

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA APLICACIÓN DE OSMOSIS INVERSA Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE ENVASADA SOLO PARA INGESTA

Emanuel Cabezas, Olga Cifuentes

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Bahía Blanca (UTN-FRBB)
Grupo de Estudios de Ingeniería Ambiental (GEIA)
11 de abril 461, (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires Teléfono: 54 291 4512311 / 54 291 4669284,
emanuelcabezas@gmail.com

RESUMEN

La investigación identifica y cuantifica mediante indicadores los impactos ambientales de la aplicación de un sistema de osmosis inversa, desinfección y equipamiento de envasado, para la distribución de agua potable solo para ingesta, a una población turística (Caso Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires, Argentina).

La presentación realiza un breve marco teórico sobre osmosis inversa, desinfección, impactos ambientales e indicadores. Además se incorpora la revisión de la normativa provincial y nacional respecto a agua potable, agua corriente y envasada, estándares de calidad de agua y efluentes. Se describe la localidad turística (Monte Hermoso) y las condiciones del servicio actual de abastecimiento de agua, así como las condiciones de entrada del agua a potabilizar por osmosis inversa y las requeridas para la distribución como agua potable envasada para la ingesta de la población estable (estimación de la demanda diaria, calidad y equipamiento necesario).

Para cuantificar los impactos solo para el periodo de operación y mantenimiento, derivados de la aplicación de la osmosis inversa, de la limpieza, del llenado de envases con agua potable y de su distribución, se construyen 24 indicadores. Se presentan las acciones impactantes, el impacto, su condición de positivo o negativo, nivel y mitigaciones sugeridas.

Se destaca como impacto positivo el mejoramiento de la calidad de vida de la población por la ingesta de agua segura, que minimizará inversiones en salud a futuro, y como impacto negativo más significativo el aumento tarifario, que afecta el poder adquisitivo, lleva al rechazo de la población al emprendimiento y a una posible merma en la cobrabilidad del servicio. Otros impactos negativos asociados al emprendimiento surgen a partir de la logística de distribución de los envases, la generación de residuos sólidos y de efluentes del rechazo, del lavado de membranas y de bidones. Se mencionan además otros impactos no tan significativos.

La investigación se financia mediante una Beca de Estudio para Graduados Universitarios de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires otorgada a Emanuel Cabezas para lograr la Maestría en Ingeniería Ambiental (UTN-FRBB). Se enmarca en el Proyecto “Gobernanza y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos” (UTN-FRBB-GEIA).

Palabras clave: osmosis inversa - agua potable - agua envasada - impactos

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha evidenciado la necesidad de hacer un uso adecuado y sustentable de los recursos naturales, dentro de los cuales el agua aparece como un tema prioritario. La creciente demanda, motivada por el crecimiento poblacional y por el mejoramiento en la calidad de vida, sumado a las limitaciones en la oferta, causadas por la dificultad de acceso a las fuentes y por la contaminación de los recursos hídricos, exigen una gestión responsable y sustentable del recurso agua.

Monte Hermoso es una localidad costera ubicada al Sur-Oeste de la Provincia de Buenos Aires, cuya fuente de abastecimiento de agua es el recurso hídrico subterráneo. Existen como antecedentes, resultados de análisis de calidad de agua de 51 pozos de extracción (periodo 1997-2012), que justifican la necesidad de evaluar alternativas para el abastecimiento de agua potable, pues si bien el agua que se distribuye por red es microbiológicamente potable, no cumple provisoriamente con algunos parámetros físico-químicos (Arsénico, Flúor), admitiendo al agua como corriente según el Decreto 878/03 de la Provincia de Buenos Aires.

Considerando que el uso del sistema de Osmosis Inversa (OI) se encuentra en expansión a nivel mundial y que es un método eficiente para la remoción de Arsénico y Flúor, esta presentación evalúa la posibilidad de distribuir agua potable envasada solo para la ingesta, aplicando tratamiento por OI a partir del agua subterránea, manteniendo paralelamente el sistema actual de agua corriente para otros usos (higiene personal, limpieza, riego, otros). Quedan pendientes de evaluación otros posibles tipos de tratamientos y/o distribución. Se identifican y cuantifican mediante indicadores algunos impactos ambientales que surgen de la aplicación del sistema de OI, desinfección y lavado para distribución del agua potable envasada.

Se analiza el tratamiento de OI para la distribución de agua en bidones solo para la ingesta y no para la demanda de todos los usos, pues se considera a priori que no se justifica desde el punto de vista económico y ambiental tratar los volúmenes totales, que implicarían un volumen 125 veces superior al requerido solo para la ingesta.

Además, teniendo en cuenta que la población turística consume agua temporalmente y que el Decreto 878/03 prevé la distribución de lo que denomina agua corriente para el consumo humano e higiene (agua microbiológicamente potable, que no cumple con alguno de los límites tolerables, pero cuya ingesta puede ser autorizada por periodos limitados), se evalúa la distribución de agua potable en bidones solo para la población estable, que la ingiere todos los días del año. Dado que los costos del tratamiento por OI son significativos, esto es una solución de compromiso al amparo del Decreto, que debería ser considerada al evaluar esta alternativa para otras localidades turísticas.

MARCO TEÓRICO

Tratamiento por osmosis inversa

La ósmosis (natural o directa) es un fenómeno físico consistente en el paso de un solvente de una disolución desde una zona de baja concentración de soluto a una de alta concentración, separadas por una membrana semipermeable (Figura N° 1.a). “El flujo de agua a través de la membrana cesa cuando la diferencia de niveles entre el agua salada y la solución diluida alcanza un determinado valor

(Figura N° 1.b). La presión que corresponde a esta diferencia de alturas es la diferencia de presiones osmóticas entre la solución concentrada y la diluida: $P_o = P_{concentrada} - P_{diluida}$. En la Ósmosis Inversa “se aplica una cierta presión al agua salada forzando a las moléculas de agua pura a pasar a través de una membrana que presenta la propiedad de dejarlas pasar siendo impermeable a la mayor parte de las sales disueltas (Figura N° 1.c). De esta manera, las sales e impurezas que no atraviesan la membrana son descargadas con el agua de rechazo” (Fariñas M., 2003).

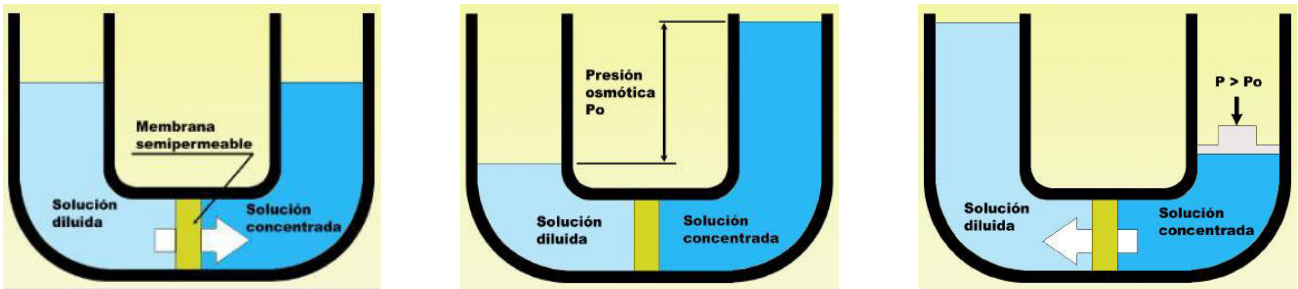


Figura N°1.a: Fenómeno de Ósmosis Figura N°1.b: Situación de equilibrio Figura N°1.c: Ósmosis inversa
(Fuente: Fariñas M., 2003)

En un sistema de OI se denomina recuperación o conversión porcentual a las unidades de agua de producto por cada cien unidades de agua de alimentación. Como ejemplo, una recuperación del 60% significa que cada 100 m³ alimentados, 60 m³ pasan como producto y 40 m³ van al rechazo.

Para asegurar estabilidad y eficiencia en el largo plazo de los sistemas de OI es necesario contar con un agua de ingreso de alta calidad, teniendo en cuenta la sensibilidad al ensuciamiento de las unidades de osmosis inversa. El pretratamiento permite reducir el potencial de ensuciamiento, aumenta la vida útil de las membranas, mantiene la eficiencia del proceso y minimiza la posibilidad de incrustaciones. Todos estos aspectos condicionan los costos operativos, por lo tanto debe considerarse el pretratamiento especialmente a la hora de diseñar una planta de OI (Fritzmann C. et al., 2007). Migliorini G. et al. en la misma bibliografía dividen el pretratamiento en dos grupos: pre-tratamiento físico y tratamiento químico. El primero se realiza por filtración mecánica, filtros de cartucho, filtros de arena y filtración con membranas. El tratamiento químico incluye la adición de inhibidores de incrustaciones, coagulantes, desinfectantes y polielectrolitos.

Una vez osmotizada, el agua requiere un postratamiento. Se sugieren dos operaciones principales: desinfección y acondicionamiento del agua tratada. La desinfección no supone un desafío demasiado complejo, ya que, al tratarse de un agua desalinizada, el nivel de Carbono Orgánico Total y de contenido de partículas será bajo, al igual que la carga microbiana, y la demanda de oxidantes será mínima. Igualmente, teniendo en cuenta el potencial paso de virus a través de las membranas de OI y la pérdida de integridad de dichas membranas, que puede producir el paso de patógenos hacia el agua tratada, se recomienda aplicar técnicas de desinfección luego del tratamiento de OI (basadas en cloro, luz UV, ozono, etc.) que actúen como una barrera adicional para reducir posibles riesgos (OMS, 2011). En cuanto al acondicionamiento, para mejorar la aceptabilidad y reducir su agresividad “el agua desalinizada suele mezclarse con volúmenes pequeños de agua más rica en minerales” (OMS, 2006). Al respecto Fritzmann C. et al. (2007) expresan que, por tener bajos valores de Sólidos Disueltos Totales (SDT), el agua permeada puede ser “desagradable, corrosiva y poco saludable”. Si bien no existe un consenso de que la ingesta de agua con bajo contenido de minerales (bajo nivel de SDT)

pueda tener efectos adversos en seres humanos, debe tenerse en cuenta que el agua de bebida puede ser un suplemento importante de nutrientes y minerales en la dieta de algunas personas (OMS, 2011).

Impactos ambientales

Impacto ambiental es la “alteración significativa de los sistemas naturales y transformados y de sus recursos, provocada por acciones humanas”, definiendo medio ambiente al “sistema natural o transformado en que vive la humanidad, con todos sus aspectos sociales y biofísicos y las relaciones entre ellos” (Espinoza G., 2001). Al evaluarse los impactos ambientales de cualquier obra se debe considerar que los mismos pueden ocurrir en tres instancias: construcción, operación-mantenimiento y desmantelamiento. En el presente trabajo solo se evalúa la etapa de operación-mantenimiento.

Indicadores

Los indicadores son herramientas que permiten medir tendencias, evaluar si dichas tendencias son positivas o negativas en función de objetivos planteados, tomar decisiones, fijar políticas públicas integradas y gestionar para el futuro. Quiroga Martínez R. (2009) desarrolla una hoja metodológica para indicadores, que incluye los aspectos que se debieran considerar, entre los que se destacan el nombre del indicador, descripción, fórmula de cálculo, unidad y fuente de los datos. En base a estas hojas metodológicas se plantean los indicadores de esta investigación.

LEGISLACION VIGENTE

A los efectos del presente trabajo son de aplicación a nivel nacional el Código Alimentario Argentino (CAA), que fija los estándares de calidad de agua potable y de agua de bebida envasada. A nivel Provincia de Buenos Aires se aplica el Decreto 878/03 ratificado por Ley Provincial N° 13.154/03 y los artículos de la Ley N° 11.820 no modificados por el mencionado Decreto, en lo referente a distribución de agua potable y corriente en red. En cuanto a efluentes industriales del rechazo y lavado, la normativa vigente es la Ley N° 5.965/58 de “Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera”, con límites para descarga en su Resolución N° 336/03. Respecto a la generación de residuos sólidos (bidones, tapas, etc.) está vigente la Ley Provincia de Buenos Aires N° 13.592/06 de “Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.

DESCRIPCION DEL AREA

El Partido de Monte Hermoso “comprende una superficie de 230 Km² y se extiende a manera de franja paralela al mar, a lo largo de 32 Km. en dirección Este-Oeste, incluyendo la laguna Sauce Grande y el río homónimo hasta su desembocadura, que marca el deslinde con el Partido de Coronel Dorrego” (Caruso et al., 2010). En el año 1979 se produce el desprendimiento de Monte Hermoso del Partido de Coronel Dorrego y a partir de 1983 toma su denominación actual como Partido de Monte Hermoso.

La localidad de Monte Hermoso (caso de estudio) es la cabecera del partido homónimo y está ubicada sobre la costa Atlántica al Sur-Oeste de la Provincia de Buenos Aires, a los 38°58'57" latitud

Sur y a 61°17'41" longitud Oeste (Figura N° 2). A partir del desprendimiento del partido, la población estable se proyectó según se refleja en Tabla N° 1.

Se destaca el turismo como principal actividad económica de la localidad. “Este rasgo ha favorecido el mantenimiento de la población estable y, con ello, su evolución de balneario a centro turístico, caracterizado por un uso intensivo del espacio litoral. Se convierte así en el centro turístico de mayor crecimiento y expansión del Suroeste Bonaerense” (Vaquero M. et al., 2007 en Huamantínco Cisneros M. et al., 2010). De una población estable de 6.494 habitantes, se estima que 70.000 personas pernoctan en los días pico de la temporada estival, esto sin considerar los excursionistas (Caruso et al., 2010). En cuanto a infraestructura, esta localidad cuenta con una cobertura de 70% de gas, casi un 100% de energía eléctrica y un 65% de red cloacal. El abastecimiento de agua, cuyas condiciones se detallan en apartado especial, es prestado por el municipio y tiene una cobertura aproximada de 66%.

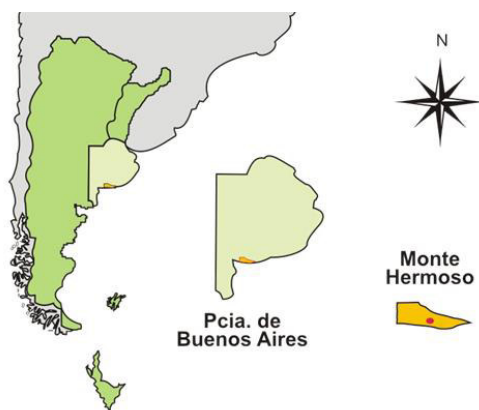


Figura N° 2: Ubicación de Monte Hermoso
(Fuente: Caruso et al., 2010)

Tabla N° 1: Población Monte Hermoso
(Fuente: Elaboración propia, Datos: INDEC)

Año	Población estable	Variación censo anterior (%)
1980	3.122	-
1991	3.514	+ 12,55%
2001	5.394	+ 53,50%
2010	6.494	+ 20,39%

CONDICIONES DEL SERVICIO ACTUAL DE AGUA CORRIENTE

La Municipalidad de Monte Hermoso extrae agua subterránea para el abastecimiento del servicio de agua corriente a la población mediante la explotación de 51 pozos. De la totalidad de los pozos que se encuentran en funcionamiento, 25 están ubicados en la Planta de Agua localizada al norte de la ciudad, 16 están distribuidos en la Planta Urbana y 10 están ubicados en la zona del Paseo del Pinar, un predio municipal ubicado al NE de la localidad (Figura N° 3). El caudal extraído de los pozos de la Planta de Agua va a una cisterna de 1000 m³ de capacidad, desde donde es bombeada a un tanque elevado de 1000 m³ y desde allí derivada a la red de distribución, pasando previamente por un dosificador de hipoclorito de sodio para su desinfección. En cuanto a la comercialización del agua, Monte Hermoso no tiene medición domiciliaria, cobrándose una tasa por servicio sanitario que surge de la valuación fiscal de la propiedad. Para una casa tipo, la tarifa mínima solo por servicio de agua (sin incluir servicio cloacal), es de 61 pesos por bimestre (Dato de marzo 2013).

Posteriormente al relevamiento de todos los pozos, se acordó que la alimentación más conveniente para la planta de OI es la cañería de salida de agua del tanque elevado ubicado en la Planta de Agua previo a la desinfección, por tratarse de una zona perimetrada, resguardada del vandalismo y porque la calidad del agua es una compensación de la calidad de todos los pozos (mezcla homogénea).

Los resultados de análisis de calidad del agua distribuida desde el tanque elevado muestran que se han superado los valores tolerables establecidos en el CAA y la legislación provincial vigente, para color, turbidez, pH, Arsénico y Flúor.

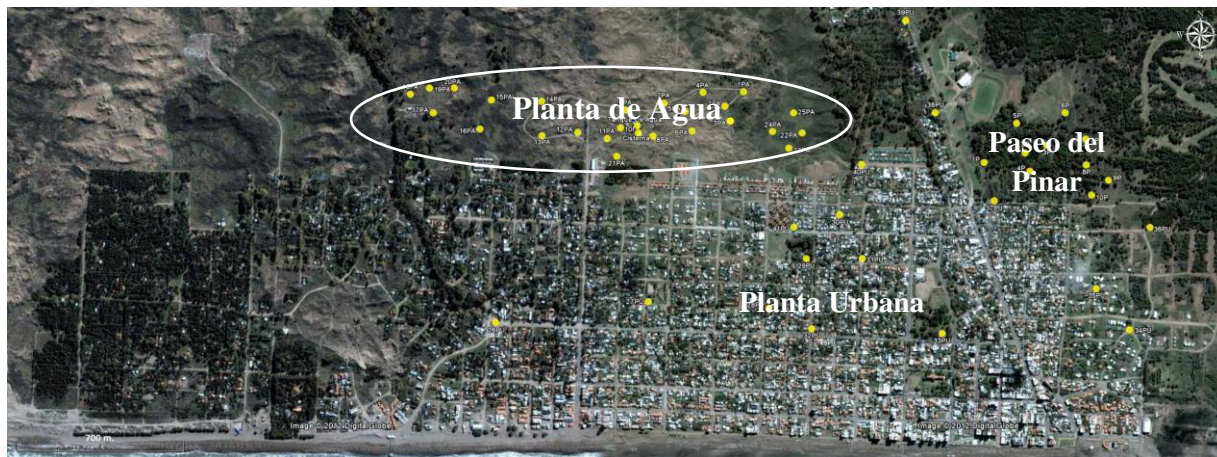


Figura N° 3: Ubicación de los pozos de extracción del agua
(Fuente: Elaboración propia, adaptado de Di Martino C., 2012)

CONDICIONES PARA LA ENTREGA DE AGUA POTABLE ENVASADA PARA LA INGESTA A LA POBLACION ESTABLE

Estimación de la demanda diaria de agua envasada

De acuerdo a los últimos censos de la localidad, aplicando el método de la tasa geométrica decreciente (por haber sufrido un incremento poblacional significativo en el pasado reciente), se calcula la proyección de la población estable. Considerando para la ingesta una dotación de 2 litros por habitante por día, se estima la demanda de agua y el número de bidones de 12 litros a ser distribuidos por día a la población estable de Monte Hermoso, para un período de amortización de la obra de 10 años (Tabla N° 2). La dotación de agua se estima en base a las dotaciones que distribuyen desde la planta de Coronel Dorrego, en donde se observa que el promedio de la demanda de agua para la ingesta en bidones es inferior a 2 litros por persona por día, aunque por cuestiones de seguridad, la condición de 3 litros por habitante por día (aproximadamente 25 m³/día en el año 2022) está cubierta y puede ser absorbida por la capacidad ociosa de la planta proyectada.

Tabla N° 2: Estimación de la demanda diaria

Año	Población estable	Volumen agua (L/día)	Volumen agua (m ³ /día)	N° de bidones diarios (de 12L)
2013	6.908	13.817	13,82	1.151
2014	7.052	14.105	14,10	1.175
2015	7.199	14.399	14,40	1.200
2016	7.349	14.699	14,70	1.225
2017	7.502	15.005	15,00	1.250
2018	7.659	15.318	15,32	1.276
2019	7.818	15.637	15,64	1.303
2020	7.981	15.962	15,96	1.330

Año	Población estable	Volumen agua (L/día)	Volumen agua (m ³ /día)	N° de bidones diarios (de 12L)
2021	8.148	16.295	16,30	1.358
2022	8.317	16.635	16,63	1.386

Calidad de agua requerida

El agua potable que se distribuye en bidones debe ajustarse a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos por el CAA. En Tabla N° 3 se comparan los resultados máximos de algunos parámetros del agua a ser tratada por OI vs los valores tolerables para agua envasada del CAA.

Tabla N°3: Resultados análisis de agua del tanque versus Límites tolerables CAA para agua envasada
(Fuente: Elaboración propia; Datos: CAA y ADA)

Parámetros		Unidad	CAA	Resultados análisis de agua ADA
			Agua Envasada Limite tolerable	
Físicos	Color	UC	5	8 ¹
	Olor		Característico	s/g ¹
	Turbiedad	UNT	3	7,8 ¹
Químicos	Arsénico	mg/l	0,01 ²	0,058
	Cloruros	mg/l	350	111
	Dureza	mg/l	-	180
	Fluoruro	mg/l	2	3,1
	Nitratos	mg/l	45	9,3
	Nitritos	mg/l	0,1	0,037
	pH	-	6-9	8,75
	SDT	mg/l	1500	713
	Sulfatos	mg/l	500	98,8
Micro-biológicos	Coliformes	-	3 (NMP/100ml)	-
	E-Coli	-	Ausencia en 100 ml	-
	Pseudomona Aeruginosa	-	Ausencia en 100 ml	-
	Bacterias mesófilas en agar	UFC/100ml	< 500	-

¹ Los valores de color y turbidez, que están por encima de lo establecido por el CAA, fueron detectados en el último análisis de agua. Por lo tanto no fue considerado el pre-tratamiento para el cálculo de los costos. Se sugiere realizar nuevos análisis.

² Por Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012, el CAA en marzo de 2012 expresa: “Prorrógase el plazo de cinco (5) años previsto para alcanzar el valor de 0,01 mg/l de arsénico hasta contar con los resultados del estudio - Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas- cuyos términos fueron elaborados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio de Planificación Federal”. A pesar de que aún no se cuenta con los resultados de dicho estudio, teniendo en cuenta que la tendencia mundial es a la disminución de los estándares, se fija para el diseño del proceso el valor de 0,01 mg/l. Además se recomienda realizar estudios en la región sobre el estado de oxidación del Arsénico (trivalente y pentavalente tanto orgánico como inorgánico).

Equipamiento requerido

Teniendo como datos de entrada la demanda a satisfacer y la calidad del agua de ingreso, se dimensionó el equipamiento necesario para poder cumplir con la provisión de agua potable envasada para la ingesta de la población estable, durante el periodo 2013-2022 (Tabla N° 4):

Tabla N° 4: Especificaciones del equipamiento
(Fuente: Elaboración propia; Datos: proveedores de equipos)

Equipo	Parámetro	Valor	Unidad
Equipo OI	Capacidad de producción (permeado)	1.250	L/h
	Potencia eléctrica (380 V)	4	HP
	Recuperación o conversión	50	%
Esterilizador (radiación UV y ionización con plata)	Caudal soportado	Hasta 5000	L/h
	Presión de trabajo a salinidad del agua	0 a 1,5	bar.
Lavadora-llenadora envases	Producción	120	bidones/h
	Potencia	2,5	HP
	Consumo de agua lavado-enjuagado	6	Litros/bidón

INDICADORES PROPUESTOS

Para evaluar los impactos se construyen indicadores que permiten cuantificar, realizar un seguimiento y medir tendencias. Se utilizan indicadores desarrollados en base a la hoja metodológica de Quiroga Martínez R. (2009). En Tabla N° 5 se exponen los que se consideran más representativos, ajustados a la proyección de la población estable del año 2013.

Tabla N° 5: Resultado de indicadores propuestos

Nombre del Indicador		Resultado (año 2013)	Unidad	Observaciones – referencias	
I.1	Población estable	6.908	Habitantes	Proyectada para el año 2013	
I.2	Demanda de agua envasada	I2.1.Diaria	13,82	m ³ /día	Dotación solo para la ingesta: 2 litros / hab. x día
		I2.2.Anual	5.043	m ³ /año	
I.3	N° de bidones entregados	I3.1.Diario	1.152	bidones/día	Capacidad de Bidones: 12 litros
		I3.2.Anual	420.480	bidones/año	
I.4	Energía consumida	I4.1.Diaria	51	KWh/día	Considera el gasto energético del equipamiento de OI, desinfección y envasado, trabajando a 9,6 hs./día (variable según producción)
		I4.2.Anual	18.615	KWh/año	
I.5	% Energía consumida respecto al consumo de la población	0,10 ¹	%	Consumo energético de Monte Hermoso año 2010: 18.902.000 KWh/año (Sec. Energía Nación)	
I.6	Huella de carbono anual ²	9.227	Kg. CO ₂ e /año	Huella CO ₂ = Cons. Energ. x Factor Emis. Medio I.6 = (I.4.2) x 0,4957 KgCO ₂ e/KWh Factor de emisión medio en Arg.: 495,70 gCO ₂ e/KWh. (Shrestha E. et al., 2011 y CNEA, 2012)	
I.7	Huella de carbono por habitante	1,34	Kg. CO ₂ e / hab. x año	Huella de Carbono Argentina: 5.710 Kg.CO ₂ /hab. x año (Sec. de Amb. y Des. Sustent., 2008)	
I.8	Huella de carbono por m ³ de agua producida	1,83	Kg. CO ₂ e/m ³ agua prod.xaño		
I.9	Volumen de rechazo OI	I9.1. Diario	13,82	m ³ /día	Recuperación o conversión de la OI: 50%
		I9.2. Anual	5.043	m ³ /año	
I.10	Volumen de lavado envases	I10.1. Diario	6,91	m ³ /día	Consumo de agua en operación de lavado y enjuagado: 6 litros/bidón
		I10.2. Anual	2.522	m ³ /año	

Nombre del Indicador		Resultado (año 2013)	Unidad	Observaciones – referencias
I.11	Calidad del agua de ingreso a planta OI	Arsénico	0,058 mg As /L	Lim. Tolerable CAA agua envasada.: 0,01 mg As/L
		Flúor	3,1 mg F/L	Lim. Tolerable CAA agua envasada: 2 mg F/L
		SDT	713 mg SDT/L	Lim. Tolerable CAA agua envasada:1500 mg SDT/L
		Coliformes Totales	Ausencia NMP/100ml Colif. Totales	Lim. Tolerable CAA agua envasada: ≤ 3 NMP/100 ml
I.12	Calidad del agua de rechazo de planta OI	Arsénico	0,116 mg As/L	Máximo admisible de vuelco a colectora cloacal: 0,5 mg/L; a absorción por suelo: 0,1 mg/L.
		Flúor	6,2 mg F/L	No hay máximo admisible
		SDT	1426 mg SDT/L	No hay máximo admisible
		Coliformes Totales	Ausencia NMP/100ml Colif. Totales	Máximo Admisible Coli Fecales a colectora cloacal: 20000 NMP/100ml; a absorción por suelo: 2000 NMP/100ml
I.13	Calidad efluentes de lavado envases	Detergentes	Se deberá analizar mg SAAM / L	Máximo admisible de vuelco a colectora cloacal: 10 mg/L; a absorción por suelo: 2 mg/L
I.14	Generación de tapitas descartadas por año	420.480	Nº de tapitas /año	Las tapas se utilizan solo una vez
I.15	Generación de envases descartados por año	2.420 ³	Nº de bidones /año	En base al stock inicial de 16.128 bidones, y en función de la vida útil de los mismos y de información relevada de experiencias actuales, se considera un 15% de descarte anual.
I.16	Volumen mínimo de envases descartados por año	29 ³	m ³ /año	Ídem anterior. Envases sin compactar
I.17	Generación de membranas descartadas por año	2	Nº membranas / año	Según vida útil (información de proveedores)
I.18	Generación de filtros descartados por año	24	Nº filtros/año	Según vida útil (información de proveedores)
I.19	Tarifa mínima de Monte Hermoso solo por servicio de agua corriente	61	\$/bimestre a (marzo 2013)	El cobro de Monte Hermoso es en función de la valuación de la propiedad (no poseen medidores domiciliarios)
I.20	Costo del m ³ de agua osmotizada envasada (sin ganancias)	160,45	\$/m ³	Cálculos propios (al 01/03/13) que incluyen: gastos energéticos, insumos, mano de obra, mantenimiento y amortización de la inversión. No se incluye el pre-tratamiento (de ser necesario).
I.21	Precio del m ³ de agua envasada según mercado local	1500	\$/m ³	Precio del bidón de 12 litros en el mercado: \$18 (Dato de Monte Hermoso, marzo de 2013)
I.22	Relación Precio agua envasada mercado local / Costo agua osmotizada envasada	9,35	-	$I.22 = I.21 / I.20 = 1500 \text{ \$/m}^3 / 160,45 \text{ \$/m}^3$ Esto implica que la provisión de agua potable envasada suministrada por el Municipio sería 9,35 veces más barata que la misma comprada en el mercado local. Incluso si se adicionara una ganancia de 30%, el costo de agua en el mercado sería 7 veces superior al calculado.
I.23	Incremento de la tarifa mínima con provisión de agua corriente + agua potable envasada	126	%	En función del valor mínimo de la facturación (61 \$/bimestre por conexión) y de la dotación de 2 L/habitante.día, considerando una familia tipo de 4 personas por conexión en el periodo de 60 días.
I.24	Costo anual del sistema	809.099	\$/año	Ídem I.20

¹ Durante el transcurso del trabajo se amplió la capacidad energética de la localidad.

² La huella de carbono representa “la totalidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI), expresados como dióxido de carbono equivalente (CO₂e), que resultan directa o indirectamente de una actividad o es acumulado durante la vida de un proyecto (...) Puede establecerse para 3 ámbitos: 1) emisiones directas, 2) indirectas derivadas de la generación, por parte de terceros, de energía, calor o vapor; 3) otras emisiones indirectas derivadas de viajes, la gestión y disposición de residuos, la producción de insumos, etc.” (Shrestha E. et al., 2011). En este indicador se mide solo la huella de carbono de ámbito 2), derivadas de la utilización de energía eléctrica.

³ Si se considera el stock inicial de 16.128 bidones más la reposición de 2.420 bidones/año (calculados en indicador I.15), en 10 años se descartarán al menos 40.328 bidones, un volumen de bidones sin compactar a transportar de aprox. 484 m³.

IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En Tabla N° 6 se describen los impactos ambientales de la etapa de operación y mantenimiento, asociados al proyecto de potabilización por OI, desinfección y lavado para distribución en bidones a la población estable de Monte Hermoso, así como alternativas de mitigación para los mismos.

Tabla N° 6: Impactos y alternativas de mitigación de la etapa de operación y mantenimiento

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación
Radicación de la planta	Visual y por uso de la tierra	Negativo	Bajo	Ubicar en Planta de Agua
Disposición del agua de rechazo OI	Aumento de contenido de As y F en cuerpo receptor	Negativo	Bajo	Descarga a red colectora cloacal pues el rechazo, en función de la conversión enunciada, cumplirá con los máximos admisibles para vuelco en dicho cuerpo receptor. Si se opta por descarga a suelo absorbente se deberá recurrir a tratamiento y/o dilución previa para lograr los parámetros de vuelco admisibles
Disposición otros vertidos OI (Ej. reactivos limpieza de membranas)	Aumento del contenido de anti-incrustantes, cambios de pH, otros en cuerpo receptor	Negativo	Bajo	Previo análisis para verificar el máximo admisible, sino se requiriese tratamiento, descarga a red colectora cloacal
Disposición de agua de lavado envases	Aumento del contenido de detergentes en cuerpo receptor	Negativo	Bajo	Previo análisis para verificar el máximo admisible, descarga a red colectora cloacal
Operación de bombas y equipos	Generación de ruidos	Negativo	Bajo	Utilizar equipamiento con bajo nivel de ruido. Instalar equipos en recintos cerrados, con aislamiento especial adicional al muro
Consumo energético (OI, desinfección y envasado)	Compromiso del servicio eléctrico que abastece a la población ¹	Negativo	Bajo	Implica solo un 0,10% del consumo energético de la localidad. Producir en horarios no pico de consumo energético (de 23 a 18 hs.)
	Emisión de gases de combustión a la atmósfera	Negativo	Bajo	Utilización de tecnologías limpias para producción de energía de la planta de OI
Descarte de bidones	Aumento del volumen de residuos sólidos en la disposición final ²	Negativo	Medio	Compactado de bidones. Reutilización y/o reciclado
Descarte de tapas		Negativo	Medio	Reciclado. Envío a instituciones para su gestión
Descarte de membranas		Negativo	Bajo	Recupero y reutilización (a través del proveedor)
Descarte de cartuchos de filtros		Negativo	Bajo	Reciclado
Transporte para distribución de envases	Emisión de gases de combustión a la atmósfera	Negativo	Bajo	Utilización de combustibles con menor cantidad de emisiones, cuando sea posible.
	Generación de ruidos	Negativo	Bajo	Ídem “Operación de bombas y equipos”

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación
	Riesgos laborales	Negativo	Bajo	Cumplir legislación de Higiene y Seguridad Laboral
	Movilización población para retiro de envases	Negativo	Medio	Creación de pymes para distribución
	Generación puestos de trabajo (Ej. pymes)	Positivo	Medio	-
Aumento de tarifas	Económico sobre el poder adquisitivo de la población.	Negativo	Alto	Informar a la población de los beneficios que se le están brindando. Comparar los costos de los mismos volúmenes de agua potable envasada comprada en el mercado local
	Merma la cobrabilidad del servicio	Negativo	Alto	Ídem anterior. Motivar al usuario al pago
	Rechazo de la población	Negativo	Alto	Ídem anteriores
Provisión de agua potable	Mejora en la calidad de vida. Medicina preventiva para la salud de la población.	Positivo	Alto	-

¹ Durante el transcurso del trabajo se amplió la capacidad energética de la localidad.

² Actualmente en basural. A futuro previsto planta de tratamiento de reciclado y/o relleno sanitario anexo. Se recomienda dar cumplimiento a Ley Provincia de Buenos Aires N° 13.592/06 de “Gestión integral de los residuos sólidos urbanos”.

Esta presentación es parte de una tesis en la que se incluye, de manera detallada, los costos de instalación, operación y mantenimiento de una planta de OI (y equipos complementarios) para la producción de agua potable envasada sólo para la ingesta. Se confeccionaron: a) una planilla de cálculo Excel para costos, diseñada para ser actualizada o replicar en otras localidades; b) planillas de cálculo de impactos e indicadores, con posibilidad de ser actualizadas en diferentes condiciones o simular distintos escenarios. La tesis evalúa además los impactos e indicadores de las etapas de construcción y cierre de la planta.

CONSIDERACIONES FINALES

Descriptos los impactos ambientales de la provisión de agua envasada tratada mediante OI solo para la ingesta, se destaca como impacto positivo más significativo el mejoramiento de la calidad de vida de la población, relacionado a una medicina preventiva que ahorra inversiones en salud a futuro.

Sin embargo, el aumento tarifario requerido generaría un impacto económico negativo sobre el poder adquisitivo, que redundaría en una merma en la cobrabilidad del servicio y el rechazo de la población al emprendimiento. El costo de tratamiento por m³ de agua envasada incrementaría un 126 % la tarifa actual del servicio de agua. Esto indica que sería dificultoso para el Municipio y para los usuarios afrontar la inversión requerida. Pero si se considera que el m³ de agua envasada en el mercado local se paga a razón de \$1500, un costo de 160,45 \$/m³ sería competitivo.

Por el tipo de distribución en bidones, la necesidad de movilización de la población también sería un impacto negativo, ya que provocaría una molestia en los usuarios, un aumento en el tráfico y un incremento en las emisiones asociadas a la utilización de combustibles fósiles. Como se observó precedentemente, este impacto podría ser mitigado a partir de la creación de pymes y/o cooperativas para unificar las tareas de retiro y entrega de bidones a los usuarios, generándose un impacto positivo en la ocupación de mano de obra local. Otro impacto que se destaca es el de generación de residuos

sólidos, asociados a la distribución envasada (bidones, tapas) y al tratamiento de OI (descarte de membranas, filtros).

Existen impactos típicos relacionados con el tratamiento por OI. La disposición del agua de rechazo y otros vertidos de la OI se considera un impacto bajo, aunque debe tenerse en cuenta que, si bien los parámetros de calidad de efluentes cumplirían con los establecidos por la legislación para vuelco en colectora cloacal, un cambio en la calidad del agua de ingreso al proceso de OI podría hacer necesario un tratamiento de dichos efluentes. Por otra parte, el impacto por la utilización de energía eléctrica, en este caso, se considera de poca relevancia. Utilizando el indicador de huella de carbono surge que se emiten a la atmósfera 1,34 Kg. CO₂e por habitante por año. Este indicador, si bien para su cálculo consideró solamente las emisiones indirectas (asociadas a la producción de energía para el proceso), es poco significativo comparado con los 5.170 Kg. de CO₂ que genera un argentino promedio. Además, si se evalúa el consumo energético del proceso, este representa solo un 0,10 % de lo que consume la población de la localidad. Otros impactos característicos de este tipo de tratamientos, como son el visual y la generación de ruidos, se ven reducidos por la localización de las instalaciones, que se encuentra a más de 200 metros de la población más cercana.

Antes de tomar la determinación de utilizar un sistema de OI para distribuir agua envasada mediante bidones se debe realizar una minuciosa evaluación de los impactos ambientales y económicos, que incluya a su vez un sondeo en la población para ver la predisposición al aumento tarifario, a fin de determinar la viabilidad del emprendimiento, considerando las mitigaciones que se deben realizar para evitar que el mismo fracase.

BIBLIOGRAFIA

- Caruso, M.; Cifuentes, O.; et al** (2010). *“Impacto del turismo sobre los servicios de agua corriente y desagües domiciliarios. Estudio de caso: Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires”*. Congreso Latinoamericano de Investigación Turística. Montevideo, Uruguay. ISBN 978-9974-98-057-0, Publicación 70.
- Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)** (2012) *“Síntesis del mercado eléctrico mayorista”* Agosto 2012.
- Di Martino C.** (2012) *“Memoria Técnica N° 1: Sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de la ciudad de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires, República Argentina”*. FUNDATEC, Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca. Págs. 16-18.
- Fariñas M.** (2003) *“Desalinización de aguas marinas y salobres”*. Curso: Experto universitario en diseño y cálculo de infraestructuras hidráulicas municipales, Universidad Internacional de Andalucía, Sevilla, España.
- Fritzmann C.; Löwenberg J.; et al** (2007) *“State-of-the-art of reverse osmosis desalination”*. Revista: Desalination, N° 216, p. 1–76, ISSN 0011-9164.
- Huamantínco Cisneros M., Piccolo M.** (2010) *“Índices de confort aplicados al balneario de Monte Hermoso, Argentina”* Instituto de Geografía, Universidad de Alicante. Investigaciones geográficas, n° 52 pp. 201 - 214 ISSN: 0213-4691.
- Organización Mundial de la Salud** (2006) *“Guías para la calidad del agua potable: primer apéndice a la tercera edición; Volumen I; Recomendaciones”*.
- Organización Mundial de la Salud** (2011) *“Safe Drinking-water from Desalination”* WHO/HSE/WSH/11.03. Disponible en internet: http://whqlibdoc.who.int/hq/2011/WHO_HSE_WSH_11.03_eng.pdf
- Quiroga Martínez R.** (2009) *“Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible”* CEPAL - Serie Manuales No 61. Santiago de Chile, junio de 2009. Anexo 1 Hoja Metodológica con descripción de campos. Pág. 104.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina** (2008) *“La huella de carbono del argentino promedio”* Documento de referencia, disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/030608_metodologia_huella_carbono.pdf
- Shrestha E. et al.** (2011) *“Carbon footprint of water conveyance versus desalination as alternatives to expand water supply”* Desalination 280 (2011) 33–43.