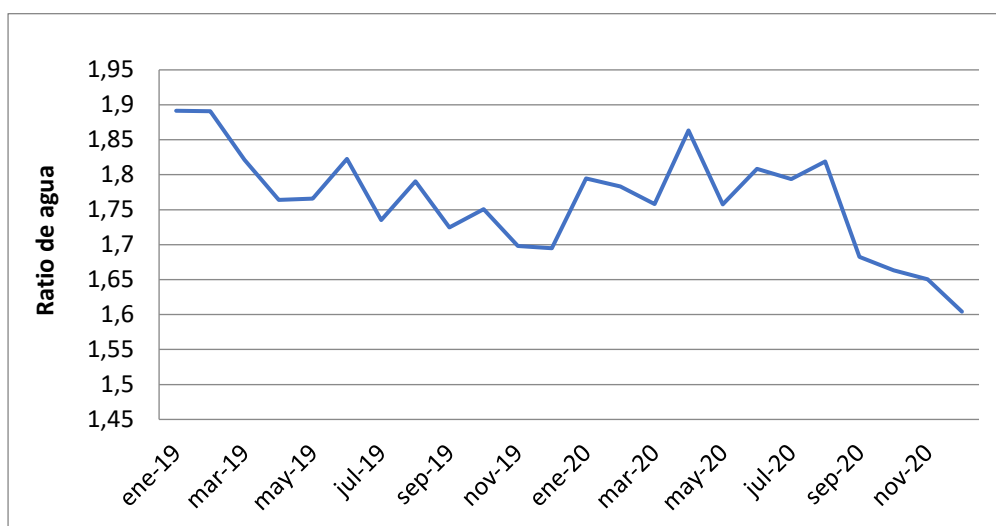


Figura 28. Evolución del ratio de agua durante los años 2019 y 2020.

La diferencia en el ratio fue de 0,03, lo que representa 6.925 m³ de agua ahorrada aproximadamente. La disminución del ratio de 1,78 en el año 2020 a 1,75 en el año 2019, significa que se alcanzó un uso más eficiente del recurso de

agua extraída en relación al agua embotellada. Esta mejora no significa que se necesite extraer menos volumen de agua para mejorar el indicador, si no que la premisa es optimizar el proceso y reducir pérdidas para lograr embotellar la mayor cantidad de litros de bebida en relación al agua extraída.

5.2.4. Ahorro de Insumos y Energía Eléctrica a lo largo del Proceso Industrial

La reducción del ratio de agua lleva también al uso más eficiente de todos los insumos y servicios necesarios para el tratamiento de agua en la planta embotelladora. De esta forma, se lograron importantes ahorros en consumos de insumos y energía eléctrica a lo largo del proceso. Los principales procesos del tratamiento de agua requieren de los siguientes insumos y servicios (Tabla 16).

Tabla 16. Principales insumos y servicios en el procesamiento del agua.

Insumos y Servicios	Proceso	Producto	Salida	Impacto
Antiescalante	Extracción, tratamiento y distribución de agua	Agua tratada, agua blanda, agua de servicios y rechazo	Líneas de producción	Ahorro económico:
Sal Industrial				El uso más
Hipoclorito			eficiente del agua	
Agua			impacta	
Aire presurizado			directamente en	
Energía eléctrica			el gasto en insumos y servicios	

El costo de energía eléctrica aumentó de 6,57 \$/m³ en 2019 a 6,63 \$/m³ en 2020. Sin embargo, se registró un ahorro directo de U\$S 343 debido a la disminución del ratio de agua entre ambos años. Similar situación se vio reflejada en el ahorro de insumos en 2020 respecto a 2019. Por ejemplo, la disminución en el consumo de cloruro de sodio fue de 27.775 kg, lo que representó un ahorro de U\$S 952. La disminución en el consumo de cloro fue de 4.225 kg, lo que representó un ahorro de U\$S 846. La disminución en el consumo de antiescalante fue de 30 litros, lo que representó un ahorro de U\$S 323. Además de registrarse un ahorro total de U\$S 2.342, es importante destacar que se logró un mejor aprovechamiento del recurso agua y, por lo tanto, una disminución del impacto ambiental.

5.2.5. Caudales Efluentes por Temporada de Producción y Estaciones

Los efluentes de la planta embotelladora se vierten durante todo el año en el arroyo Manantial. En la Tabla 17 se presentan los caudales vertidos correspondientes a los meses de junio 2019 a junio 2020, y se resaltan aquellos meses en los que se observó un aumento considerable del caudal vertido, que corresponden a los meses de temporada alta de producción (octubre 2019 a marzo 2020).

Tabla 17. Caudal de salida de efluentes.

Total de Efluentes	
Mes	Caudal (m ³)
jun-19	20.431
jul-19	22.319
ago-19	21.087
sep-19	17.200
oct-19	21.780
nov-19	23.468
dic-19	24.977
ene-20	25.885
feb-20	24.139
mar-20	21.563
abr-20	15.793
may-20	16.291
jun-20	19.625

5.3. Uso Racional de Agua por parte del Personal de la Planta Embotelladora y Acciones Educativas Realizadas

La encuesta consistió en un formulario *online* con diez preguntas sobre temas ambientales y la conciencia sobre el uso racional del agua. Fue distribuida vía correo electrónico a 50 colaboradores de la planta, de los cuales 35 respondieron en tiempo y forma. Por lo tanto, los resultados expuestos corresponden a este número de encuestados.

En cuanto a la pregunta número 1 acerca de los sectores a los cuales pertenecen el grupo de encuestados, se puede observar en la Figura 29 que la mayor cantidad de encuestados y respuestas se encuentra en el sector de Calidad (42,86%). La misma es el área más involucrada en el manejo del recurso agua ya que dentro de sus inmediaciones se encuentra la planta involucrada en el bombeo y tratamiento del agua.

¿A qué sector de la planta pertenece?

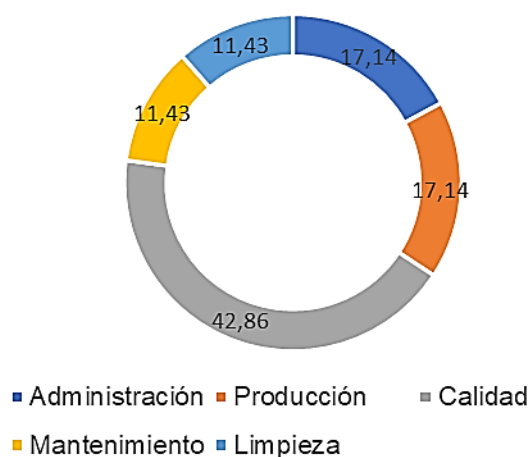


Figura 29. Corresponde a las respuestas a la pregunta 1 de la encuesta.

Con la pregunta número 2 se pudo realizar un rápido relevamiento de cuál es el uso y manejo del agua que hacen las personas encuestadas según su puesto de trabajo. Dentro de los encuestados, se observó que la mayor utilización del recurso agua la realizan aquellas personas dentro del área Industrial dentro del sector de Calidad (35%) (Figura 30).

Desde su puesto de trabajo, en una escala de 1 a 3, ¿qué valor le da a la utilización del recurso agua que usted realiza?

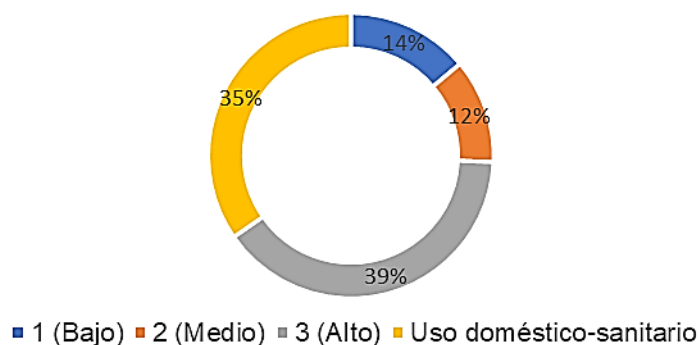


Figura 30. Corresponde a las respuestas a la pregunta 2 de la encuesta.

Del total de encuestados, dieciocho personas respondieron que sí hacen un uso racional y eficiente del agua, lo que corresponde con más de la mitad de las personas que participaron de la encuesta. Mientras que solo dos contestaron que no lo hacen (6%), y quince que algunas veces lo hacen. Entre estas últimas personas se observó una gran oportunidad de mejora (Figura 31).

¿Considera que hace un uso racional y eficiente del agua?

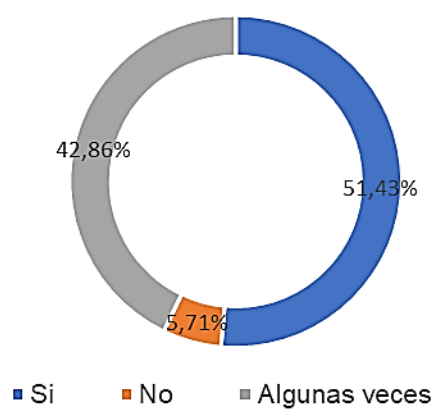


Figura 31. Corresponde a las respuestas a la pregunta 3 de la encuesta.

El 69% de personas encuestadas (35 personas) respondieron incorrectamente la pregunta número 4, lo que indicó que no dimensionan los litros de agua que puede gastar una canilla que gotea sin control (Figura 32). Solo el 31% respondió correctamente (11 personas).

¿Cuántos litros de agua crees que desperdicia en un día una canilla que gotea?

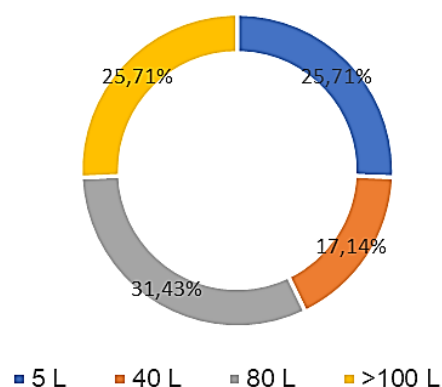


Figura 32. Corresponde a las respuestas a la pregunta 4 de la encuesta.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que la cantidad adecuada de agua para consumo humano (beber, cocinar, higiene personal y limpieza del hogar) es de 50 litros/habitante/día. En general, esta pregunta fue adecuadamente respondida por 24 personas, mientras que solo una indicó que una persona necesita más de 100 litros por día (Figura 33). Estos resultados dieron una idea del nivel de conocimiento en el tema.

Según la OMS, ¿cuántos litros de agua son recomendables por ser humano para su consumo e higiene diarios?

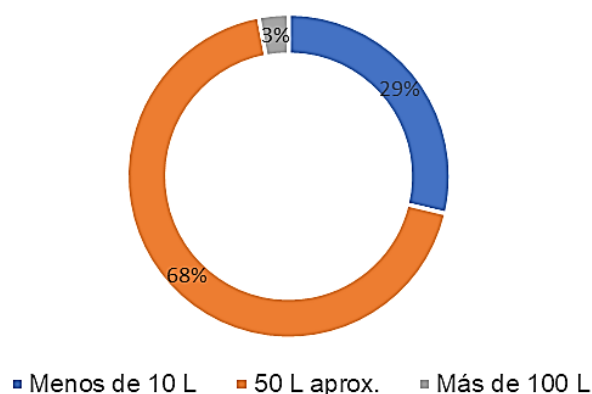


Figura 33. Corresponde a las respuestas a la pregunta 5 de la encuesta.

Por otra parte, el 89% de los involucrados (31 personas) detectó alguna vez una pérdida de agua en alguna parte de la planta embotelladora (Figura 34). Frente a esta situación, el 57% de encuestados tomaría una medida pasiva frente a una pérdida de agua por goteo; entre ellos, siete personas contestaron que directamente no intervendría (20%), y trece personas que tratarían de solucionar la pérdida (37%). Mientras que el 43% de los involucrados actuarían de forma positiva y proactiva; diez personas respondieron que avisarían a un superior inmediatamente para su reparación (29%), y cinco que se involucrarían para investigar las causas de la pérdida encontrada (14%) (Figura 35).

Desde su posición, ¿detectó alguna vez una pérdida de agua?

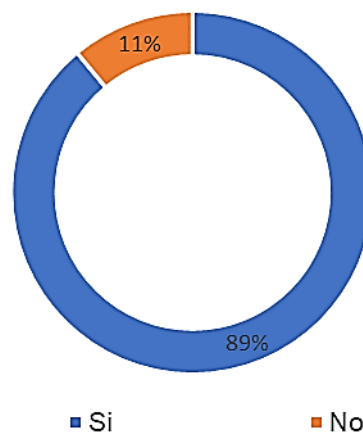


Figura 34. Corresponde a las respuestas a la pregunta 6 de la encuesta.

Al detectar una pérdida de agua, ¿cómo actúa usted?

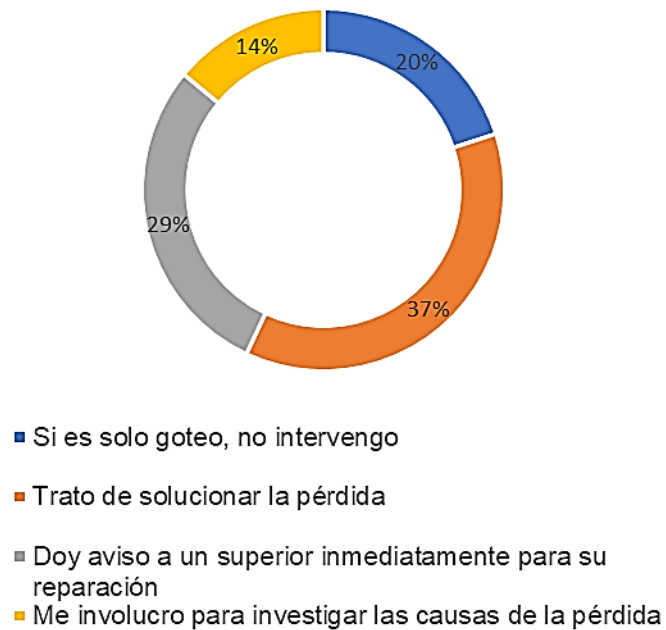


Figura 35. Corresponde a las respuestas a la pregunta 7 de la encuesta.

Respecto a la pregunta número ocho, veintidós personas respondieron de forma positiva, sosteniendo que alguna vez implementó algún tipo de mejora para evitar pérdidas de agua y/o recuperar el recurso (63%) (Figura 36). La mayoría de estas personas trabajan en el sector de Calidad, y justamente son quienes manejan dicho recurso y trabajan para reducir y mejorar su consumo. Mientras que el resto de los encuestados respondieron que nunca implementaron algún tipo de mejora en este sentido.

¿Alguna vez implementó alguna mejora para evitar pérdidas y/o recuperar el recurso?

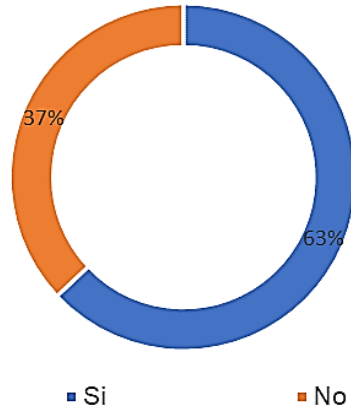


Figura 36. Corresponde a las respuestas a la pregunta 8 de la encuesta.

Después de haber respondido las primeras ocho preguntas de la encuesta, dieciocho personas respondieron que consideran que hacen uso racional y eficiente del agua (51%), mientras que el tres personas respondió que no lo hace (9%), y catorce que algunas veces lo hace (40%) (Figura 37). Por lo tanto, en este punto, se detectó nuevamente una posibilidad de mejora para lograr un uso más eficiente del agua, proponiéndose realizar capacitaciones con tal fin.

Tras haber respondido la encuesta, ¿considera que hace uso racional y eficiente del agua?

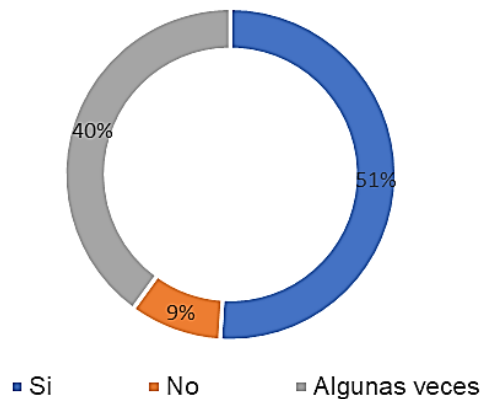


Figura 37. Corresponde a las respuestas a la pregunta 9 de la encuesta.

Finalmente, ante la última pregunta que solicitaba sugerencias para mejorar el uso racional y eficiente del agua, el 70% del personal de planta optó por la capacitación sobre el manejo del recurso (24 personas), mientras que solo dos personas indicaron la necesidad de realizar inversiones en nuevas tecnologías (6%), y ocho personas indicaron la necesidad de realizar reparaciones y planes de mejora sobre el equipamiento actual (24%) (Figura 38). Estas dos últimas opciones representarían un elevado costo, mientras que la opción de las capacitaciones al personal sería la solución más rápida y económica.



Figura 38. Corresponde a las respuestas a la pregunta 10 de la encuesta.

En base a los resultados obtenidos, se detectaron numerosos puntos de mejora en el uso de agua por lo que se procedió a brindar charlas informativas sobre cómo usar de forma racional el agua, la importancia de dar aviso ante pérdidas de agua en cualquier sector de la planta, incluso de si se tratan de pérdidas por goteo. Y toda esta información se reafirmó mediante la confección de un folleto informativo que fue repartido a todo el personal (Apéndice 2).

6. Discusión

A continuación, se discuten los principales resultados, organizados en tres sub-secciones que responden a los objetivos específicos planteados, y en su conjunto, permiten dar respuesta al objetivo general del presente trabajo de Tesis. Además, se planteó una cuarta sub-sección para presentar las proyecciones futuras de crecimiento de la planta.

6.1. El Recurso Hídrico Subterráneo de la Cuenca Baja no se encuentra Sobreexplotado en la actualidad. Potenciales Alternativas de Abastecimiento

El área de recarga principal del acuífero donde se encuentra emplazada la planta embotelladora está ubicada en el faldeo occidental y zona de pedemonte de la Sierra de San Javier. En este sector las precipitaciones son superiores a los 1.500 mm anuales; una parte del agua se infiltra bajo la cubierta sedimentaria neógena–cuaternaria, que inclina hacia el este con fuerte pendiente, recargando los acuíferos profundos. Otra parte importante de recarga proviene del sector Norte de la cuenca, la cual es más influenciada sobre la Cuenca Baja del área de El Manantial. Históricamente, el área de la Cuenca Baja se caracterizaba por tener niveles de surgencia en gran parte de la localidad de El Manantial, parte de Yerba buena, e incluso en algunos sectores de San Miguel de Tucumán, con muy buena calidad de agua. El crecimiento industrial y poblacional observado en los últimos años en el sector, llevó a la construcción de numerosas perforaciones, muchas de las cuales se realizaron sin estudios previos, sin respetar áreas de influencia o zonas de recarga y sin medidas de precaución con respecto a la contaminación de acuíferos.

En los últimos años se generó una gran depresión en los niveles estáticos de la región, lo que evidencia que la principal amenaza del recurso acuífero subterráneo es la sobreexplotación del acuífero. Por tal motivo para el año 2015 se realizó un estudio del balance hidrológico de la Cuenca Baja junto al geólogo de la empresa. Se aplicó un modelo matemático del sistema, el cual arrojó los siguientes resultados:

- Para calibrar el modelo se empleó la piezometría obtenida por el Geol. Ruiz en 2015 (trabajo interno de la empresa) conjuntamente con los datos piezométricos preexistentes.
- Se calibró para una explotación actual de $980 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Se simuló una explotación futura con la disposición de pozos actuales, para un caudal de $2.300 \text{ m}^3/\text{h}$.

Respecto a las condiciones de borde del modelo, que, junto con las propiedades hidráulicas del acuífero, controlan el movimiento del flujo subterráneo, se han impuesto las siguientes condiciones:

- a) Zona de nivel fijo o constante (contorno sur del área de modelación).
- b) Zonas de entrada de caudal, calculada a partir del gradiente hidráulico en dicho contorno, el espesor del acuífero y la conductividad hidráulica. Esta entrada de agua se estimó de aproximadamente $100.000 \text{ m}^3/\text{d}$.

La sobreexplotación de un acuífero se puede definir como la extracción del agua del mismo en una cantidad superior a la correspondiente a su alimentación en un período de tiempo suficientemente largo como para diferenciar las consecuencias similares que tendrían los períodos anómalos secos. La consecuencia inmediata

sería el descenso continuado de los niveles piezométricos, con una capacidad de recuperación sumamente lenta (Custodio, 1991). Bajo el concepto antes mencionado, y, en base a datos de la cuenca como la infiltración anual $31,17 \text{ Hm}^3/\text{año}$, se calculó la demanda anual en forma aproximada, ya que es sumamente difícil establecer las horas de bombeo de algunas perforaciones. Se consideró un máximo consumo en aquellas de las que no se tiene el dato certero. Dado que los resultados arrojaron un valor de $14,90 \text{ Hm}^3$, actualmente no existe sobreexplotación. De cualquier manera, la depresión en las perforaciones es real, pero esto es atribuible a fenómenos de parasitación de pozos o explotación intensiva según el concepto de Custodio (1996).

Según los diversos ensayos de bombeo realizados en la planta y en lugares cercanos, se lograron trazar curvas de áreas de influencia. En este estudio se estableció una gran cantidad de pozos que interfieren, produciendo la depresión de los niveles estáticos. La diferencia entre sobreexplotación y explotación intensiva es que, en la segunda, la recuperación de los niveles es más rápida. Se observó un descenso central en sectores de la fábrica, con depresiones cercanas a los 15 m. Por lo tanto, se puede estimar que para valores promedios actuales de niveles estáticos sobre la planta de 23 m.bbp, pasarían a 38 m.bbp con un promedio de 8 a $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ en caudales específicos, los valores de los niveles dinámicos para el área de la planta se encontrarían en 50 m.bbp aproximadamente. Actualmente estas predicciones de los modelos están vigentes, y, según lo observado en los últimos años, las variaciones son insignificantes para el año 2020. No obstante, existe un aumento de perforaciones y explotación observándose descenso producto de la explotación intensiva.

6.2. Optimización en el Uso de Agua en las Distintas Etapas del Proceso Industrial

El agua es un recurso renovable estratégico ya que este es un elemento esencial, único e insustituible. En la planta embotelladora se utilizan, en promedio, 466.500 m³ de agua al año, por lo que un ahorro por m³ en estas cantidades impacta significativamente en la disminución de costos.

La administración del agua en una planta embotelladora inicia en el punto de abastecimiento, pasa por diferentes tipos de tratamientos de agua, y sale como producto terminado (agua embotellada) y como agua de desecho. A lo largo del proceso industrial, existen numerosas fuentes autorizadas para reúso de agua potable, las cuales incluyen:

- Retro lavado y lavado hacia delante de medios filtrantes (arena y antracita).
- Retro lavado y lavado hacia delante de filtros de carbón.
- Agua de enjuague de envases no retornables.
- Agua empleada en los procesos de esterilización.
- Agua de enjuague final, CIP tanto para los tanques de sala de jarabe como para los equipos de línea de embotellado.

Esta agua recuperada se reúsa con distintos fines, como por ejemplo para el riego de áreas verdes, para los sanitarios, limpieza de pisos, lavado de vehículos, lavadora de cajas, condensadores evaporativos, enfriamiento de compresores de amoníaco y enfriamiento de compresores de aire, entre otros usos más.

También existen fuentes autorizadas para reúso de agua no potable para procedimientos que no tienen contacto directo ni indirecto con el producto final.

Las mismas incluyen flujos de agua de enjuague de envases retornables y CIP sistemas de sanitación de circuito cerrado. El agua de enjuague de calidad potable puede ser reusada en la sección de pre-enjuague final en una lavadora de botellas retornables, o en la asistencia para alcanzar la temperatura apropiada en las secciones de una lavadora de botellas. Este esquema de recirculación interna está incluido en el diseño estándar de la mayoría de las lavadoras modernas. El enjuague final de envases, sin embargo, debe hacerse con agua clorada tratada.

Tradicionalmente, el agua de rechazo era desechada, pero en este trabajo de tesis se observó una oportunidad de recuperación y se logró aprovecharla para alimentar una segunda ósmosis. Estos puntos de recuperación fueron identificados como X1 y X2 los cuales se mencionan en los diagramas de las Figuras 25 y 26. Esto permitió reducir el consumo de agua captada en proporción a la cantidad de agua de rechazo utilizada. De esta forma y optimizando procesos de limpieza y sanitación (CIP), se consiguieron ahorros de hasta el 60% del agua de rechazo generada. Este aprovechamiento de agua permitió reducir el ratio de agua cruda de 1,78 a 1,75 con el consiguiente ahorro de 6.925 m³ de agua, y en el consumo de materiales (cloro, antiescalante, cloruro de sodio, etc.) y energía eléctrica empleados durante el proceso industrial.

6.3. Concientización acerca del Uso Eficiente de Agua en la Planta Embotelladora para un Futuro Crecimiento Sostenible

La encuesta se llevó adelante con el objetivo de contar con un panorama acerca de la conciencia ambiental de los colaboradores que trabajan en la planta pertenecientes a diversos sectores, principalmente en cuanto al uso racional y eficiente del agua. Los resultados de esta acción permitieron conocer el

panorama general sobre la conciencia ambiental y uso racional del agua dentro de la planta embotelladora. En general, la mayoría del personal era consciente del uso del agua y la importancia de su cuidado. Sin embargo, no estaba al alcance de todos ellos tomar decisiones de la misma envergadura. Se detectaron numerosas oportunidades de mejora en el uso de agua. Por ejemplo, alrededor del 70% de los encuestados no sabía qué cantidad de litros de agua desperdicia por día una canilla que gotea sin control. Se sabe que una sola canilla que gotea puede perder hasta 80 litros de agua en un día. Y si esa canilla pierde un hilo de agua, el derroche es de hasta 300 litros diarios. Dado el desconocimiento detectado en el personal encuestado, y al hecho que las pérdidas podrían ser mayores dada la gran cantidad de equipos y cañerías que hay en una planta embotelladora, se detectó la necesidad de optimizar el consumo de agua en la planta embotelladora. Además, cuando se les solicitó eligieran entre tres sugerencias para para mejorar el uso racional y eficiente del agua, el 70% del personal de planta optó por la capacitación. En base a estos resultados, se realizaron charlas de capacitación sobre el uso racional del agua dentro de la planta para concientizar a todo el personal, como así también para la correcta detección de pérdidas de líquido en las distintas etapas del proceso industrial. Se puso especial énfasis en la detección de pérdidas de agua por goteo, ya que los resultados de la encuesta arrojaron que, en general, es percibido como un hecho de menor importancia, por lo que no toman acción al respecto. A pesar de los resultados positivos detectados en esta acción puntual, se detectó que es necesario realizar un mayor número de capacitaciones con mayor frecuencia. Asimismo, resulta fundamental involucrar al personal jerárquico y capacitado en la ejecución de una planificación para mejorar y reducir los consumos del recurso.

6.4. Proyecciones futuras de crecimiento en el consumo de la Planta

Se estimó un 30% de crecimiento en la producción de bebida, lo que conlleva a mayores consumos de agua. Esta potencial expansión implica aumentar la cantidad de tanques de agua cruda de la planta, por lo que actualmente la planta se encuentra en pleno proceso de mejoramiento para asegurar el cumplimiento del objetivo productivo.

Según datos técnicos de la planta embotelladora, las necesidades de agua cruda por los próximos 5 años es la siguiente (Tabla 18).

Agua/Año	2021	2022	2023	2024	2025
Total agua cruda (m ³)	500.000	560.000	638.400	683.688	717.872
Crecimiento demanda (%)	11,1	12	14	7	5
Agua para Bebida (m ³)	290.697	331.360	386.909	422.029	448.670
Ratio	1,72	1,69	1,65	1,62	1,6
Promedio diario de extracción en m ³	1.666	1.866	2.128	2.277	2.392
Promedio de horas de extracción	83,3	93,3	106,4	113,8	119,6
Fuentes de suministro	Pozo	Pozo	Pozo	Pozo	Pozo

Tabla 18. Proyecciones de crecimiento de la embotelladora y consumo de agua al 2025.

Según estos datos, las necesidades pueden ser abastecidas en un 100% con agua subterránea, con la explotación de las dos perforaciones activas de la planta, calculando un caudal aproximado de 120 m³/h por pozo. No obstante, debe existir un plan claro para la explotación de los pozos, de forma que todos los pozos aporten a un único tanque de agua cruda, se permita la rotación de los mismos, y se asegure una mayor vida útil.

7. Conclusiones

Se diseñó un Plan de Gestión integral del agua de la planta embotelladora de agua y gaseosas ubicada en El Manantial, Tucumán, contemplando tres etapas, que incluyen la extracción de agua de las napas subterráneas, el consumo durante el proceso industrial y el uso y consumo por parte del personal de la planta. Se determinó que actualmente no existe sobreexplotación de la Cuenca Baja donde se encuentra emplazada la planta, lo que asegura el suministro del recurso para las operaciones industriales. Sin embargo, sí existe una explotación intensiva del recurso en la región reflejado en el aumento del número de perforaciones y explotaciones en la región. En cuanto a la optimización del consumo de agua durante el proceso industrial y como propuesta del plan de gestión, se detectaron cinco oportunidades de mejora, incluyendo el aprovechamiento y recuperación de los rechazos de las ósmosis, la optimización de los procesos CIP y de enjuagues, la optimización en el consumo de la lavadora y reparación de pérdidas a lo largo del proceso. Como resultado de acciones tendientes a optimizar el uso de agua en tales puntos del proceso, se logró disminuir el ratio de agua de 1,78 (año 2019) a 1,75 (año 2020) en tan solo un año de gestión. Esta diferencia de 0,03 puntos representó no sólo un ahorro de 6.925 m³ de agua, sino también de importantes ahorros en el consumo de materiales y energía eléctrica empleados durante el proceso industrial. No menos importante es que esta mejora en el aprovechamiento del recurso también se traduce en una disminución del impacto ambiental. Por último, se detectaron oportunidades de mejora en el uso y consumo de agua por parte del personal de la planta, por lo que se llevaron adelante acciones de concientización sobre el uso sustentable del recurso a través de charlas y folletos impresos. Estas

acciones, en su conjunto, fueron incorporadas en el proceso industrial y forman parte del actual funcionamiento de la planta, lo que permite mantener el ratio de agua en el valor optimizado en el año 2020.

8. Proyecciones

El presente estudio demostró la significancia del impacto que tiene la gestión eficiente de agua dentro de una mega planta embotelladora de bebidas en El Manantial, Tucumán. Por lo tanto, existe un amplio abanico de posibilidades para mejorar e introducir innovaciones en cuanto al ahorro de agua, costos y consumos de servicios, insumos, etc. en las distintas líneas de producción. Dadas las tecnologías con las que cuenta actualmente la planta embotelladora, sería necesario que la empresa invierta para mejorar todos los aspectos en cuanto al consumo de recursos e insumos, con especial énfasis en los recursos ambientales. Así es que se proyecta que sería de gran impacto la instalación de paneles solares para el funcionamiento de parte de la planta. Asimismo, resulta fundamental disponer del apoyo del Gobierno Provincial para fomentar prácticas sustentables y políticas que promuevan a las empresas a mejorar y optimizar sus consumos, desperdicios y eficiencia energética.

9. Bibliografía

- Auge, M. 2006. Agua subterránea. Deterioro de Calidad y Reserva. Cátedra de Hidrogeología, Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Inédito.
- Campos Aranda, D. (1992). Procesos del Ciclo Hidrológico. Segunda Reimpresión. Editorial Universitaria Potosina.
- Custodio, E. (1996). Explotación racional de las aguas subterráneas. Acta Geológica Hispánica, 30(1-3), 21-48.
- Custodio, E. y Dijon, R. (1991). Groundwater over exploitation in developing countries. U.N. Dept. of Technical Cooperation for Development. New York, 1, p. 1-16. [Reporte del Workshop Interregional Gran Canarias, España].
- Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAIOC). 2020. Información climática del Departamento Agroclimatología de la provincia de Tucumán. Datos Inéditos.
- Falcón, C. M. y García, J. W. (2009). Empleo del método geoelectrico (SEV) para resolver problemas de abastecimiento de agua potable a Centros Urbanos de la Provincia de Tucumán. IRGYST-FCN-IML (Universidad Nacional de Tucumán), 39-44. [Boletín Geoambiental N°5, 2008-2009].
- Falcón, C. M., García, J. W. y D'Urso, C. H. (2011). Ensayos Hidráulicos en la batería de perforaciones de la planta industrial de C.A.L.S.A., El Manantial, provincia de Tucumán. VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano-Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Calidad y Contaminación de Agua Subterránea, 19-25, ISBN 978-987-23936-7-0189. Salta, Argentina.

- García, J. W., Falcón, C. M., D'Urso, C. H., Rodríguez, G. V. y Acevedo, N. (2014). Hidrogeología en S. Moyano, M. E. Puchulu, D. S. Fernández, M. E. Vides, S. Nieva y G. F. Aceñolaza (Eds.), Geología de Tucumán (3ra ed., 276-294). Publicación Especial del Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán. ISSN 978-987-33-6097-8.
- INDEC. (2010). Censo Nacional de Población y Vivienda (CEN'10). Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia de Tucumán. Superior Gobierno de la Provincia de Tucumán. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-CensoProvincia-999-999-90-000-2010>
- Instituto de Desarrollo Productivo de Tucumán. (2019). Tucumán Productivo 2019. IDEP, p. 38. [Reporte Comercial]. <https://idep.gov.ar/>
- Marcellino, G. y Falcón, C. M. (2014). Impactos de las Extracciones de Agua Subterránea de una Industria de Levaduras. Aplicación de Ensayos de Bombeo para el diseño de un plan de explotación de agua subterránea. Repositorio Institucional Abierto de Universidad Tecnológica Nacional (RIA - UTN), 11 (13), 131-137. <http://hdl.handle.net/20.500.12272/3232>
- Minetti, J., Ramírez, M.G. y Suárez, L. 1979. Balance Hidrológico de la Cuenca y Subcuencas del Río Salí. Publicación Miscelánea N° 64.
- Theis, C. V. (1935). The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. Transactions on American Geophysical Union, 16, 519-524. DOI: 10.1029/TR016i002p00519

- Torres Bruchman, E. (1978). Las Clasificaciones Climáticas de Köppen y Thornthwaite. Serie didáctica de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, 48, 27.
- Torres Bruchman, E.T. 1975. El Balance Hidrológico: Su determinación y aplicaciones. Edic. Sección Publicaciones de la Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. Serie Didáctica 39. Tucumán.
- Turc, L. (1961). Evaluation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: A simple climatic formula evolved up to date. Annales Agronomiques, 12, 13-49.

Apéndice 1

Cuestionario

Ítem	Preguntas
1	¿A qué sector de la planta pertenece?
2	Desde su puesto de trabajo, en una escala de 1 a 3, ¿qué valor le daría a la utilización del recurso agua que usted realiza? (siendo 1 el menor uso y consumo y 3 el mayor)
3	¿Considera que hace un uso racional y eficiente del agua?
4	¿Cuántos litros de agua crees que desperdicia en un día una canilla que gotea?
5	Según la Organización Mundial de la Salud, ¿Cuántos litros de agua son recomendables por ser humano para su consumo e higiene diarios?
6	Desde su posición, ¿detectó alguna vez una pérdida de agua?
7	Al detectar una pérdida de agua, ¿cómo actúa usted?
8	¿Alguna vez implementó alguna mejora para evitar pérdidas y/o recuperar el recurso?
9	Tras haber respondido la encuesta, ¿considera que hace uso racional y eficiente del agua?
10	¿Qué sugerencias podría brindarnos para mejorar el uso racional y eficiente del agua?

Apéndice 2

A PESAR DE LOS AVANCES,
MILES DE MILLONES
CARECEN DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO

2.200 MILLONES DE PERSONAS
CARECEN DE AGUA POTABLE
GESTIONADA DE MANERA SEGURA
[2017]

4.200 MILLONES DE PERSONAS
CARECEN DE SANEAMIENTO
GESTIONADO DE MANERA SEGURA
[2017]

➤ De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona y día para garantizar que se cubren las necesidades más básicas y surgen pocas preocupaciones en materia de salud.

➤ Sólo el 1 % de toda el agua del planeta es dulce, encontrándose en ríos, lagos y mantos subterráneos.



**LA ESCASEZ DE AGUA
PODRÍA DESPLAZAR UNOS
700 MILLONES DE PERSONAS
PARA EL AÑO 2030**



Publicado por OMS,
2017.

**“Reduce
tu consumo
de agua cada vez
que puedas”**