



Conservando la naturaleza.
Protegiendo la vida.

Capítulo 1

Uso del agua en Nuevo León

**Oferta y demanda: perspectiva del Proyecto
Monterrey VI**

Abril de 2015

Capítulo 1. Uso del agua en Nuevo León

Juan Ángel Sánchez de Llanos, Francisco Javier Carbajal Tradacete, José Luis González Burdiel, Óscar del Río Benito, Juan Gonzalvo Navarro, Francisco Javier García Moral, David Gutiérrez Iglesias

Contenido

I. Resumen Ejecutivo	5
II. El agua en Nuevo León	6
II.1 Hidrología Superficial	7
II.2 Hidrología Subterránea	11
II.3 Uso del agua en Nuevo León.....	16
III. Fuentes actuales de abastecimiento al AC-ZMM.....	18
III. 1 Capacidad de la Oferta de las Fuentes de Abastecimiento Actuales	21
IV. Demanda de agua de uso público urbano	22
IV.1 Proyecciones de población en la ESE y la MIA	22
IV.2 Proyección del número de tomas	26
IV. 3 Proyecciones del incremento de la demanda reflejadas en la MIA.....	32
IV. 4 Proyecciones del crecimiento de la demanda. Comparación de los resultados de la MIA y la ESE para los mismos escenarios.....	37
V. Eficiencia en la gestión del agua para uso público urbano en Nuevo León.....	42
VI. Gestión de la oferta del agua de uso agrícola.....	44
VI.1 Distritos de riego.....	44
Distrito de Riego 004 Don Martín	45
Distrito de Riego 031 Las Lajas.....	49
VI.2 Uso eficiente del agua y eficiencia hídrica.....	53
VI.3 Unidades de Riego	54
Sociedad de Usuarios de Riego del Río Conchos:.....	57
Sociedad de Unidades de Riego del Río Pesquería	59
VI. 4 Región citrícola.....	62
VI. 5 Agricultura protegida	65
VII. Conservación de fuentes locales de agua	68
VIII. Mejorando eficiencias de uso en el sector agrícola.....	72
IX. Conclusiones	79
XI. Referencias.....	80
Anexos.....	84

Anexo 1. Valores de las variables para el cálculo de la Disponibilidad Relativa de las Aguas Superficiales en Nuevo León.	84
Anexo 2. Disponibilidad Relativa (Dr) Cuencas Hidrológicas de Nuevo León	85
Anexo 3. Valores de las variables para el cálculo la zona de disponibilidad de Aguas Subterráneas en Nuevo León.	86
Anexo 4. Índice de Disponibilidad (IDAS) de los acuíferos de Nuevo León.....	88

Índice de Tablas

Tabla 1. Títulos y Volúmenes de Aguas Nacionales y Bienes Inherentes por Uso del Agua en el Estado de Nuevo León.....	17
Tabla 2. Histórico de suministro de agua potable al AC-ZMM (2003/2010).....	21
Tabla 3. Oferta firme sustentable de las fuentes actuales de abastecimiento (l/s).	22
Tabla 4. Número de tomas domésticas y totales por fuente.....	26
Tabla 5. Diferencias en el número de tomas registradas entre diferentes registros del SADM.....	26
Tabla 6. Proyección del aumento en el número de tomas en el AC-ZMM.	27
Tabla 7. Proyección de la demanda. Mantenimiento de la situación actual.	29
Tabla 8. Proyección de la demanda. Situación sin proyecto.....	30
Tabla 9. Proyección de la demanda. Situación con proyecto.	31
Tabla 10. Cálculo del consumo doméstico en Nuevo León (l/hab/día).	34
Tabla 11. Comparación demanda esperada según MIA y ESE.	34
Tabla 12. Comparación en el escenario “Sin Proyecto”	38
Tabla 13. Gastos requeridos en el escenario “Sin Proyecto”	39
Tabla 14. Déficits obtenidos respecto a la oferta firme sustentable en el escenario “Sin Proyecto”.	41
Tabla 15. Agua no contabilizada estimada para el AMM.....	42
Tabla 16. Ejemplos de dotación en ciudades y regiones del mundo.	43
Tabla 17. Infraestructura hidráulica del DR 004 Don Martín.....	48
Tabla 18. Eficiencias y pérdidas en la distribución de agua para riego en el DR 004 Don Martín. ...	49
Tabla 19. Infraestructura hidroagrícola del DR 031 Las Lajas.	52
Tabla 20. Eficiencias y pérdidas en la distribución de agua para riego en el DR 031 Las Lajas.....	53
Tabla 21. Volumen de agua utilizado por los distritos de riego de Nuevo León en el periodo 2004-2010.....	54
Tabla 22. Datos teóricos de cultivos	54
Tabla 23. Distribución de las Unidades de Riego por tipo de aprovechamiento de agua en el estado de Nuevo León	55
Tabla 24. Distribución de las Unidades de Riego por municipio en el estado de Nuevo León	55
Tabla 25. Infraestructura hidráulica de la SRL del Río Conchos.	59
Tabla 26. Eficiencias de conducción y aplicación en el SRL del Río Conchos.	59
Tabla 27. Infraestructura hidráulica de la Sociedad de Unidades de Riego del Río Pesquería.....	61
Tabla 28. Eficiencias de conducción y aplicación de la Sociedad de Unidades de Riego del Río Pesquería.....	61
Tabla 29. Infraestructura hidráulica de la Región Citrícola.....	64
Tabla 30. Fuentes de abastecimiento de agua para riego en la superficie citrícola.	64
Tabla 31. Sistemas de riego en la región citrícola.....	65
Tabla 32. Infraestructura de la Agricultura Protegida.....	67

Tabla 33. Rendimiento hídrico contra áreas de captación e infiltración en la ZMP	70
Tabla 34. Retención estimada de agua por intervenciones del FAMM.	72
Tabla 35. Inversión por tipos de sistemas de riego y costos promedio.	75
Tabla 36. Producción y productividad del agua en los estados analizados por el IMTA.....	76
Tabla 37. Escenarios de ahorro de agua con mayores eficiencias.....	77
Tabla 38. Resumen del volumen de agua ahorrados y mantenidos localmente con acciones de eficiencia y conservación.	78

Índice de gráficas

Gráfica 1. Porcentaje del destino del volumen de extracción concesionado en Nuevo León.	16
Gráfica 2. Proyección del Crecimiento Poblacional en el AC-ZMM (Fuente: CONAPO).	24
Gráfica 3. Dedución de la población estimada para el año 2030 en el AC-ZMM a partir de la gráfica existente en la Evaluación Socioeconómica del Proyecto Monterrey VI.....	25
Gráfica 4. Evolución de la Oferta y Demanda para los diferentes escenarios estudiados.....	32
Gráfica 5. Evolución del No. de contratos en Nuevo León (51 municipios) periodo 2004-14.	35
Gráfica 6. Evolución de la dotación uso doméstico (l/hab/día) en Nuevo León (51 Municipios).	36
Gráfica 7. Evolución del consumo en Nuevo León (51 municipios) Periodo 2004-14.	37
Gráfica 8. Comparación de gastos requeridos en el escenario "Sin Proyecto".	39
Gráfica 9. Comparación del déficit con respecto a la oferta firme sustentable en el escenario "Sin Proyecto".....	41
Gráfica 10. Modelo de disminución de la brecha entre la oferta y la demanda.....	79

Índice de imágenes

Imagen 1. Impermeabilización de un canal con geotextil y geomembrana de PVC.	73
Imagen 2. Sistema de riego rodado con multicompuertas.....	74
Imagen 3. Maíz con riego por goteo (izqda.) y colocación de cintillo para riego por goteo.....	74

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Tipos de acuíferos según su textura.....	11
Ilustración 2. Tipos de acuífero según su estructura y funcionamiento.	12
Ilustración 3. Tipos de acuíferos según sus características hidrodinámicas.	13
Ilustración 4. Relaciones entre acuíferos.	13
Ilustración 5. Esquema de distribución de la red de agua potable ZMM.	20

Índice de Mapas

Mapa 1. Regiones Hidrológicas de Nuevo León.....	8
Mapa 2. Hidrología Superficial de Nuevo León.....	10
Mapa 3. Hidrología Subterránea de Nuevo León.....	15
Mapa 4: Fuentes de abastecimiento actuales al AC-ZMM.....	19
Mapa 5. Localización del DR 004 Don Martín.	46
Mapa 6. Plano General del DR 004 Don Martín.....	47
Mapa 7. Localización del DR 031 Las Lajas.....	50
Mapa 8. Plano general del DR 031 las Lajas.....	51
Mapa 9. Localización de la zona de riego de la SRL Los Conchos.....	58

Mapa 10. Localización de la Sociedad de Unidades de Riego del Río Pesquería.....	60
Mapa 11. Municipios que integran la región citrícola de Nuevo León.	63
Mapa 12. Superficie de invernaderos en Nuevo León.	66
Mapa 13. Rendimiento hídrico superficial anual en áreas de recarga de calizas cretácicas y jurásicas y pozos registrados por la CONAGUA	71

Acrónimos

AC-ZMM	Área Conurbada de la Zona Metropolitana de Monterrey
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
ESE	Evaluación Socioeconómica del Proyecto Monterrey VI
FAMM	Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey, A.C.
IANL	Instituto del Agua de Nuevo León
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología de Agua
MIA	Manifestación de Impacto Ambiental
Mm ³	Millón de metros cúbicos. Equivale a hectómetro cúbico (hm ³)
Proyecto	Proyecto Monterrey VI, Acueducto Tampaón-Cerro Prieto
SADM	Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D.
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIACON	Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta
TNC	The Nature Conservancy

I. Resumen Ejecutivo

En este capítulo se presentan los resultados del análisis acerca de la disponibilidad de agua en Nuevo León y el área conurbada de la Zona Metropolitana de Monterrey (AC-ZMM). Sobre esta última, se analizan los datos de capacidad de las fuentes actuales de abastecimiento y las proyecciones de la demanda presentados en la Evaluación Socioeconómica del Proyecto Monterrey VI, ESE (SADM, 2011), la Manifestación Ambiental del Proyecto, MIA (SADM, 2012), y otras fuentes públicas, particularmente, datos publicados por la empresa Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM).

La situación hídrica de Nuevo León es delicada, pues se ha utilizado más agua de la disponible en 12 acuíferos, de los 30 que abastecen de agua a la entidad, y en 7 cuencas superficiales de las 20 cuencas existentes. De ellas 5 están en equilibrio y 8 tienen disponibilidad.

En los 16 municipios del AC-ZMM, habrá 1, 276,469 nuevos habitantes en el 2030 (de acuerdo al Consejo Nacional de Población, CONAPO), que requerirán satisfacer sus necesidades de agua. Para entender de qué forma el Proyecto Monterrey VI ayudará a resolver estas necesidades, es importante analizar indicadores clave como la oferta, la dotación y la demanda.

En relación a la oferta para el AC-ZMM, los datos presentados en la ESE y la MIA tienen diferencias significativas: la MIA indica que actualmente se mantiene un suministro de $12.77 \text{ m}^3/\text{s}^1$; en la ESE este valor corresponde a la capacidad máxima histórica del sistema, e indica que la oferta firme sustentable de las fuentes actuales de abastecimiento es de $10.265 \text{ m}^3/\text{s}$, y que el gasto promedio anual en el periodo de estudio (2003-2010) fue de $11.138 \text{ m}^3/\text{s}$, teniendo en cuenta los errores de macro-medición. La extracción máxima se produjo en el año 2010, alcanzando los $11.544 \text{ m}^3/\text{s}$ de gasto promedio. Esta diferencia ($12.77 - 11.138 = 1.632 \text{ m}^3/\text{s}$) supone que la oferta, según la MIA, es de $51.47 \text{ Mm}^3/\text{año}^2$ superior a la calculada en la ESE.

El valor calculado a partir de los datos presentados en la ESE, es la de un gasto más ajustado y acorde con los valores históricos, mientras que la propuesta por la MIA supone que para el año 2044, se requerirá un gasto de $5.38 \text{ m}^3/\text{s}$ superior al requerido según la ESE. La diferencia entre ambos estudios no es menor, pues supone un volumen superior al trasvase proyectado con Monterrey VI ($5 \text{ m}^3/\text{s}$).

En relación a las dotaciones medias calculadas con los datos de la ESE —incluyendo el agua no contabilizada por fugas y errores de medición— para el periodo 2015-2044 se tienen 222 l/hab/día^3 , en el escenario de “Situación Actual”. Para el periodo 2015-2044, en los escenarios “Sin Proyecto” y “Con Proyecto”, son de 213 y 207 l/hab/día respectivamente.

El consumo actual reportado en la MIA de 270 l/hab/día , no se sustenta en los registros del SADM ni en los reportados en la ESE, y la dotación recomendada de 300 l/hab/día , sobre la cual se proyecta la demanda, no se respalda en los datos históricos ni en las proyecciones realizadas por el propio SADM. La diferencia es del orden del 162% del déficit calculado por la ESE para el año 2044, o de 145% si se compara con los valores recomendados por la Conagua.

¹ Metros cúbicos por segundo.

² Millones de metros cúbicos por año.

³ Litros por habitante por día.

La comparación de la gestión de la demanda en otras ciudades muestra que el SADM ha tenido un desempeño histórico muy eficiente tanto a nivel de país como en relación a estándares internacionales, aun teniendo una dotación muy inferior a otras ciudades y una tendencia descendente durante los últimos años. Por esta razón llama la atención la sobreestimación de las proyecciones en el documento oficial presentado para la aprobación del proyecto (MIA).

En el contexto estatal, el volumen de aguas nacionales concesionadas a Nuevo León es de, 2,064 Mm³/año de los cuales poco más del 57% son aguas superficiales y cerca del 43% aguas subterráneas. Los principales usos consuntivos son el agrícola, que consume el 64.1% del volumen total concesionado, y el uso público urbano el 24.8%.

La distribución sectorial del agua lleva a la necesidad de generar un marco integrado para el manejo sustentable del agua en Nuevo León, que no se limite al uso público urbano. Por ejemplo, se ha estimado que con diversos proyectos en el sector hidroagrícola, se podría recuperar el 66% de los 820 millones de metros cúbicos de déficit de agua estimados para el 2030 en la entidad⁴.

En el campo, primer consumidor, hay grandes oportunidades de eficiencia y ahorro. Invertir para lograr el uso productivo del agua en el sector ayudaría al mismo tiempo a mejorar condiciones sociales de los productores.

Para enfrentar la escasez regional de agua y cerrar la brecha entre la oferta y la demanda, TNC propone tres mecanismos: mantener las tendencias de reducción en la dotación de agua urbana; fortalecer las acciones de conservación de fuentes locales de abastecimiento, e implementar mejoras en la eficiencia de agua en el uso agrícola. Una estimación conservadora de la aportación de estos tres mecanismos revela que sería posible tener ahorros del orden de 550 Mm³ para el 2030, con lo que sería posible limitar la dependencia de fuentes externas de abastecimiento.

II. El agua en Nuevo León

Debido a la desigualdad del relieve, el Estado de Nuevo León posee climas diversos, pero predominan los climas secos o semisecos extremos, que colocan a la entidad en “*situación de escasez constante de agua*”. En los últimos 144 años (1868-2012) se sufrieron fuertes sequías en 32 de ellos (más del 22%). La cara opuesta es la exposición al paso de fuertes frentes tropicales y huracanes, que provocan, al mismo tiempo, lluvias torrenciales, inundaciones y cuantiosos daños materiales (Ortega-Gaucin, 2013).

El 68% de Nuevo León presenta clima seco y semiseco, el 20% cálido subhúmedo se encuentra en la región perteneciente a la Llanura Costera del Golfo Norte, el 7% es templado subhúmedo y se localiza en las partes altas de la sierras y el restante 5% presenta clima muy seco hacia la Sierra Madre Occidental. La temperatura media anual es alrededor de 20°C, la temperatura máxima promedio es de 32°C y se presenta en los meses de mayo a agosto, la temperatura mínima

⁴ Presentación del Ing. Oscar Gutiérrez Santana, Director General del Organismo de la Cuenca del Río Bravo de la Conagua, sobre el Programa de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad Hídrica con Visión 2030 para el Estado de Nuevo León, durante la Sesión Ordinaria del Consejo de Administración de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, IPD., Acta 484, del 13 de noviembre de 2012.

promedio es de 5°C y se presenta en el mes de enero. La precipitación media estatal es de 650 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de agosto y septiembre (INEGI, 2010).

II.1 Hidrología Superficial

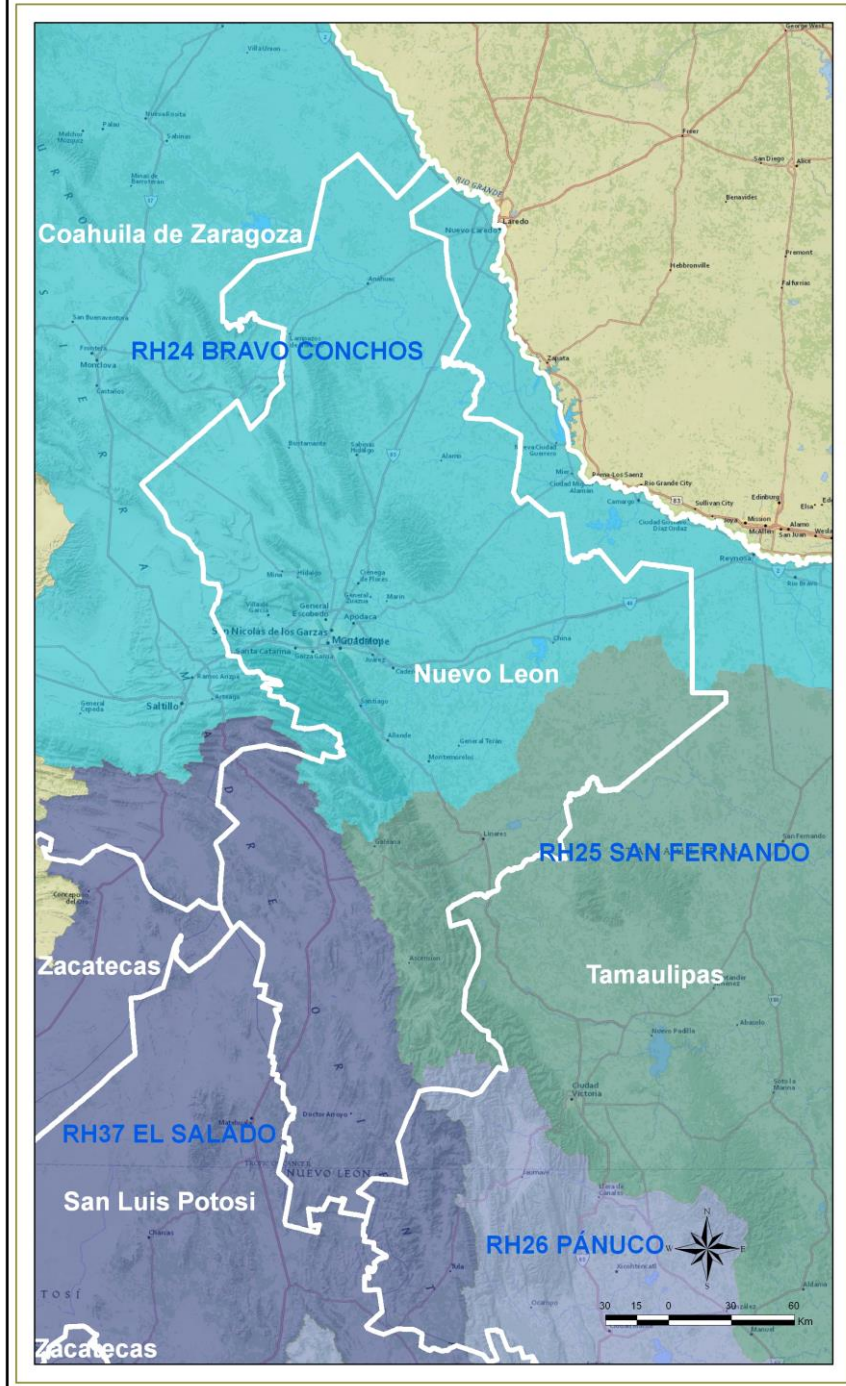
Como se observa en el Mapa 1, en el estado de Nuevo León quedan inscritas partes de las siguientes regiones hidrológicas: N°. 24 Bravo-Conchos, que corresponde a la porción centro-norte del estado; N°.25 San Fernando-Soto La Marina, en el este y sureste; N°.37 El Salado, en la porción sur-suroeste y la N°.26 Pánuco, en una pequeña porción al sureste de la entidad:

- Región Hidrológica Río Bravo-Conchos (RH24)
 - Río Bravo-Matamoros-Reynosa.
 - Río Bravo-San Juan.
 - Río Bravo-Sosa.
 - Presa Falcón-Río Salado.
 - Río Bravo-Nuevo Laredo.
 - Presas de Almacenamiento.
 - El Cuchillo (municipio de China). Capacidad NAMO 1,123.00 Mm³
 - Cerro Prieto (municipio de Linares). Capacidad NAMO 300.00 Mm³
 - Rodrigo Gómez “La Boca” (municipio de Santiago). Capacidad NAMO 39.50 Mm³.

La finalidad principal de estas tres presas es el abastecimiento de agua al Área Metropolitana de Monterrey así como a municipios de la región periférica.

- Región Hidrológica San Fernando Soto de la Marina (RH25) “Golfo Norte”
 - Río Soto de la Marina.
 - Río San Fernando.
- Región Hidrológica El Salado (RH37)
 - Sierra Madre Oriental.
 - Sierra Madre.
 - Presa San José Los Pilares.
- Región Hidrológica Pánuco (RH26)

Regiones Hidrológicas del Estado de Nuevo León



Mapa 1. Regiones Hidrológicas de Nuevo León

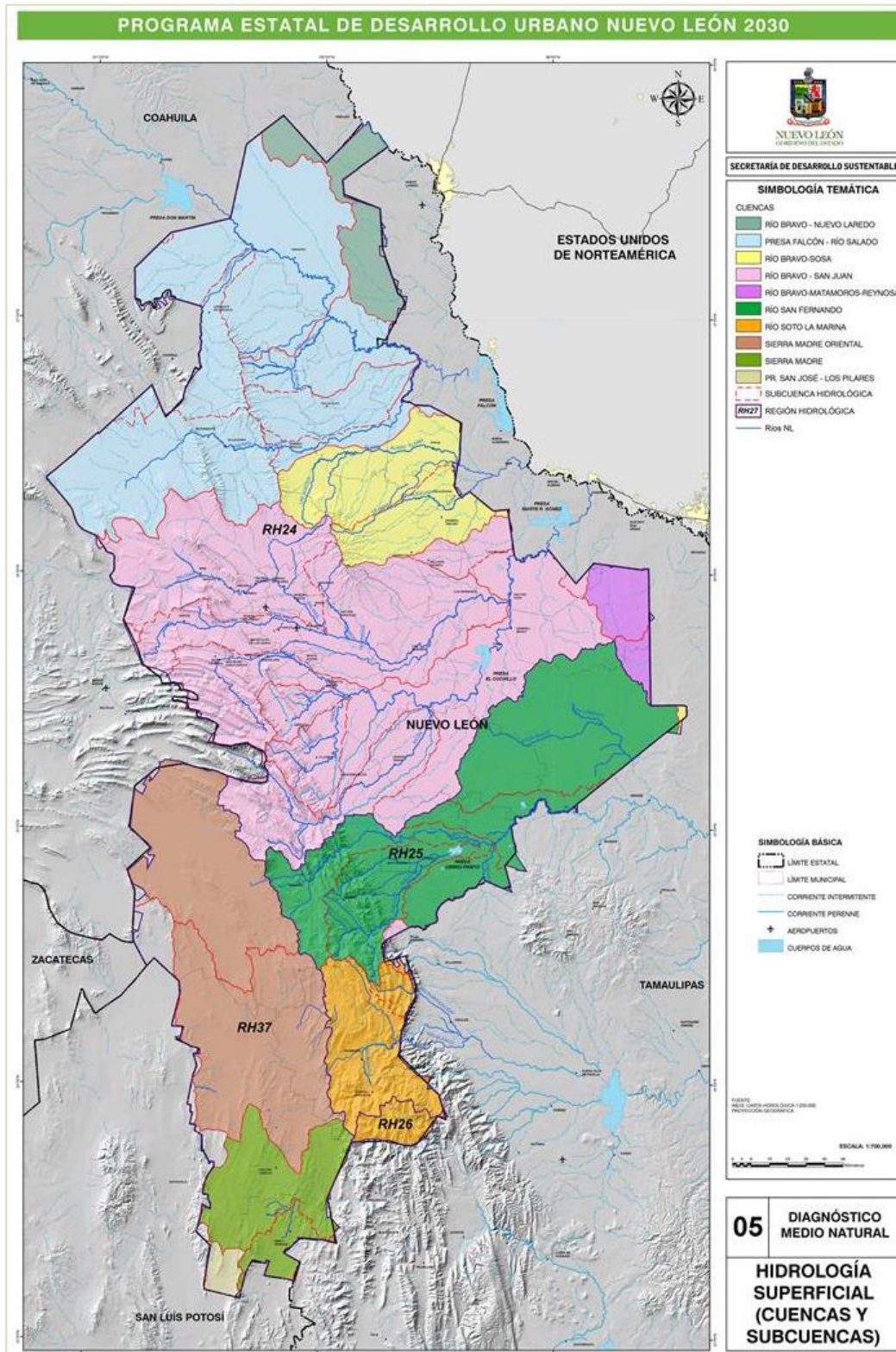
Fuente: Elaboración propia con base en las Regiones Hidrológicas de la Conagua

En el DOF el 26 de febrero de 2014, se publicó el *Acuerdo por el que se dan a conocer los valores de cada una de las variables que integran las fórmulas para determinar durante el ejercicio fiscal 2014 las zonas de disponibilidad*, a que se refieren las fracciones I y II, del artículo 231 de la Ley Federal de Derechos, vigente a partir del 1 de enero de 2014 (DOF 26/02/2014). Los valores publicados para las aguas superficiales del Estado de Nuevo León, se presentan en el Anexo 1. Valores de las variables para el cálculo de la Disponibilidad Relativa de las Aguas Superficiales en N.

En base a estos valores, se realizó el cálculo de la Disponibilidad Relativa de las Aguas Superficiales en el Estado durante el ejercicio fiscal 2014. Los resultados obtenidos fueron publicados en el DOF el 27 de marzo de 2014 y se adjuntan en el Anexo 2. Disponibilidad Relativa (Dr) Cuencas Hidrológicas de Nuevo León.

La Disponibilidad Relativa (Dr) es el índice obtenido del cociente entre el total de las aportaciones a una cuenca y las extracciones y volúmenes comprometidos, por lo que valores mayores a 1, indican disponibilidad de agua en la cuenca.

De las 20 cuencas existentes en el Estado, 8 tienen disponibilidad; 5 están en equilibrio y las 7 restantes son deficitarias. De manera global, el balance hidrológico de aguas superficiales en el estado presenta un déficit de 1,568.43 Mm³/año.



Mapa 2. Hidrología Superficial de Nuevo León.

Fuente: GENL (2014)

II.2 Hidrología Subterránea

Se define un acuífero como aquella formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua susceptible de ser explotada en cantidades económicamente apreciables para atender diversas necesidades.

En función de las características de las rocas, se puede hacer la siguiente clasificación:

- **Acuífugo:** No posee capacidad de circulación ni de retención de agua.
- **Acuicludo:** Contiene agua en su interior, incluso hasta la saturación, pero no la transmite.
- **Acuitardo:** Contiene agua y la transmite muy lentamente.
- **Acuífero:** Almacena agua en los poros y circula con facilidad por ellos.

Los acuíferos tienen tres zonas claramente diferenciadas:

- **La zona de alimentación** es aquella donde el agua de precipitación se infiltra.
- **La zona de descarga** es la zona donde el agua sale del acuífero, como puede ser un manantial o la descarga al mar o a un río.
- **La zona de circulación** es la parte comprendida entre la zona de alimentación y la zona de descarga.

Los acuíferos se pueden clasificar en función del tipo de materiales que los constituyen o según sus circunstancias hidráulicas y estructurales (Ilustración 1). En el primer caso los acuíferos de forma general pueden ser:

- **Acuíferos porosos** cuando su permeabilidad es debida a su porosidad intergranular y se encuentran entre ellos: las gravas, arenas, arcosas, etc., y en general, todos los materiales detríticos con tamaño de grano de arena como mínimo.
- **Acuíferos cársticos y fisurados** cuya permeabilidad es debida a grietas y fisuras, tanto de origen mecánico como de disolución. Entre ellos se encuentran las calizas, dolomías, granitos, basaltos, etc., siendo los dos primeros los tipos más importantes.



Ilustración 1. Tipos de acuíferos según su textura.

Fuente: MAGRAMA (2008)

Según sus circunstancias hidráulicas y estructurales, los acuíferos pueden reaccionar de tres distintas formas (Ilustraciones 2, 3 y 4):

- **Acuíferos libres.** Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por desaturación, es decir, el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros.
- **Acuíferos confinados.** Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. El agua que ceden procede de la expansión del agua y de la descompresión de la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero. También se les denomina acuíferos cautivos.
- **Acuíferos semiconfinados.** Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua. En realidad un acuífero semiconfinado puede ser un sistema físico integrado por un acuífero superior bien alimentado, un paquete semipermeable o acuitardo y un acuífero inferior semiconfinado. La diferencia de niveles entre el acuífero superior e inferior acarrea una transferencia de agua vertical que alimenta el acuífero inferior.

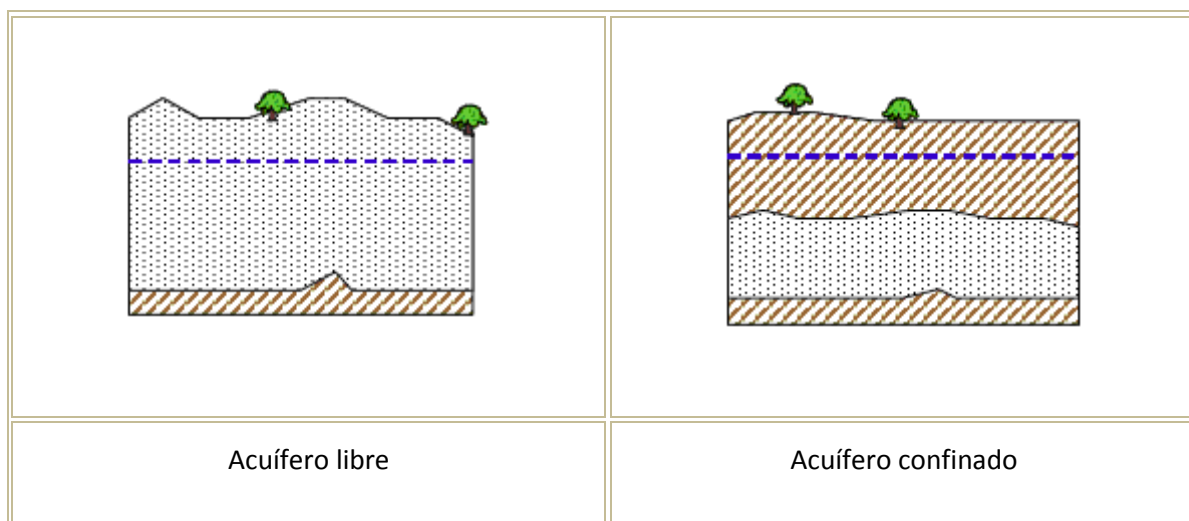


Ilustración 2. Tipos de acuífero según su estructura y funcionamiento.

Fuente: MAGRAMA (2008)



Ilustración 3. Tipos de acuíferos según sus características hidrodinámicas.

Fuente: MAGRAMA (2008)

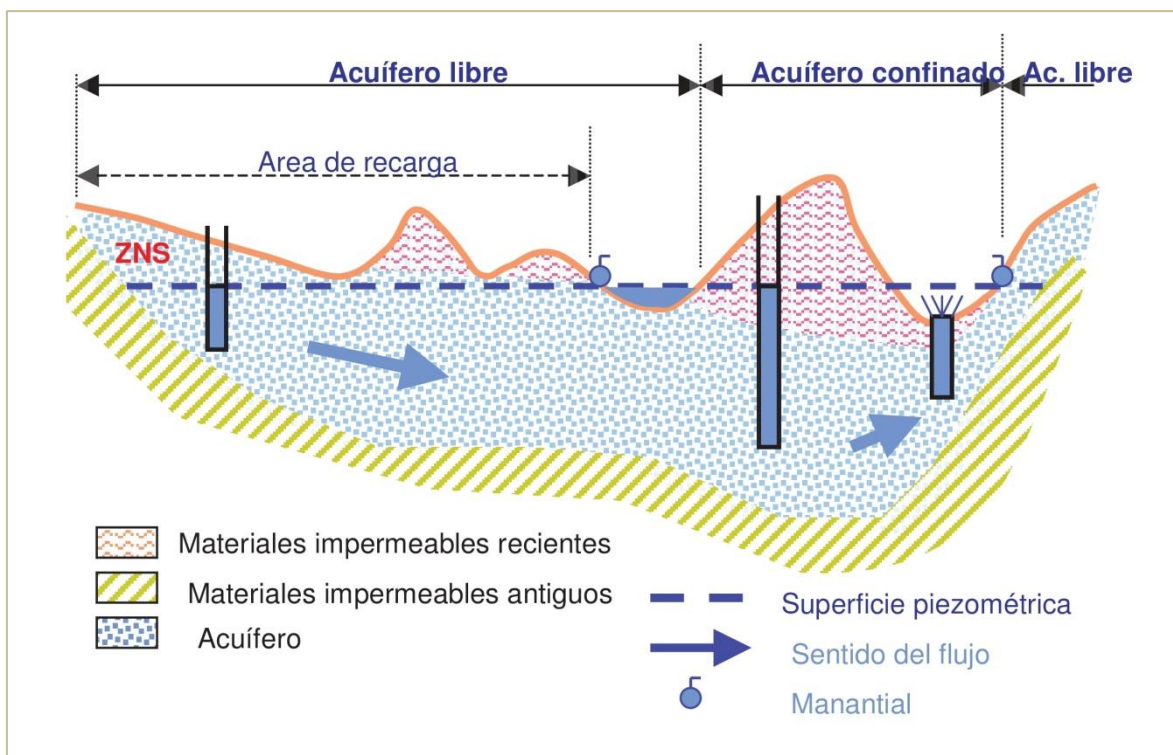


Ilustración 4. Relaciones entre acuíferos.

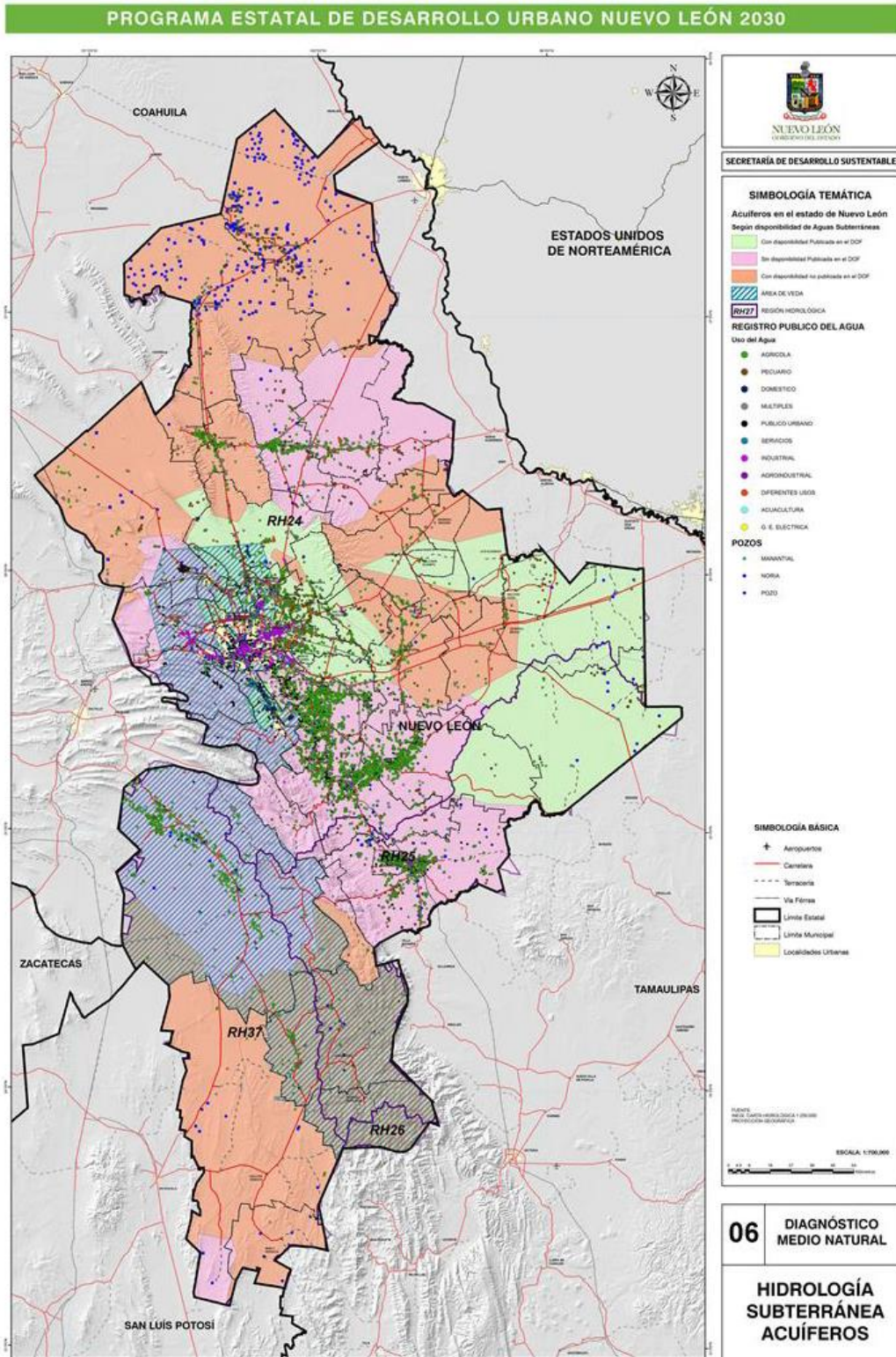
Fuente: Morell, 2008

En Nuevo León, existen como importantes fuentes de abastecimiento de agua potable subterránea los siguientes campos, destinados fundamentalmente al Área Metropolitana de Monterrey (GENL, 2014)

Campo de Pozos de Mina: Se ubica a aproximadamente 35 kilómetros del Área Metropolitana de Monterrey, en el municipio de Mina; cuenta con 113 pozos, cuya profundidad va desde 900 m

hasta más de 1,300 m; se envía por medio de dos acueductos de 54" y 36" de diámetro respectivamente, al AMM y abastece también a los municipios de Mina, Hidalgo, Abasolo, El Carmen y Salinas Victoria. Producen alrededor de 700 litros/segundo.

- **Campo de Pozos Buenos Aires:** está ubicado en el municipio de Santa Catarina, en la zona de La Huasteca, dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental. Tiene 48 pozos, con profundidades entre 700 m y más de 1,000 m. Aunque son menos pozos que en el Campo de Mina, son más productivos: alrededor de 1,900 litros/segundo.



Mapa 3. Hidrología Subterránea de Nuevo León.

Fuente: GENL (2014)

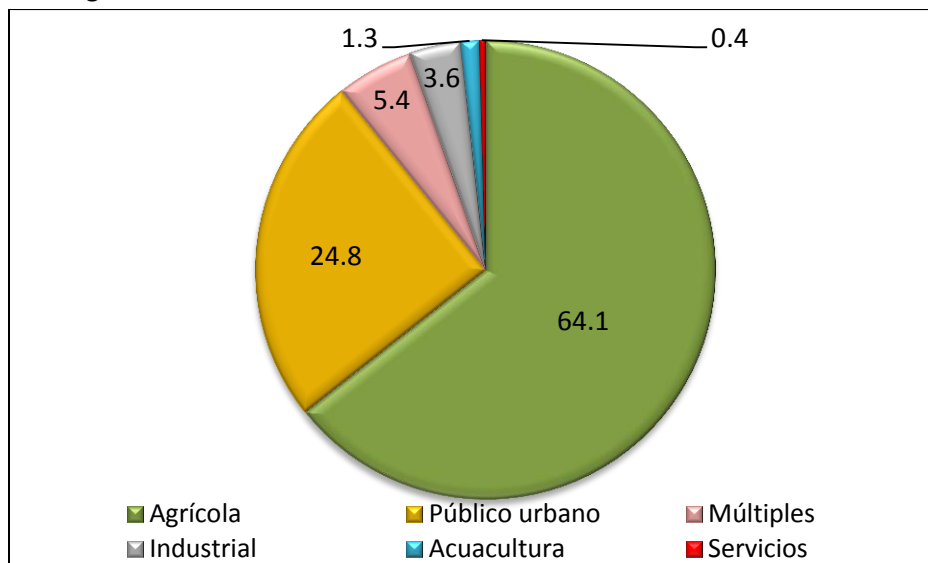
En el DOF el 26 de febrero de 2014, se publicó el *Acuerdo por el que se dan a conocer los valores de cada una de las variables que integran las fórmulas para determinar durante el ejercicio fiscal 2014 las zonas de disponibilidad, a que se refieren las fracciones I y II, del artículo 231 de la Ley Federal de Derechos, vigente a partir del 1 de enero de 2014* (DOF 26/02/2014). Los valores de las variables para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas en Nuevo León se presentan en el Anexo 3. Valores de las variables para el cálculo la zona de disponibilidad de Aguas Subterráneas en N. Con estos valores se calculó el Índice de Disponibilidad (IDAS), así como las zonas de disponibilidad que corresponden a cada acuífero del estado durante el ejercicio fiscal 2014. Los resultados obtenidos fueron publicados en el DOF el 27 de marzo de 2014 (Anexo 4. Índice de Disponibilidad (IDAS) de los acuíferos de Nuevo León).

Los acuíferos con Índice de Disponibilidad (IDAS) positivo, ofrecen disponibilidad, mientras que los que tienen un “IDAS” negativo, se encuentran en déficit.

De los 30 acuíferos del Estado, 18 tienen disponibilidad, mientras que los 12 restantes son deficitarios, lo que arroja un balance de aguas subterráneas en el estado con un déficit de 20.79 Mm³/año.

II.3 Uso del agua en Nuevo León

El volumen total de aguas nacionales concesionadas al Estado de Nuevo León para los diferentes usos consuntivos es de 2,064.8 hm³/año, de los cuales: 1,179.9 hm³/año corresponden a aguas superficiales (57.1%) y el resto, 884.9 hm³/año (42.9%) a aguas subterráneas. Los principales usos consuntivos del agua son: i) agrícola (64.1%); ii) uso público urbano (24.8%); iii) usos múltiples (5.4%); iv) uso industrial (3.6%) (Conagua, 2014). En la Gráfica 1 se resumen los diferentes usos consuntivos del agua en Nuevo León.



Gráfica 1. Porcentaje del destino del volumen de extracción concesionado en Nuevo León.

Elaboración propia con base en Conagua (2014)

En la Tabla 1 se resumen los datos de los Títulos y Volúmenes de Aguas Nacionales y Bienes Inherentes por Uso del Agua en el Estado de Nuevo León. Se puede observar que a los usos agrícolas y agroindustrial no se les asignan descargas concesionadas. Sin embargo, es ampliamente conocido que los flujos de retorno del agua de riego contienen pesticidas y fertilizantes que escurren a cuerpos superficiales de agua, contaminándolos y disminuyendo la disponibilidad de agua por la mala calidad. Esta es un área de oportunidad que debe ser explorada para identificar posibles acciones que ayuden a evitar las externalidades y por lo tanto se proteja el capital ambiental de la región.

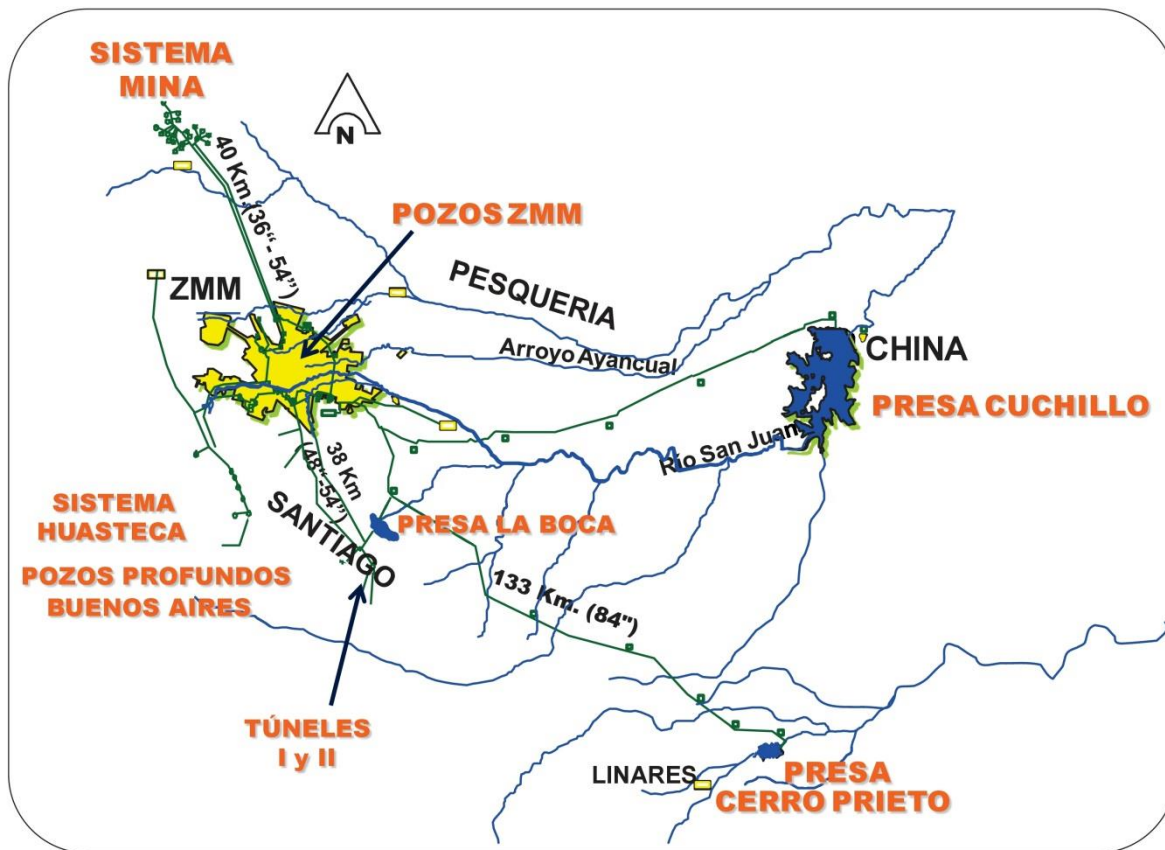
Tabla 1. Títulos y Volúmenes de Aguas Nacionales y Bienes Inherentes por Uso del Agua en el Estado de Nuevo León.

USO	AGUAS NACIONALES					DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES		ZONAS FEDERALES		EXTRACCIÓN DE MATERIALES	
	AGUAS SUPERFICIALES		AGUAS SUBTERRÁNEAS		Volumen Total	Títulos	Volumen de Descarga concesionada m ³ /año	Títulos	Volumen de Descarga concesionada m ³ /año	Títulos	Volumen de Descarga concesionada m ³ /año
	Títulos	Volumen de Extracción concesionado m ³ /año	Títulos	Volumen de Extracción concesionado m ³ /año							
Agrícola	285	770,664,317	4,461	552,703,271	1,323,367,588	0	0	585	9,070,493	0	0
Agroindustrial	0	0	2	109,856	109,856	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	0	1,319	645,456	645,456	1	21,024	0	0	0	0
Acuacultura	3	27,133,920	2	36,365	27,170,285	2	3,153,600	1	56	0	0
Servicios	0	0	314	8,901,835	8,901,835	127	5,385,867	303	1,796,480	25	931,680
Industrial	0	0	582	74,403,810	74,403,810	102	21,503,602	3	23,866	0	0
Pecuario	0	0	1,137	7,263,540	7,263,540	71	596,145	272	3,986,388	0	0
Público urbano	2	355,995,115	32	155,271,423	511,266,538	32	279,942,494	1	15,000	0	0
Múltiples	20	26,073,020	1,523	85,384,340	111,457,360	9	881,525	440	10,600,792	5	3,230
Gen. Energía	0	0	1	200,000	200,000	0	0	0	0	0	0
Comercio	0	0	0	0	0	0	0	2	1,136	15	311,356
Otros	0	0	0	0	0	0	0	4	7,740	0	0
Conservación ecológica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totales	310	1,179,866,372	9,373	884,919,896	2,064,786,268	344	311,484,257	1,611	25,501,951	45	1,246,266
Total de Títulos de Concesión:			11,677								
Nota: La suma de los títulos por cada tipo de concesión es diferente al número total de títulos de concesión debido a que un título puede contener más de un tipo de concesión para los casos de Aguas Nacionales, Descargas de Aguas Residuales y Zonas Federales.											
Fuente: Conagua (2014)											

III. Fuentes actuales de abastecimiento al AC-ZMM

Para conocer la capacidad de oferta de agua para el suministro al área conurbada de la Zona Metropolitana de Monterrey (AC-ZMM) y las necesidades futuras, se recopiló la información elaborada por el SADM (2013). El volumen de agua por tipo de fuente (superficial y subterránea) es la siguiente:

- **Superficiales:** Históricamente han aportado el 55% del suministro, está constituido por tres presas de almacenamiento, con una capacidad total (NAMO) de 1,462.5 Mm³.
 - **La Boca:**
 - Año de construcción 1958.
 - Inicio de operación 1961.
 - Capacidad NAMO 39.5 Mm³.
 - **Cerro Prieto:**
 - Año de construcción 1981.
 - Inicio de operación 1983.
 - Capacidad NAMO 300.0 Mm³.
 - **El Cuchillo:**
 - Año de construcción 1990.
 - Inicio de operación 1994.
 - Capacidad NAMO 1,123.0 Mm³.
- **Subterráneas:** Históricamente han aportado el 45% del suministro.
 - **43 Pozos profundos** de entre 700 y 1,000 m (Sistema Mina, Buenos Aires y AMM).
 - **65 Pozos someros** de profundidades inferiores a 100 m (AMM).
 - **1 Manantial**, la Estanzuela.
 - **3 Túneles**, Cola de Caballo I, Cola de Caballo II y San Francisco.
 - **1 Galería filtrante**, la Huasteca.



Mapa 4: Fuentes de abastecimiento actuales al AC-ZMM

Fuente: SADM (2011)

La capacidad instalada para satisfacer las necesidades actuales del Área Metropolitana de Monterrey es de 12.5 m³/s. Durante el año 2013 el volumen de suministro promedio⁵ fue de 11.5 m³/s, o bien de 12.0 m³/s según la información contenida en la Presentación Corporativa⁶, o bien de 12.77 m³/s como se indica en la MIA (SADM, 2012:14). Nota: En la ESE se hace referencia al valor de 12.77 m³/s como un “máximo histórico extraordinario” (SADM, 2011:55).

El siguiente esquema (Ilustración 5) representa el modelo de distribución de la red de agua potable para el AC-ZMM, obtenido mediante el empleo de un modelo de asignación desarrollado por la División de Ingeniería de Sistemas del Consejo de Desarrollo del Agua del Estado de Texas, EUA. Este estudio se realizó en el “Análisis de Alternativas de Fuentes de Abastecimiento A la Zona Metropolitana de Monterrey, NL (de este documento sólo se ha podido acceder al Resumen Ejecutivo).

⁵ www.sadm.gob.mx. Antecedentes de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey

⁶ SADM (2013) Presentación Corporativa. Ing. Emilio Rangel Woodyard (Director General). Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D., Febrero 2013.

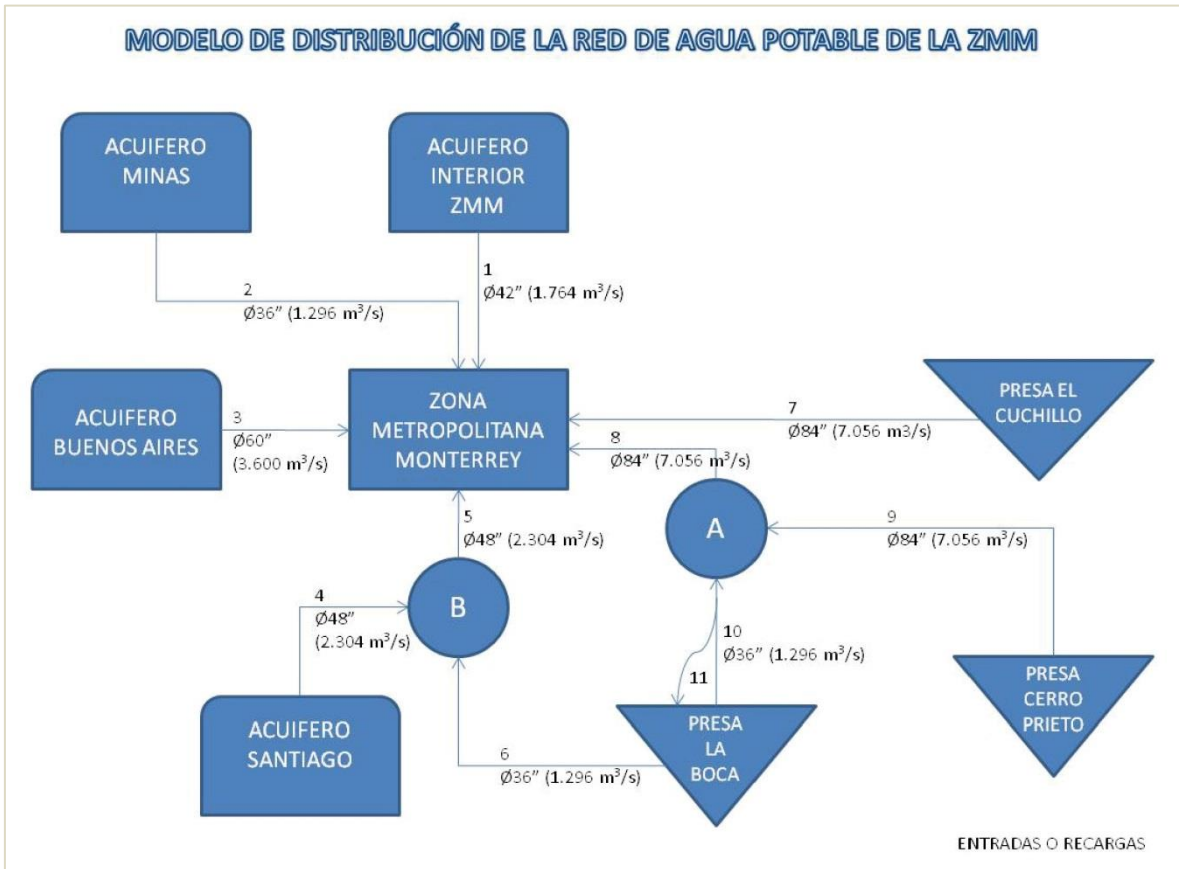


Ilustración 5. Esquema de distribución de la red de agua potable ZMM.

Fuente: SADM (2011)

III. 1 Capacidad de la Oferta de las Fuentes de Abastecimiento Actuales

En la Tabla 2 se muestran los datos estadísticos para el periodo 2003/2010 para las siete fuentes de abastecimiento actuales.

Tabla 2. Histórico de suministro de agua potable al AC-ZMM (2003/2010).

Año	Fuentes Subterráneas				Fuentes Superficiales			Total	Total (+1.5% error macro medición)
	Sistema Huasteca - Buenos Aires	Sistema Santiago (Cola de Caballo I y II, San Francisco, la Estanzuela)	Sistema Mina	Sistema de Pozos ZMM	Sistema Santiago (Presa La Boca)	Sistema China - Monterrey (Presa El Cuchillo y Acueducto China - Monterrey)	Sistema Linares - Monterrey (Presa Cerro Prieto y Acueducto Cerro Prieto - Monterrey)		
2003	2,544	1,374	729	308	1,989	625	2,703	10,272	10,426
2004	2,906	1,473	800	325	2,005	1,958	1,103	10,568	10,727
2005	2,621	1,554	996	322	1,718	2,339	1,367	10,916	11,080
2006	2,509	1,159	799	297	1,059	3,045	2,311	11,179	11,347
2007	1,990	877	863	266	1,057	4,745	1,213	11,012	11,177
2008	1,646	924	1,000	446	1,571	3,497	2,017	11,102	11,269
2009	1,742	1,061	1,002	565	922	4,118	1,959	11,369	11,540
2010	2,158	1,547	1,023	678	1,651	2,694	1,622	11,373	11,544
Promedio 2003-2010	2,265	1,246	902	401	1,496	2,877	1,787	10,974	11,138
Capacidad máxima histórica	2,650	1,450	750	470	1,600	3,350	2,500	12,770	

Valores en l/s

FUENTE: Evaluación Socioeconómica del Proyecto Monterrey VI (SADM ,2011)

Si se toma en cuenta que existe un error de macro-medicación del orden del 1.5%, según el Estudio de Diagnóstico y Planeación Integral de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Área Metropolitana de Monterrey, N.L. (DIP) referenciado en la ESE (SADM, 2011), el gasto promedio anual en este periodo fue de 11,138 l/s y la extracción máxima se produjo en el año 2010, alcanzando los 11,544 l/s de gasto promedio.

A partir de las modelaciones citadas en la ESE (SADM, 2011), sobre el estudio de “Análisis de Alternativas de Fuentes de Abastecimiento a la Zona Metropolitana de Monterrey, NL”, se determina una oferta firme sustentable en las fuentes disponibles en la actualidad para el abastecimiento del AC-ZMM, que equivale a 10,265 l/s (323.72 Mm³/año). La distribución intra-anual para cada una de las fuentes actuales reportadas se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Oferta firme sustentable de las fuentes actuales de abastecimiento (l/s).

Fuente	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Mina	800	800	800	800	810	810	810	810	800	800	800	800	803
Huasteca	2,000	2,000	2,000	2,000	2,024	2,024	2,024	2,024	2,000	2,000	2,000	2,000	2,008
Santiago	824	824	824	824	834	834	834	834	824	824	824	824	827
Acuífero ZMM	300	300	300	300	304	304	304	304	300	300	300	300	301
Subtotal Fuentes Subterráneas	3,924	3,924	3,924	3,924	3,971	3,971	3,971	3,971	3,924	3,924	3,924	3,924	3,940
Presa La Boca	800	800	800	800	810	810	810	810	800	800	800	800	803
Presa Cerro Prieto	2,300	2,300	2,300	2,300	2,328	2,328	2,328	2,328	2,300	2,300	2,300	2,300	2,309
Presa El Cuchillo	3,200	3,200	3,200	3,200	3,239	3,239	3,239	3,239	3,200	3,200	3,200	3,200	3,213
Subtotal Fuentes Superficiales	6,300	6,300	6,300	6,300	6,376	6,376	6,376	6,376	6,300	6,300	6,300	6,300	6,325
Oferta Firme	10,224	10,224	10,224	10,224	10,347	10,347	10,347	10,347	10,224	10,224	10,224	10,224	10,265

Fuente: Evaluación Socioeconómica del Proyecto Monterrey VI (SADM, 2011)

IV. Demanda de agua de uso público urbano

IV.1 Proyecciones de población en la ESE y la MIA

El crecimiento de la población es un indicador clave para determinar las necesidades futuras de agua, así como para entender de qué forma el Proyecto Monterrey VI aportará una solución al suministro requerido. En este apartado se muestran una comparación de los datos de proyecciones empleadas en los dos documentos básicos de soporte del Proyecto: la Evaluación Socioeconómica (ESE), y la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).

Según se indica en la ESE (SADM, 2011), *“para la proyección de los usuarios domésticos en los próximos años, se identificó que era necesario aplicar un criterio distinto al de las proyecciones de población vigentes publicadas por el Consejo Nacional de población (CONAPO), ya que dichas proyecciones al año 2010 resultaron estar subestimadas en los 16 municipios que integran el AC-ZMM, al compararlas con los resultados del último Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2010....En caso de utilizar las proyecciones del CONAPO, se estaría subestimando la cantidad de tomas en el AC-ZMM, y por consiguiente se estaría incurriendo en una contracción de la demanda de agua potable, al contar con una estimación de la población menor a la real”*.

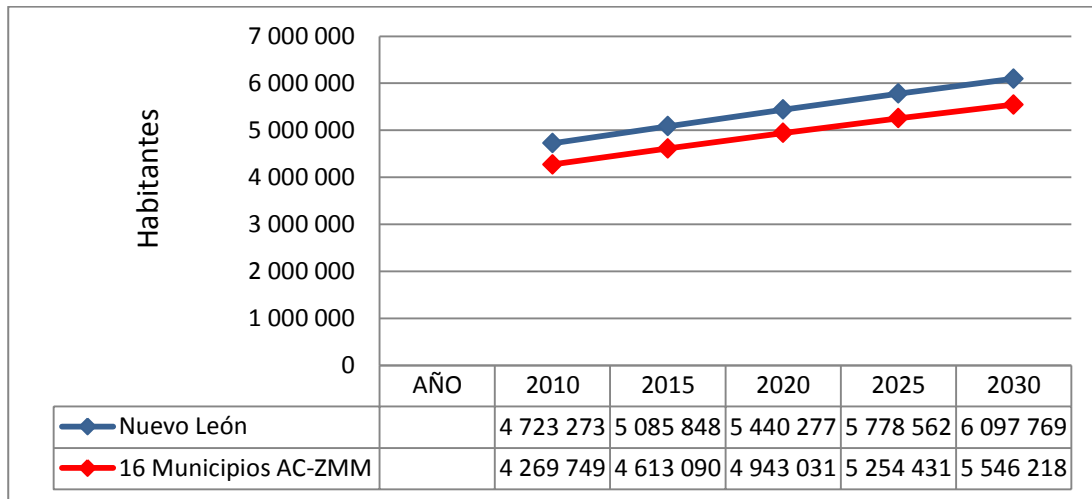
Sobre este mismo tema, en la página 13 de la MIA (SADM,2012:13) se indica lo siguiente: *“...la proyección de la población del AMM es determinante para estimar la demanda de agua potable para mantener y mejorar el servicio en esta ciudad, es por ello que a continuación se presenta un*

comparativo entre las proyecciones realizadas por CONAPO para 2010 (con datos históricos hasta 2005) contra los resultados publicados por el INEGI respecto al último censo (2010) y que si bien arroja variaciones significativas en algunos municipio, en el total de la zona metropolitana la variación no es de mayor relevancia, siendo incluso menor este valor para la proyección de CONAPO”... Se inserta la tabla comparativa y continúa diciendo: “Con base en lo anterior, se considera que las proyecciones disponibles de CONAPO para el período 2005-2030 pueden ser tomadas en consideración para cuantificar la demanda de agua potable y otros servicios asociados, toda vez que el margen de posible error es mínimo”. Sin embargo, los datos de población empleados para el cálculo de la proyección de la demanda en la MIA, corresponden a los del INEGI.

A fin de realizar proyecciones de la población más fieles a los aumentos esperados según la información obtenida en los conteos realizados por el INEGI en los años 2005 y 2010, se analizaron en la ESE seis escenarios alternativos para tratar de contrarrestar en la medida de lo posible, el sesgo provocado por las proyecciones del CONAPO:

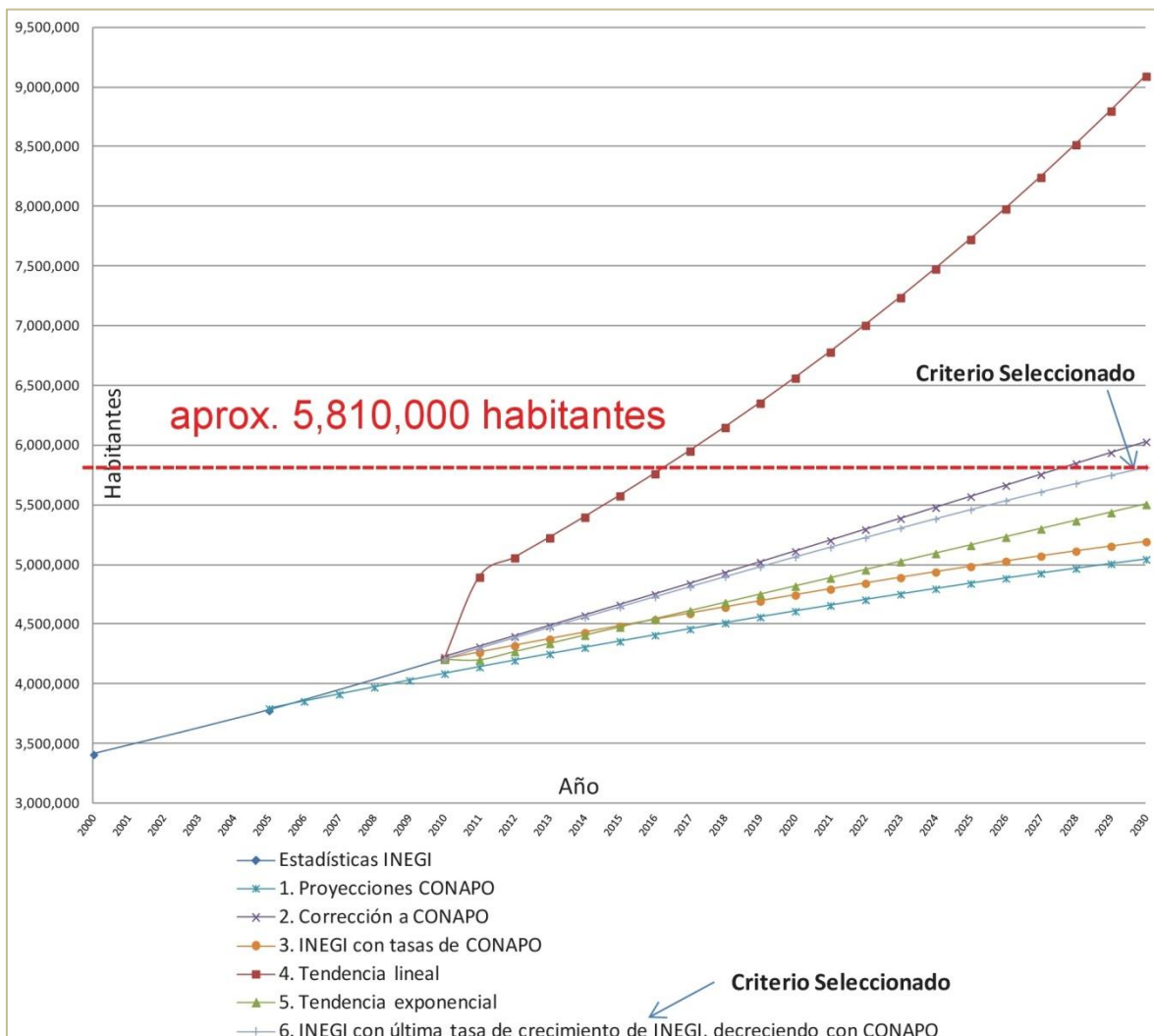
- Escenario 1. Proyección CONAPO.
- Escenario 2. Proyección corrigiendo proyecciones del CONAPO.
- Escenario 3. Proyección con base en datos del INEGI, aplicando las tasas del CONAPO.
- Escenario 4. Proyección con tendencia lineal basada en datos del INEGI.
- Escenario 5. Proyección con tendencia exponencial basada en datos del INEGI.
- Escenario 6. Proyección con base en la población al 2010 del Censo del INEGI, aplicando la última tasa de crecimiento promedio derivada de los resultados del Censo 2005 y Censo 2010, y decrecimientos en tasas implícitas en las proyecciones del CONAPO. Este fue el escenario seleccionado.

Las proyecciones de población 2010-2030 de CONAPO para los municipios de Nuevo León y el AC-ZMM, publicados con posterioridad a la realización de la ESE, se muestran en la siguiente gráfica:



Gráfica 2. Proyección del Crecimiento Poblacional en el AC-ZMM (Fuente: CONAPO).

Como puede observarse, la proyección de CONAPO para la población esperada en el AC-ZMM en el año 2030 es de 5,546,218 habitantes. De acuerdo al criterio seleccionado en la ESE, se “deduce” que la población estimada para este mismo año es de aproximadamente 5,810,000 habitantes, como se aprecia en la Gráfica 3:



Gráfica 3. Deducción de la población estimada para el año 2030 en el AC-ZMM a partir de la gráfica existente en la Evaluación Socioeconómica del Proyecto Monterrey VI.

Fuente: elaboración propia con base en SADM (2011).

La diferencia entre el valor estimado de población, con el escenario seleccionado en la ESE y la proyección de CONAPO es de 4.5%, lo cual no afecta significativamente los cálculos realizados en la ESE referentes al incremento de la demanda. La diferencia es de 263,782 habitantes que representa poco más del 115% del crecimiento esperado de habitantes en el municipio de Apodaca para el 2030 de acuerdo a CONAPO; esta diferencia es incluso mayor que la población estimada para el 2030 en 5 municipios del AC-ZMM: Santiago, Carmen, Ciénega de Flores, General Zuazua y Pesquería que sumados, tendrán una población de 262,784 habitantes en el 2030 de acuerdo a CONAPO.

Por otro lado, la MIA (página. 15) indica que la población estimada para el AC-ZMM al 2030, es 5.19 Millones de habitantes.

IV.2 Proyección del número de tomas

De manera complementaria a las proyecciones poblacionales, el registro histórico del número de tomas es un punto de partida para estimar las necesidades de suministro. Para los últimos años, se cuenta con 3 fuentes de información que registran el número de tomas domésticas y totales, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Número de tomas domésticas y totales por fuente

Año	Tomas Proyectas en ESE ^a		Tomas Registradas por SADM ^b		Tomas Registradas por SADM ^c	
	Domesticas	Totales	Domesticas	Totales	Domesticas	Totales
2011	1,127,110	1,196,120	1,167,225	1,234,123	1,048,369	1,112,557
2012	1,152,424	1,222,954	1,025,379	1,272,097	1,076,693	1,140,645
2013	1,175,322	1,247,407	1,234,424	1,303,364	1,095,554	1,161,524
2014	1,198,037	1,269,546	1,277,342	1,347,396	1,196,545	1,265,098

Fuentes: ^a ESE (SADM 2011); ^b SADM: Revisión final al reporte de "Seguridad Hídrica del Área Metropolitana de Monterrey y la Cuenca del Río Panuco de TNC", marzo 06 del 2015; ^c SADM: Informe Anual de Cuenta Pública; ^d SADM 2011/2012/2013/2014

Las diferencias entre los datos del número de tomas se observan en la siguiente Tabla:

Tabla 5. Diferencias en el número de tomas registradas entre diferentes registros del SADM

Año	Diferencia SADM ^b y SADM ^c 2		Diferencia SADM ^b 1 y ESE ^a		Diferencia SADM ^c 2 y ESE ^a	
	Domésticas	Totales	Domésticas	Totales	Domésticas	Totales
2011	+118,856	+121,566	+40,115	+38,003	-78,741	-14,553
2012	-51,314	+131,452	-127,045	+49,143	-75,731	-11,779
2013	+138,870	+141,840	+59,102	+55,957	-79,768	-13,798
2014	+80,797	+82,298	+79,305	+77,850	-1,492	+67,061

Fuente: con base en: ESE (SADM 2011); ^b SADM: Revisión final al reporte de "Seguridad Hídrica del Área Metropolitana de Monterrey y la Cuenca del Río Panuco de TNC", marzo 06 del 2015; ^c SADM: Informe Anual de Cuenta Pública; ^d SADM 2011/2012/2013/2014

En relación a la proyección futura, una vez establecidos los valores de incremento de la población, se realiza el cálculo correspondiente al incremento de la demanda esperado hasta el año 2044, con base en el número de tomas. La proyección se resume en la Tabla 6.

Tabla 6. Proyección del aumento en el número de tomas en el AC-ZMM.

AÑO	TOMAS DOMÉSTICAS					TOMAS COMERCIALES, INDUSTRIALES Y PÚBLICAS						TOTALES TOMAS DOMÉSTICAS		TOTALES TOMAS COMERCIALES, INDUSTRIALES Y PÚBLICAS		GRAN TOTAL AC-ZMM	
	Sin consumo	Con bajo consumo	Nivel socioeconómico Popular	Nivel socioeconómico Medio	Nivel socioeconómico Alto	COMERCIALES		INDUSTRIALES		SERVICIOS PÚBLICOS							
						Sin Consumo	Con Consumo	Sin Consumo	Con Consumo	Sin Consumo	Con Consumo						
	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Nº Tomas	Total Nº Tomas	Total Nº Tomas con consumo	Total Nº Tomas	Total Nº Tomas con consumo	Total Nº Tomas
2011	87,514	150,838	482,595	299,511	106,651	4,214	57,556	90	1,400	361	5,389	1,127,109	1,039,595	69,010	64,345	1,196,119	1,103,940
2015	94,587	163,028	521,594	323,715	115,269	4,617	63,054	88	1,374	388	5,782	1,218,193	1,123,606	75,303	70,210	1,293,496	1,193,816
2020	103,150	177,787	568,817	353,023	125,705	5,174	70,672	86	1,341	423	6,313	1,328,482	1,225,332	84,009	78,326	1,412,491	1,303,658
2025	111,253	191,753	613,500	380,754	135,580	5,799	79,210	84	1,309	462	6,893	1,432,840	1,321,587	93,757	87,412	1,526,597	1,408,999
2027	114,277	196,966	630,177	391,104	139,266	6,070	82,907	83	1,297	479	7,140	1,471,790	1,357,513	97,976	91,344	1,569,766	1,448,857
2028	115,729	199,468	638,182	396,072	141,035	6,210	84,820	83	1,290	487	7,266	1,490,486	1,374,757	100,156	93,376	1,590,642	1,468,133
2030	118,496	204,238	663,444	405,545	144,408	6,500	88,779	82	1,278	505	7,526	1,536,131	1,417,635	104,670	97,583	1,640,801	1,515,218
2035	124,596	214,751	687,081	426,420	151,841	7,285	99,504	80	1,248	551	8,218	1,604,689	1,480,093	116,886	108,970	1,721,575	1,589,063
2040	129,635	223,436	714,867	443,665	157,982	8,165	111,525	78	1,218	602	8,973	1,669,585	1,539,950	130,561	121,716	1,800,146	1,661,666
2044	132,999	229,235	733,419	455,179	162,081	8,945	122,179	76	1,195	645	9,627	1,712,913	1,579,914	142,667	133,001	1,855,580	1,712,915

Los valores de consumo estimado *m³/toma/mes* han sido corregidos para ajustar errores de micromedición.

Los valores *Nº de Tomas* se proyectaron con base en las tasas de crecimiento proyectadas para la zona de estudio, basadas en la última tasa de crecimiento promedio anual entre el Censo 2005 y el Censo 2010 del INEGI, aplicando a ésta tasa los decrecimientos implícitos en las tasas de crecimiento de las proyecciones de CONAPO 2005-2030 (SADM, 2011: 139).

FUENTE: Elaboración propia con base en SADM (2011)

Posteriormente, en base a la información de la ESE se procedió a la proyección de los consumos demandados de agua en tres escenarios posibles:

- **Mantenimiento de las condiciones actuales**
- **Situación sin proyecto:** Se refiere a las condiciones que prevalecerían en la zona de influencia, en caso de que el proyecto sujeto análisis no fuera ejecutado. Para determinar dicha situación, se requiere considerar medidas de optimización de mínimo costo que permitieran mejorar las condiciones actuales, abatiendo la problemática en cuanto a la disponibilidad futura de agua potable, es decir, contrarrestando el déficit proyectado.

A fin de mantener la demanda en los niveles correspondientes al valor de la “Oferta Firme Sustentable” de las fuentes de abastecimiento, que es de 10,265 l/s (Tabla 3), se deben establecer las siguientes medidas:

- Homologación de consumos y asimilación de incrementos en tarifas.
- Incremento de cobertura en Salinas Victoria.
- Programa de sustitución de micro-medidores.

Teniendo en cuenta la aplicación de estas medidas, se procedió a establecer los nuevos valores para los consumos estimados en cada tipo de toma. No obstante, se observó que para el horizonte 2015 resulta imposible mantener la garantía de abastecimiento con la “Oferta Firme Sustentable”, pese a conseguirse una reducción en el consumo, por lo que se procedió a desarrollar el “Análisis de Alternativas de Fuentes de Abastecimiento a la Zona Metropolitana de Monterrey, NL”, del que se obtuvo como conclusión que la mejor alternativa es el denominado “Proyecto Monterrey VI”.

- **Situación con proyecto:** En este escenario se estudian las modificaciones derivadas de
 - Incremento de la oferta.
 - Condiciones de la demanda. Proyección de tomas.
 - Interacción oferta – demanda.
 - Impacto del Proyecto Monterrey VI en el incremento de tarifas
 - Consumos estimados, previendo una reducción en los mismos, propiciada por una parte, por las campañas de consumo responsable que viene desarrollando el SADM, y por otra el incremento en las tarifas, la mejor medición de los consumos y la disminución de fugas.

Los resultados obtenidos para cada uno de estos escenarios se muestran en las Tablas 7, 8 y 9.

Tabla 7. Proyección de la demanda. Mantenimiento de la situación actual.

AÑO	Mantenimiento de la situación ACTUAL									32.01% Agua No Contabilizada							
	Usuarios Domésticos				Usuarios No domésticos			TOTAL CONSUMO		Usuarios Domésticos				Usuarios No domésticos		TOTAL CONSUMO	
	Total Nº Tomas con consumo	Consumo l/hab/día	Equivalencia (l/s)	Equivalencia Mm³/año	Total Nº Tomas con consumo	Consumo Mm³/año	Equivalencia (l/s)	Mm³/año	Equivalencia (l/s)	ESE (2015 a 2044)	Dotación l/hab/día	Equivalencia (l/s)	Equivalencia Mm³/año	Consumo Mm³/año	Equivalencia (l/s)	Mm³/año	Equivalencia (l/s)
2011	1,039,595	182.56	7,447	234.84	64,345	81.65	2,589.10	316.49	10,036	17.89%	222.34	9,069	286.01	99.44	3,153	385.45	12,222
2015	1,123,606	182.56	8,048	253.81	70,210	87.52	2,775.24	341.33	10,824	17.89%	222.33	9,802	309.11	106.59	3,380	415.70	13,182
2020	1,225,332	182.56	8,777	276.79	78,326	95.56	3,030.19	372.35	11,807	17.89%	222.34	10,689	337.10	116.38	3,690	453.48	14,380
2025	1,321,587	182.56	9,467	298.54	87,412	104.48	3,313.04	403.02	12,780	17.89%	222.34	11,529	363.59	127.24	4,035	490.83	15,564
2027	1,357,513	182.56	9,724	306.65	91,344	108.31	3,434.49	414.96	13,158	17.89%	222.34	11,842	373.46	131.91	4,183	505.37	16,025
2028	1,374,757	182.56	9,847	310.55	93,376	110.28	3,496.96	420.83	13,344	17.89%	222.34	11,993	378.21	134.31	4,259	512.52	16,252
2030	1,417,635	181.27	10,083	317.97	97,583	114.35	3,626.01	432.32	13,709	17.89%	220.77	12,280	387.25	139.26	4,416	526.51	16,696
2035	1,480,093	182.57	10,602	334.35	108,970	125.30	3,973.24	459.65	14,575	17.89%	222.34	12,912	407.20	152.60	4,839	559.80	17,751
2040	1,539,950	182.57	11,031	347.87	121,716	137.40	4,356.93	485.27	15,388	17.89%	222.34	13,434	423.66	167.34	5,306	591.00	18,740
2044	1,579,914	182.56	11,317	356.89	133,001	148.03	4,694.00	504.92	16,011	17.89%	222.34	13,783	434.65	180.28	5,717	614.93	19,499
Nº Habitantes por toma 3.39, con base en: Presentación Corporativa, SADM, Ing. Emilio Rangel Febrero 2013) Fuente: Elaboración propia con base a la información de la ESE y la información del SADAM (Rangel W. 2013)										32.01%	222.18						
Incluidos los errores de micro-medición (14.12%) páginas 117 y 121 de la ESE										Total Agua No Contabilizada	Promedio						

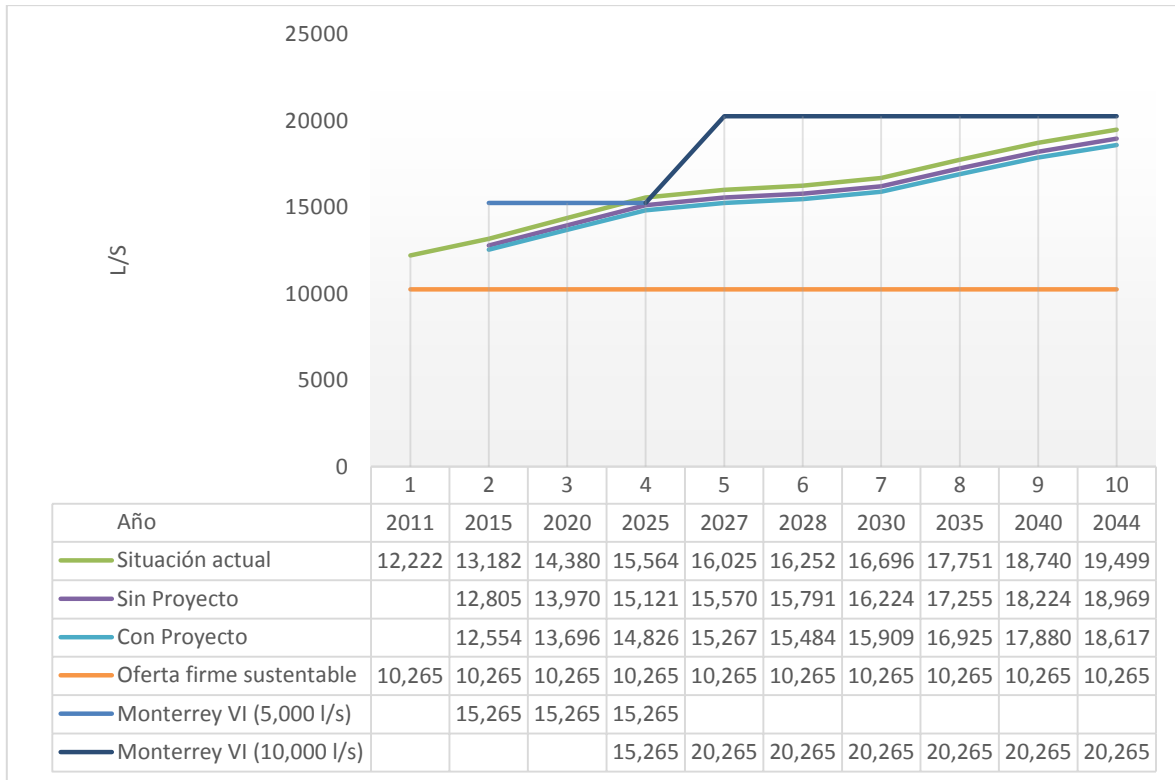
Tabla 8. Proyección de la demanda. Situación sin proyecto.

AÑO	Situación SIN PROYECTO									32.01% Agua No Contabilizada							
	Usuarios Domésticos				Usuarios No domésticos			TOTAL CONSUMO		Usuarios Domésticos				Usuarios No domésticos		TOTAL CONSUMO	
	Total Nº Tomas con consumo	Consumo l/hab/día	Equivalencia (l/s)	Equivalencia Mm³/año	Total Nº Tomas con consumo	Consumo Mm³/año	Equivalencia (l/s)	Mm³/año	Equivalencia (l/s)	ESE (sit.2015 a 2044)	Dotación l/hab/día	Equivalencia (l/s)	Equivalencia Mm³/año	Mm³/año	Equivalencia (l/s)	Mm³/año	Equivalencia Mm³/año
2015	1,125,676	175.22	7,739	244.06	70,210	87.52	2,775	331.58	10,514	17.89%	213.40	9,425	297.24	106.59	3,380	403.82	12,805
2020	1,227,591	175.23	8,440	266.17	78,326	95.56	3,030	361.73	11,470	17.89%	213.41	10,279	324.16	116.38	3,690	440.54	13,970
2025	1,324,022	175.23	9,103	287.07	87,412	104.48	3,313	391.55	12,416	17.89%	213.40	11,086	349.62	127.24	4,035	476.86	15,121
2027	1,360,014	175.22	9,350	294.87	91,344	108.31	3,434	403.18	12,785	17.89%	213.40	11,387	359.12	131.91	4,183	491.02	15,570
2028	1,377,289	175.22	9,469	298.61	93,376	110.28	3,497	408.89	12,966	17.89%	213.40	11,532	363.67	134.31	4,259	497.98	15,791
2030	1,410,227	175.22	9,695	305.75	97,583	114.35	3,626	420.10	13,321	17.89%	213.40	11,808	372.37	139.26	4,416	511.63	16,224
2035	1,482,819	175.23	10,195	321.50	108,970	125.30	3,973	446.80	14,168	17.89%	213.40	12,416	391.55	152.60	4,839	544.15	17,255
2040	1,542,786	175.23	10,607	334.50	121,716	137.40	4,357	471.90	14,964	17.89%	213.40	12,918	407.38	167.34	5,306	574.72	18,224
2044	1,582,823	175.22	10,882	343.17	133,001	148.03	4,694	491.20	15,576	17.89%	213.40	13,253	417.94	180.28	5,717	598.22	18,969
Nº Habitantes por toma 3.39 Presentación Corporativa, Ing. Emilio Rangel, febrero 2013																	
Fuente: : Elaboración propia en base a la información de la ESE y la información del SADAM (Rangel W. 2013)																	
										32.01%	213.40						
Incluidos los errores de micro-medición (14.12%) pag 117 y 121 Evaluación Socioeconómica										Total Agua No Contabilizada	Promedio						

Tabla 9. Proyección de la demanda. Situación con proyecto.

AÑO	Situación CON PROYECTO									32.01% Agua No Contabilizada							
	Usuarios Domésticos				Usuarios No domésticos			TOTAL CONSUMO		Usuarios Domésticos				Usuarios No domésticos		TOTAL CONSUMO	
	Total Nº Tomas con consumo	Consumo l/hab/día	Equivalencia (l/s)	Equivalencia Mm³/año	Total Nº Tomas con consumo	Consumo Mm³/año	Equivalencia (l/s)	Mm³/año	Equivalencia (l/s)	ESE (sit.2015 a 2044)	Dotación l/hab/día	Equivalencia (l/s)	Equivalencia Mm³/año	Consumo Mm³/año	Equivalencia (l/s)	Mm³/año	Equivalencia (l/s)
2015	1,125,676	170.56	7,533	237.56	70,210	87.52	2,775	325.08	10,308	17.89%	207.72	9,174.25	289.32	106.59	3,380	395.91	12,554
2020	1,227,591	170.56	8,215	259.08	78,326	95.56	3,030	354.64	11,246	17.89%	207.73	10,005.33	315.53	116.38	3,690	431.91	13,696
2025	1,324,022	170.56	8,861	279.43	87,412	104.48	3,313	383.91	12,174	17.89%	207.73	10,791.22	340.31	127.24	4,035	467.56	14,826
2027	1,360,014	170.56	9,101	287.02	91,344	108.31	3,434	395.33	12,536	17.89%	207.72	11,084.33	349.56	131.91	4,183	481.46	15,267
2028	1,377,289	170.56	9,217	290.67	93,376	110.28	3,497	400.95	12,714	17.89%	207.72	11,225.29	354.00	134.31	4,259	488.31	15,484
2030	1,410,227	170.56	9,437	297.61	97,583	114.35	3,626	411.96	13,063	17.89%	207.72	11,493.30	362.45	139.26	4,416	501.72	15,909
2035	1,482,819	170.57	9,924	312.95	108,970	125.30	3,973	438.25	13,897	17.89%	207.73	12,085.71	381.14	152.60	4,839	533.74	16,925
2040	1,542,786	170.56	10,325	325.60	121,716	137.40	4,357	463.00	14,682	17.89%	207.73	12,574.24	396.54	167.34	5,306	563.88	17,880
2044	1,582,823	170.56	10,593	334.05	133,001	148.03	4,694	482.08	15,287	17.89%	207.73	12,900.57	406.83	180.28	5,717	587.11	18,617
Nº Habitantes por toma 3.39 (Presentación Corporativa, Ing. Emilio Rangel Febrero 2013)																	
Fuente: Elaboración propia en base a la información de la ESE y la información del SADAM (Rangel W. 2013)										32.01%	207.72						
Incluidos los Errores de Micro-medición (14.12%) pag 117 y 121 Evaluación Socioeconomica										Total Agua No Contabilizada	Promedio						

En la Gráfica 4 se muestra el comportamiento de la oferta y la demanda en los diferentes escenarios estudiados en la “Evaluación Socioeconómica del Proyecto Monterrey VI”.



Gráfica 4. Evolución de la Oferta y Demanda para los diferentes escenarios estudiados.

Bajo los escenarios anteriores, previstos en la ESE, las principales conclusiones son:

- Actualmente la demanda es superior a la Oferta Firme Sustentable, lo que indica la existencia de un déficit en las fuentes actuales de abastecimiento.
- Mediante la ejecución de la primera etapa del “Título de Asignación” (5,000 l/s) del Proyecto Monterrey VI, se garantiza el abastecimiento de agua al AC-ZMM hasta el año 2026.
- En caso de que se ejecutara la segunda etapa del “Título de Asignación” (10,000 l/s), se garantiza el abastecimiento de agua al AC-ZMM más allá del horizonte proyectado (año 2044).

IV. 3 Proyecciones del incremento de la demanda reflejadas en la MIA

Como se ha indicado anteriormente, existen diferencias en los valores recogidos en la MIA con referencia a la ESE, estas diferencias son las siguientes:

- **Oferta actual:** En el apartado II.1.2 Justificación (página 13) de la MIA se indica *“Actualmente se mantiene una oferta de 12.77 m³/s”* (SADM, 2012:13).

Sin embargo, según la ESE (Tabla 2), este valor corresponde a la **capacidad máxima histórica** del sistema, indicando que la Oferta Firme Sustentable de las fuentes actuales de abastecimiento es de 10.265 m³/s y que el gasto promedio anual en el periodo de estudio (2003-2010) fue de 11.138 m³/s (teniendo en cuenta los errores de macro-medición) y la extracción máxima se produjo en el año 2010, alcanzando los 11.544 m³/s de gasto promedio. Esta diferencia (12.77 – 11.138 = 1.632 m³/s) supone que **la oferta, según la MIA, es de 51.47 Mm³/año superior a la calculada en la ESE**. Por otro lado, en la MIA, se emplea el valor de 12.77 m³/s como oferta firme sustentable, estableciendo los déficits cuando los consumos proyectados superan este valor.

- **Consumo actual:** También en la página 13 de la MIA se expone *“Con base en el resultado del último censo, se obtiene un consumo promedio diario de 270 l/hab, sin tomar en cuenta la distribución del consumo, que como se sabe destina un componente relevante para las actividades productivas en la zona. Cabe señalar que las proporciones reflejadas toman en consideración las aportaciones de las fuentes actuales en los últimos ocho años, ajustando los valores promedio de acuerdo a las últimas cifras del año 2010”* (SADM, 2012).

Según los valores calculados en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9, las dotaciones medias calculadas teniendo en cuenta el agua no contabilizada por fugas y errores de micro-medición, para el periodo 2011-2044 en el escenario “Situación Actual” resulta de 222 l/hab/día, y para el periodo 2015-2044 en los escenarios “Sin Proyecto” y “Con Proyecto” han sido de 213 y 207 l/hab/día respectivamente. Por otro lado, según la información del SADM (2014), la evolución de la dotación en tomas domésticas (periodo 2004-2014) en la entidad federativa nunca logró alcanzar el valor referenciado en la MIA (incluyendo el 28% de fugas y errores de micro-medición), teniendo un valor promedio para este periodo de 229 l/hab/día, en consonancia con lo calculado en la ESE para los diferentes escenarios estudiados.

Tabla 10. Cálculo del consumo doméstico en Nuevo León (l/hab/día).

Año	Consumo Doméstico (Mm ³ /año)	Nº Contratos Domésticos	Nº Contratos Con Consumo *	Dotación l/hab/día (inc. 28% fugas)
2004	202.14	950,833	876,953	259
2005	208.55	992,652	915,523	256
2006	215.78	1,038,072	957,414	253
2007	212.15	1,082,927	998,784	238
2008	220.33	1,140,946	1,052,294	235
2009	226.46	1,200,355	1,107,087	230
2010	220.99	1,244,801	1,148,080	216
2011	235.17	1,287,225	1,187,208	222
2012	229.44	1,327,182	1,224,060	210
2013	223.21	1,358,098	1,252,574	200
2014	228.14	1,403,197	1,294,169	198
Promedio				229

*Estimación con base a la información de la ESE
 Fuente: Elaboración propia con base en la ESE (SADM, 2011) y SADM (2014) www.sadm.gob.mx

Incremento de la demanda: En la MIA (página 15), se llega a la siguiente conclusión. “...se considera como aceptable una dotación recomendada de 300 l/hab/día en promedio”.

Por el contrario, en la ESE (SADM, 2011) se considera una reducción de la demanda, mediante un mayor control sobre el gasto (medidores en las tomas), así como con el incremento de tarifas (este incremento, según información del SADM –marzo 2015- no va a ser necesario); de este modo, para los diferentes escenarios analizados la demanda esperada para el año 2044 son: 19,499 l/s para el escenario “Situación Actual”, 18,969 l/s para el escenario “Sin Proyecto” y 18,617 l/s para el escenario “Con Proyecto”. Los valores de demanda esperada según la MIA y la ESE se indican en la Tabla 11.

Tabla 11. Comparación demanda esperada según MIA y ESE.

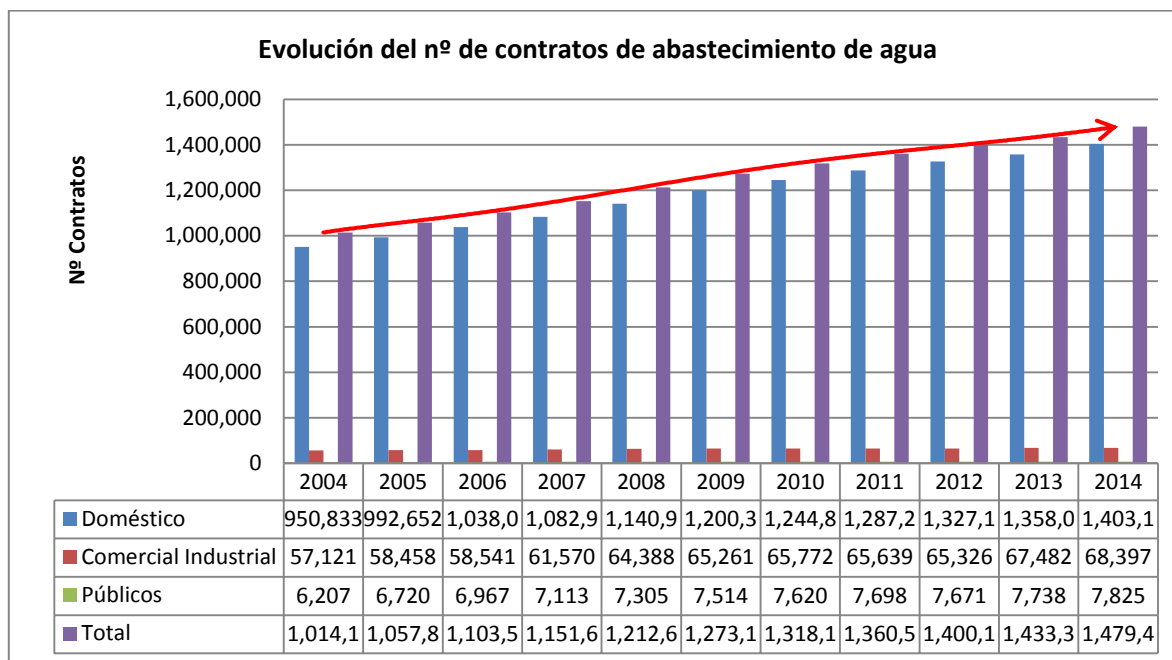
AÑO	Demanda esperada (l/s) MIA	Demanda esperada en los diferentes escenarios estudiados en la ESE (l/s)		
		SITUACIÓN ACTUAL	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
2015	15,570	13,182	12,805	12,554
2020	16,480	14,380	13,970	13,696
2025	17,300	15,564	15,121	14,826
2030	18,030	16,696	16,224	15,909
2035	18,690	17,751	17,255	16,925
2040	19,270	18,740	18,224	17,880

Fuente: Elaboración propia con base en la MIA y la ESE SADM (2011) y SADM (2012)

Según estos valores, en el año 2040, la diferencia entre la demanda esperada según la MIA y la del escenario “Situación Actual” es de 530 l/s, lo que equivale a 16.71 Mm³/año de mayor demanda

esperada según la ESE; para el caso del escenario “Sin Proyecto” la demanda esperada según la MIA es de 32.99 Mm³/año superior; y de 43.84 Mm³/año por encima de lo calculado en la ESE para el escenario “Con Proyecto”.

La Gráfica 5 muestra la evolución del número de contratos para abastecimiento de agua en la entidad federativa de Nuevo León para el periodo 2004 – 2014.



Gráfica 5. Evolución del No. de contratos en Nuevo León (51 municipios) periodo 2004-14.

Fuente: SADM (2014)

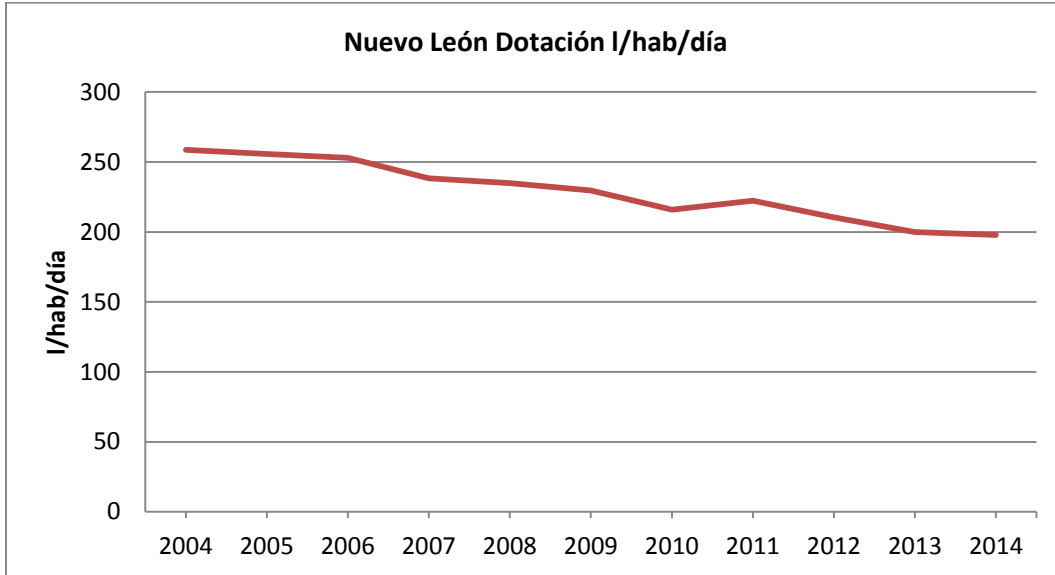
Como se observa, en los años 2008 y 2009 hubo un repunte significativo del número de contratos, debido a dos factores principales: la fuerte inversión realizada por urbanizadores y el incremento de los créditos otorgados para la vivienda por el INFONAVIT, siendo Nuevo León el Estado con mayor número de beneficiarios en todo el país.

El incremento en el número de contratos para este periodo fue del 41.3%, siendo los contratos para uso doméstico los que más crecieron (42.8%), seguido por los de uso público (24.7%) y finalmente los contratos para la industria y el comercio (18.1%).

Pese a este incremento significativo en el número de contratos, la dotación por habitante y día, mantiene una tendencia a la baja (Tabla 10). Lo anterior se debe probablemente a dos situaciones:

- I. A la mejora en la eficiencia tecnológica de la industria, dispositivos ahorradores y los electrodomésticos que tienden a reducir la intensidad en el uso de recursos (eléctrica e hídrica).

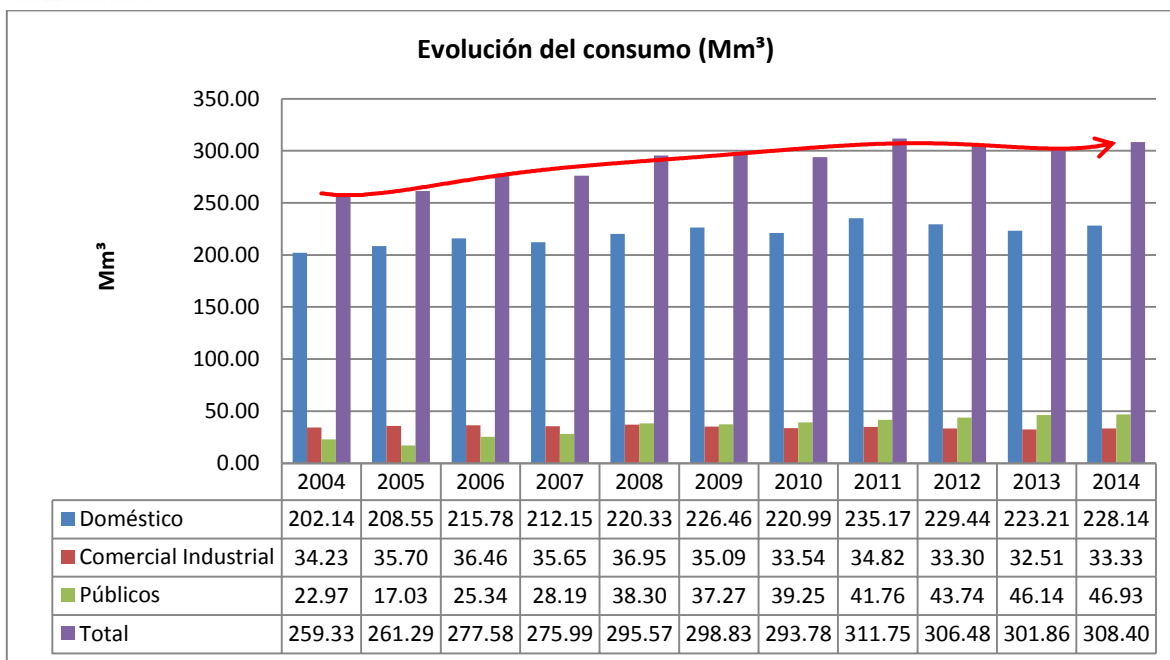
- II. A la amplia cultura y respeto al buen uso del agua y al medio ambiente que prevalece en la población de Nuevo León. La SEMARNAT ha implementado diversos programas y acciones que inciden en la toma de conciencia hacia el cuidado de los recursos.



Gráfica 6. Evolución de la dotación uso doméstico (l/hab/día) en Nuevo León (51 Municipios).

Fuente: Elaboración propia con base en LA ESE (SADM, 2011) y SADM (2014) www.sadm.gob.mx

En la , se muestra la evolución del consumo registrado por el SADM en el Estado de Nuevo León. Si bien se ha producido un repunte del consumo durante el año 2014, también creció en mayor medida el número de contratos, por lo que se siguieron manteniendo los consumos por habitante y día en tomas domiciliarias en valores bajos, 198 l/hab/día, teniendo en cuenta un 28% de fugas en la red.



Gráfica 7. Evolución del consumo en Nuevo León (51 municipios) Periodo 2004-14.

Fuente: SADM (2014)

IV. 4 Proyecciones del crecimiento de la demanda. Comparación de los resultados de la MIA y la ESE para los mismos escenarios

Como se ha indicado anteriormente, existen diferencias entre los valores de partida empleados en la MIA y en la ESE en lo referente a las siguientes mediciones:

- Proyección del crecimiento de la población.
- Oferta actual.
- Valor de la Oferta Firme Sustentable de las fuentes de abastecimiento actuales.
- Consumo actual.
- Evolución de la demanda.

Debido a la diferencia existente en los datos de población entre la MIA y la ESE (620,000 habitantes, diferencia >10%), así como del umbral determinado por la Oferta Firme Sustentable de las fuentes de abastecimiento actuales, y a fin de poder comparar ambos estudios bajo unas mismas condiciones, se realizaron, para el escenario "Sin Proyecto" de la ESE (que es el intermedio), los cálculos de requerimientos de agua y el déficit esperado con los consumos indicados en la ESE y los que están en la MIA. Esto es, se compararon los resultados obtenidos en este escenario, con la misma progresión de la demanda (número de tomas) y el mismo valor límite de Oferta Firme Sustentable.

Se realizó también el cálculo tomando la dotación recomendada por Conagua (2007) para zonas con la climatología existente en el AC-ZMM que es de 230 l/hab/día.

En lo referente a la proyección del crecimiento de la población y consecuentemente del número de tomas, en la MIA no se realiza este cálculo, sino que lo basa directamente en el crecimiento de la población. Sin embargo las proyecciones realizadas en la ESE referentes al crecimiento de tomas domiciliarias están en “línea”, y están incluso un poco por debajo a los valores reales contabilizados por el SADM (De manera complementaria a las proyecciones poblacionales, el registro histórico del número de tomas es un punto de partida para estimar las necesidades de suministro. Para los últimos años, se cuenta con 3 fuentes de información que registran el número de tomas domésticas y totales, como se muestra en la Tabla 4.

Las diferencias entre los datos del número de tomas se observan en la siguiente Tabla:

), por lo que se considera apropiado el empleo de la proyección del número de tomas calculado en la ESE para la realización de esta comparación entre ambos documentos.

Tabla 12. Comparación en el escenario “Sin Proyecto”.

año	Total Tomas Con consumo. ESE Situación Sin Proyecto*	Oferta Firme Sustentable de las fuentes de abastecimiento actuales* (m³/s)	Situación 2011 (Valores ESE)		Dotación recomendada por Conagua		Dotación actual según MIA		Dotación recomendada según MIA		ESE Consumo Comercial, Industrial y Público* (m³/s). Escenario Sin Proyecto
			Gasto para abastecer 213 l/hab/día (m³/s). VALOR ESE sin proyecto	Déficit Vs Oferta Firme Sustentable Actual (m³/s)	Gasto para abastecer 230 l/hab/día (m³/s)	Déficit Vs Oferta Firme Sustentable Actual (m³/s)	Gasto para abastecer 270 l/hab/día (m³/s)	Déficit Vs Oferta Firme Sustentable Actual (m³/s)	Gasto para abastecer 300 l/hab/día (m³/s)	Déficit Vs Oferta Firme Sustentable Actual (m³/s)	
2015	1,125,676	10.27	9.43	-2.54	10.16	-3.27	11.93	-5.04	13.25	-6.37	3.38
2020	1,227,591	10.27	10.28	-3.70	11.08	-4.50	13.00	-6.43	14.45	-7.88	3.69
2025	1,324,022	10.27	11.09	-4.86	11.95	-5.72	14.03	-7.80	15.58	-9.35	4.03
2027	1,360,014	10.27	11.39	-5.31	12.27	-6.19	14.41	-8.33	16.01	-9.93	4.18
2028	1,377,289	10.27	11.53	-5.53	12.43	-6.42	14.59	-8.58	16.21	-10.21	4.26
2030	1,410,227	10.27	11.81	-5.96	12.73	-6.88	14.94	-9.09	16.60	-10.75	4.42
2035	1,482,819	10.27	12.42	-6.99	13.38	-7.96	15.71	-10.28	17.45	-12.03	4.84
2040	1,542,786	10.27	12.92	-7.96	13.92	-8.96	16.34	-11.39	18.16	-13.20	5.31
2044	1,582,823	10.27	13.25	-8.70	14.28	-9.74	16.77	-12.22	18.63	-14.08	5.72

*Fuente: Evaluación Socioeconómica Proyecto Monterrey VI (SADM, 2011)

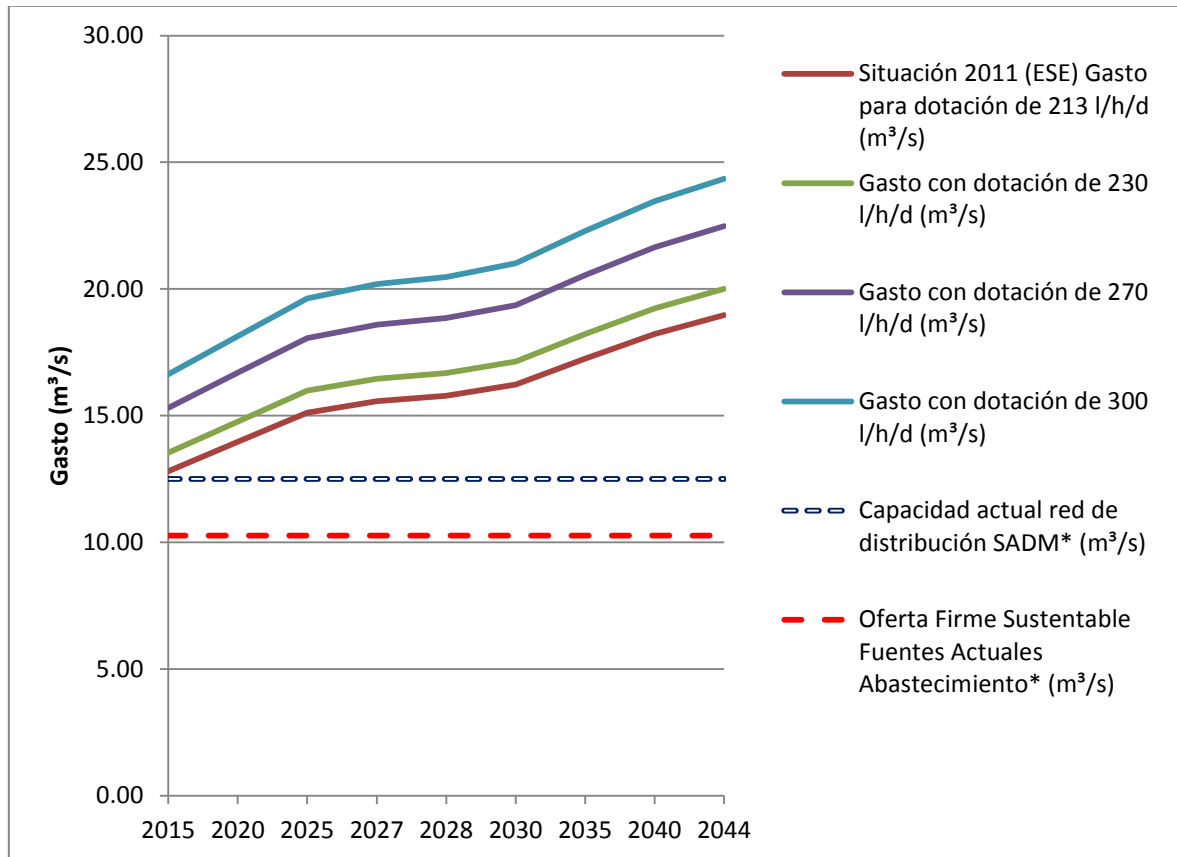
De la Tabla 12 se obtienen los siguientes valores correspondientes al gasto requerido para cada uno de los casos a lo largo del periodo de estudio:

Tabla 13. Gastos requeridos en el escenario “Sin Proyecto”.

año	Situación 2011 (ESE). Gasto para dotación de 213 l/hab/día (m³/s)	Gasto con dotación de 230 l/hab/día (m³/s)	Gasto con dotación de 270 l/hab/día (m³/s)	Gasto con dotación de 300 l/hab/día (m³/s)	Capacidad actual red de distribución SADM* (m³/s)	Oferta Firme Sustentable Fuentes Actuales Abastecimiento* (m³/s)
2015	12.81	13.54	15.31	16.63	12.50	10.27
2020	13.97	14.77	16.70	18.14	12.50	10.27
2025	15.12	15.98	18.06	19.62	12.50	10.27
2027	15.57	16.46	18.59	20.19	12.50	10.27
2028	15.79	16.69	18.85	20.47	12.50	10.27
2030	16.22	17.14	19.36	21.02	12.50	10.27
2035	17.25	18.22	20.55	22.29	12.50	10.27
2040	18.22	19.23	21.65	23.47	12.50	10.27
2044	18.97	20.00	22.48	24.35	12.50	10.27

*Fuente: Evaluación Socioeconómica Proyecto Monterrey VI (SADM, 2011)

La representación de los valores anteriores se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 8. Comparación de gastos requeridos en el escenario “Sin Proyecto”.

Como puede observarse, para todos los casos, el gasto es superior a la Oferta Firme Sustentable. Por lo tanto hay déficit y las fuentes actuales de abastecimiento no cubren las necesidades para ninguno de los casos.

La gráfica del valor calculado en la ESE es la de un gasto más ajustado y acorde con los valores históricos, mientras que la propuesta por la MIA (300 l/hab/día) requiere para el año 2044, de un gasto de 5.38 m³/s superior al requerido según la ESE. El proyecto Monterrey VI es para 5 m³/s, por lo que esta diferencia entre ambos estudios es superior a todo el volumen a trasvasar.

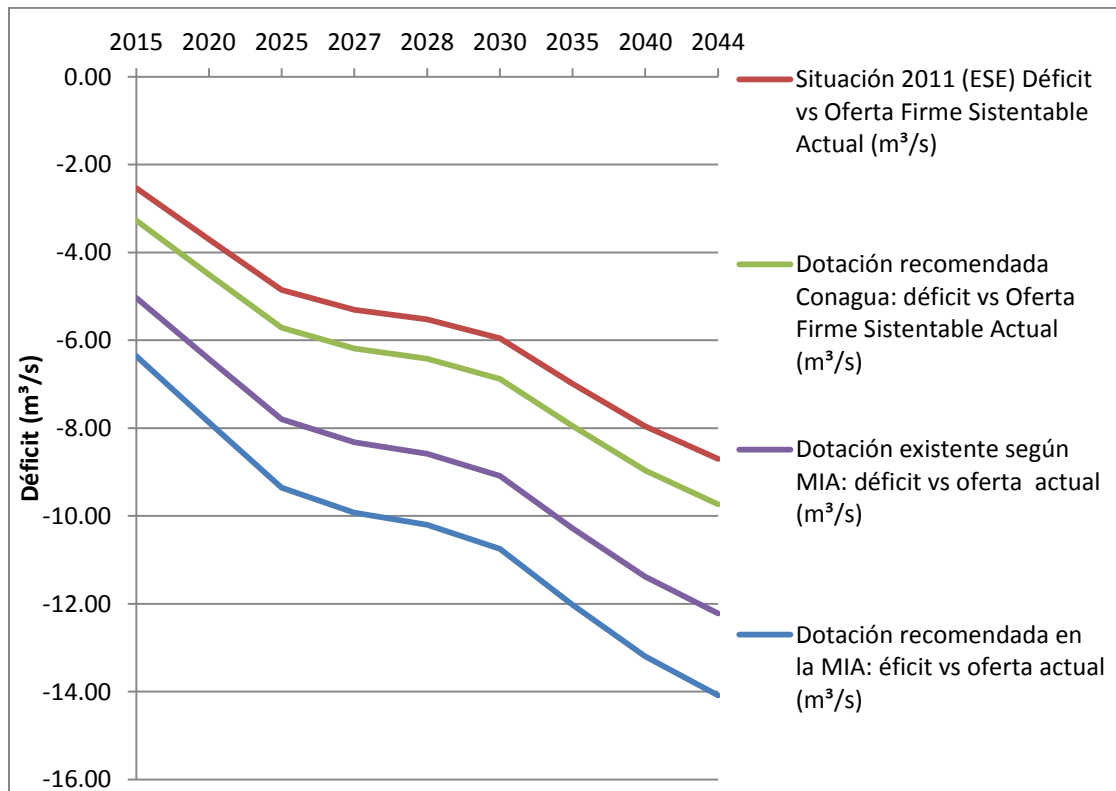
Por otro lado, según el consumo actual que indica la MIA de 270 l/hab/día, en el año 2015 se estaría requiriendo de un gasto de 15.31 m³/s. No se dispone del valor del gasto en el AC-ZMM para el año 2014, pero según la , en Nuevo León (51 municipios) el consumo total durante el año 2014 fue de 308.40 Mm³/año, lo que equivale a 13.58 m³/s., considerando un 28% de fugas y agua no contabilizada.

En lo referente al déficit con respecto a la oferta firme sustentable, los resultados obtenidos se registran en la Tabla 14.

Tabla 14. Déficits obtenidos respecto a la oferta firme sustentable en el escenario "Sin Proyecto".

Año	Situación 2011 (ESE) Déficit Vs Oferta Firme Sustentable Actual (m ³ /s)	Dotación recomendada Conagua Déficit Vs Oferta Firme Sustentable Actual (m ³ /s)	Dotación existente de acuerdo a la MIA Déficit Vs Oferta Firme Sustentable Actual (m ³ /s)	Dotación recomendada en la MIA Déficit Vs Oferta Firme Sustentable Actual (m ³ /s)
2015	-2.54	-3.27	-5.04	-6.37
2020	-3.70	-4.50	-6.43	-7.88
2025	-4.86	-5.72	-7.80	-9.35
2027	-5.31	-6.19	-8.33	-9.93
2028	-5.53	-6.42	-8.58	-10.21
2030	-5.96	-6.88	-9.09	-10.75
2035	-6.99	-7.96	-10.28	-12.03
2040	-7.96	-8.96	-11.39	-13.20
2044	-8.70	-9.74	-12.22	-14.08

La representación gráfica de la Tabla 14 es la siguiente:



Gráfica 9. Comparación del déficit con respecto a la oferta firme sustentable en el escenario "Sin Proyecto".

La dotación actual y la recomendada en la MIA suponen un déficit actual y esperado significativamente mayor al presentado en la ESE, y al proyectado con base en la recomendación

de la Conagua. Estas diferencias son del orden del 162% del déficit calculado por la ESE para el año 2044 o del 145% si se compara con los valores obtenidos para la recomendación de Conagua.

V. Eficiencia en la gestión del agua para uso público urbano en Nuevo León

La medición de diversos indicadores es un elemento fundamental en la gestión del agua para uso público en las ciudades, junto con la eficiencia física y comercial. A nivel nacional se estima que del 47% de volumen no contabilizado 15% corresponde a consumos no registrados y 85% corresponde a pérdidas físicas (Conagua, 2013).

En este sentido, la situación del AC-ZMM es destacable, si se considera que el total del agua no contabilizada es de alrededor del 30%, incluyendo las pérdidas físicas (Tabla 15).

Tabla 15. Agua no contabilizada estimada para el AMM.

Concepto	% sobre la producción total real de agua
Agua no contabilizada global	29.48%
Errores de micro-medición	11.59%
Tomas clandestinas	2.19%
Tomas de "poseionarios"	2.47%
Servicios públicos no contabilizados	0.04%
Sub-Total:	16.29%
Pérdidas físicas por fugas estimadas por diferencia (29.48% - 16.29%)	13.19%
Agua no contabilizada total:	29.48%
Fuente: DPIZMM (2011) Diagnóstico y Planeación Integral de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Área Metropolitana de Monterrey.	

De acuerdo con el Consejo Consultivo del Agua (CCA, 2010), la eficiencia física que mide el volumen facturado entre el volumen producido, es indicativa no sólo de la capacidad administrativa (en facturación y medición) de los organismos operadores, sino una condición crucial para el uso sostenible del agua: las pérdidas en el sistema de distribución, tanto por el mal estado de la red, como por robos y agua no contabilizada.

La eficiencia comercial (volumen cobrado entre volumen facturado) es el indicador simple que de manera más cercana valora el desempeño total de los organismos operadores, tanto en dimensiones administrativas, como físicas (CCA, 2010).

La micro-medición es un requisito para la facturación y la cobranza, y por tanto, para la salud financiera de los organismos, al igual que para la inducción del pago por parte de los consumidores, lo que se relaciona con el uso eficiente del agua (CCA, 2010).

En estos tres aspectos la posición de Monterrey es notable, en tanto se encuentra dentro de las primeras ciudades de México con mayor eficiencia física, comercial y global, producto de las dos métricas anteriores, así como en magnitud de la micro-medición.

A manera de referencia, es importante mencionar que algunas ciudades de Europa han desplegado importantes esfuerzos para reducir el consumo de agua por habitante (Tabla 16), como es el caso de Estocolmo que llega a 150 litros/hab/día⁷, y España donde la disminución, tanto de la dotación como del consumo doméstico, es el resultado positivo de: i) una mayor eficiencia de los servicios, que han mejorado notablemente el rendimiento de las redes; ii) la facturación por usos diversos; iii) la realización de campañas para el uso eficiente de los recursos; y iv) la generalización de las tarifas crecientes por bloques de consumo. También cabe destacar una mayor conciencia por parte de los ciudadanos sobre el uso sustentable del agua y la mejora de rendimiento de los aparatos domésticos (AEAS y AGA, 2012). Por su parte, en Colombia, país que cuenta con una riqueza importante de recursos hídricos, el consumo promedio de los hogares urbanos con servicio de agua potable es de 200 l/hab/día (Ojeda y Arias, 2000).

En 17 países de América Latina se ha logrado un buen grado de eficiencia en el uso del agua. Las ciudades consideradas en el índice de ciudades verdes de América latina, consumen en promedio 264 litros por persona al día, lo cual es bajo en comparación con el promedio europeo de 288 litros por persona al día (EIU, 2010).

Tabla 16. Ejemplos de dotación en ciudades y regiones del mundo.

Región	Litros/hab/día	Fuente
Colombia	200	Ojeda y Arias, 2000
Costa Rica	250	Baltodano, 2012
17 países de América Latina	264	EIU, 2010
Estocolmo	150	http://www.smartcityexpo.com/road-show-estocolmo
España	126	AEAS y AGA, 2012

El Estado de Nuevo León, con una dotación 222 l/hab/día durante 2011 y una tendencia descendente durante los últimos años, muestra un desempeño muy eficiente, tanto a nivel de país como en relación a estándares internacionales. Continuar y fortalecer esta tendencia será un paso muy importante para cerrar la brecha entre la oferta y la demanda. Como lo señala la *Global Water Partnership* (GWP, 2013), la gestión de la demanda refleja un cambio mayor en cómo abordar la gestión de los recursos hídricos, desde el desarrollo tradicional de la oferta

⁷ En: <http://www.smartcityexpo.com/road-show-estocolmo>

(construcción de la infraestructura física para aumentar la captación de agua para el uso directo), hasta una mayor eficiencia en el uso, conservación, reciclaje y reutilización del agua.

VI. Gestión de la oferta del agua de uso agrícola

La ZMM no es una isla en el contexto del uso territorial y sectorial del agua. Es necesaria una visión regional para encontrar nuevas soluciones que apunten a cerrar la brecha entre la oferta y la demanda. En este sentido, la agricultura es parte de la solución para lograr la seguridad hídrica.

Las condiciones climatológicas de Nuevo León representan un desafío para el desarrollo agrícola en gran parte de su territorio, que se traduce en la necesidad de impulsar medidas de uso eficiente y productivo del agua. Estas medidas adquieren especial relevancia si se considera que más del 64% del agua concesionada en la entidad es de uso agrícola.

En el Estado de Nuevo León, el subsector agrícola cuenta con una superficie del orden de 392,000 hectáreas abiertas al cultivo anualmente, lo que representa solamente el 6.1% de la superficie total en la entidad. La agricultura se desarrolla principalmente en los valles y llanos del estado. Los municipios del centro y sur de la entidad concentran el 82% de la superficie dedicada a esta actividad. Del área total destinada a la agricultura, aproximadamente el 30% es de riego y el 70% de temporal, siendo la agricultura de riego tres veces más productiva que la de temporal (Ortega-Gaucin, 2011).

La actividad agrícola supone el mayor consumo de agua, 1,323.4 hm³/año, del volumen total concesionado en el estado, aunque en la práctica, y debido a las condiciones meteorológicas desfavorables existentes, rara vez llega a entregarse a la actividad agrícola la totalidad de las concesiones adjudicadas. Por otro lado, la infraestructura hidroagrícola existente está en malas condiciones, al tiempo que los sistemas de riego empleados son de baja eficiencia.

VI.1 Distritos de riego

Los distritos de riego (DR) son las áreas agrícolas establecidas mediante Decreto o Acuerdo Presidencial, conformadas por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego. Los DR cuentan con las obras de infraestructura hidráulica para extraer agua superficial y/o del subsuelo, así como con sus vasos de almacenamiento, zona federal, zona de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego (Conagua, 2009). En el Estado de Nuevo León existen solamente dos distritos de riego: el distrito 004 Don Martín y el distrito 031 Las Lajas, que en conjunto ocupan una superficie regable total de 33,468 hectáreas y son operados por 1,900 usuarios (Ortega-Gaucin, 2011).

Distrito de Riego 004 Don Martín

El distrito 004 tiene una superficie regable total de 29,615.5 ha (27,673 ha del municipio de Anáhuac, Nuevo León, y 1,942.5 ha del municipio de Juárez, Coahuila) y se extiende sobre ambas márgenes del río Salado, a lo largo de casi 100 km aguas arriba de su confluencia con el río Bravo. Su geometría es alargada en el sentido noroeste-sureste y es irregular. Sus límites son: al noroeste el canal principal; al norte y noroeste el canal lateral Camarón; al suroeste el río Salado; al sur y sureste el dren La Tortuga; al oeste lo limita la cortina de la presa Venustiano Carranza (Don Martín) y hacia el este el río Salado (Ortega-Gaucin, 2011).

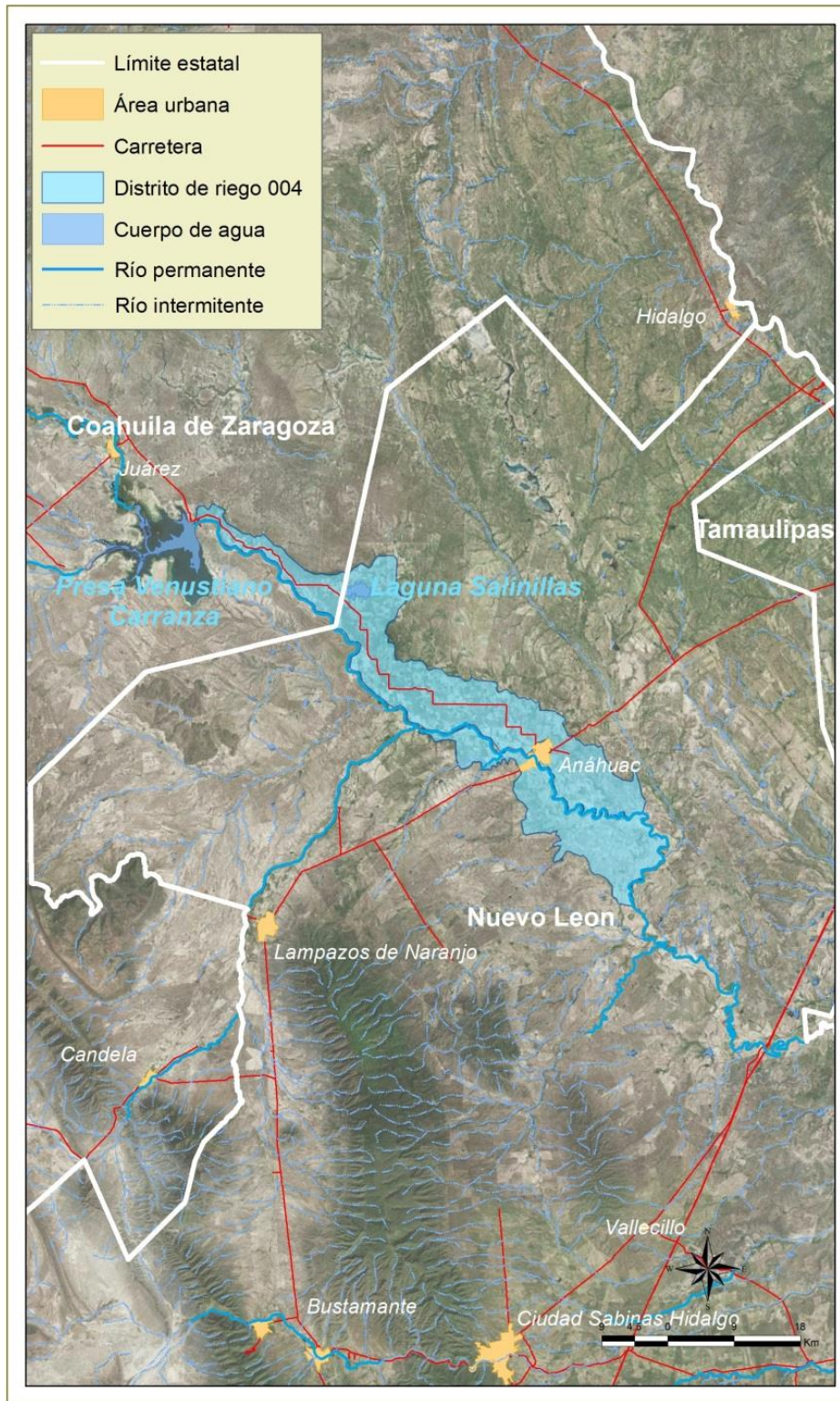
La zona de riego corresponde a una planicie ondulada que aumenta en altitud al poniente y disminuye paulatinamente hacia la cuenca del río Bravo. Esta observación se hace tomando como referencia Ciudad Anáhuac (cabecera del municipio de Anáhuac) que tiene una altitud de 189 m. Al poniente de esta población se localiza Don Martín, Coahuila, con altitud de 240 m, al suroeste Lampazos con altitud de 340 m y al noreste Nuevo Laredo, Tamaulipas, con altitud de 130 m (Ortega-Gaucin, 2011).

En el Mapa 5 se presenta la localización del DR 004 Don Martín, y en el Mapa 5 se muestra un plano general del distrito de riego 004.



Mapa 5. Localización del DR 004 Don Martín.

Fuente: Elaboración propia.



Mapa 6. Plano General del DR 004 Don Martín.

Fuente: Elaboración propia.

La infraestructura hidráulica con la que cuenta el DR 004 se resume en la Tabla 17 y destaca que su única fuente de agua es superficial (presa). A pesar de que la superficie regable es de 29,615.5 ha, en el año agrícola 2009-2010 la superficie cultivada fue de 10,108 ha.

Tabla 17. Infraestructura hidráulica del DR 004 Don Martín.

Infraestructura DR004 Don Martín	
1	Presa de almacenamiento. Venustiano Carranza . 1,312.86 hm ³ de capacidad
1	Vaso de regulación. Lagunilla de Salinillas . 19 hm ³ de capacidad (Se abastece de la Presa)
756 km	Canales de riego. Sólo 116.9 km están revestidos
	119.6 km Red principal
	637.7 km Red secundaria
3,908	Estructuras de operación y control
489.9 km	Drenes
	259 km Red principal
	239.9 km Red secundaria
875.5 km	Caminos
	292 km Revestidos de grava
	583.5 km Sin revestir

FUENTE: Elaboración propia con base en Ortega-Gaucin. D. (2011) y el inventario de presas (Conagua, 2012)

Asimismo, el volumen distribuido fue de 143 hm³ de los 215.8 hm³ concesionados. La eficiencia media en el riego se reporta del 35-40% con una lámina bruta de 141.6 cm. Un resumen de las eficiencias y pérdidas en la distribución del agua de uso agrícola en el DR 004 se muestra en la Tabla 18.

De acuerdo con el promedio registrado en la Tabla 18, la eficiencia en la distribución del agua para riego es de sólo el 42.9% debido al mal estado de conservación de la red de distribución. Por otro lado, de los 756 km de canales, sólo 116.9 km están revestidos, por lo que las pérdidas de agua por infiltración son altas. Las eficiencias en la aplicación del riego también son muy bajas (35-40%), resultando un escaso aprovechamiento del recurso.

La eficiencia en la distribución del agua desde la presa Venustiano Carranza hasta los usuarios es del 42.9%, produciéndose también pérdidas por fugas e infiltración de 128.2 hm³. A estas pérdidas en la distribución hay que sumarle las derivadas de la baja eficiencia en el riego por lo que la eficiencia final del volumen total de agua destinada al riego es solamente del 16%; por lo tanto la pérdida total de agua es de 188.83 hm³.

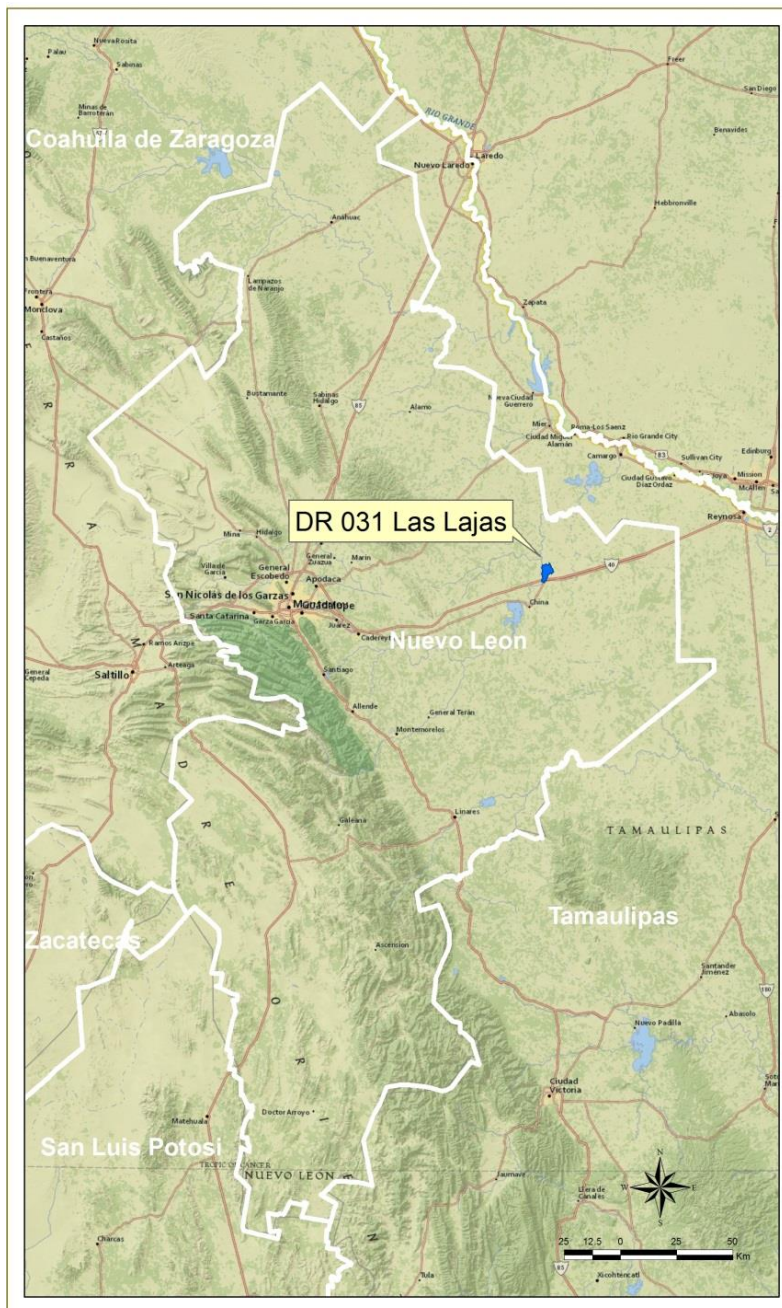
Tabla 18. Eficiencias y pérdidas en la distribución de agua para riego en el DR 004 Don Martín.

EFICIENCIAS Y PÉRDIDAS EN LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA PARA RIEGO EN EL DR004 Don Martín							
Año Agrícola	Volumen Bruto (hm ³)		Volumen Neto (hm ³)	Eficiencias (%)			Volumen Perdido Total (hm ³)
	Presa	Puntos de Control	Entregado a Usuarios	Presa a P.C.	P.C. a Usuarios	Total	
1985-86	83.4	62.7	31.4	75.1%	50.1%	37.6%	52.0
1986-87	193.5	144.6	84.3	74.7%	58.2%	43.5%	109.2
1987-88	314.2	262.3	152.6	83.4%	58.1%	48.5%	161.6
1988-89	438.8	357.8	191.3	81.5%	53.4%	43.5%	247.5
1989-90	312.9	264.4	122.3	84.4%	46.2%	39.0%	190.6
1990-91	295.8	234.7	127.8	79.3%	54.4%	43.1%	168.0
1991-92	270.7	220.9	115.8	81.6%	52.4%	42.8%	154.9
1992-93	314.8	254.5	148.1	80.8%	58.2%	47.0%	166.7
1993-94	317.8	247.7	140.8	77.9%	56.8%	44.2%	177.0
1994-95	111.2	86.7	42.0	77.9%	48.5%	37.8%	69.2
1997-98	41.0	35.4	14.9	86.4%	42.0%	36.3%	26.1
1999-00	210.8	141.2	84.9	66.9%	60.1%	40.2%	125.9
2004-05	142.2	92.0	52.1	64.7%	56.6%	36.6%	90.1
Promedio	224.8	176.9	96.6	78.7%	54.6%	42.9%	128.2

FUENTE: Ortega-Gaucin. D. (2011)

Distrito de Riego 031 Las Lajas

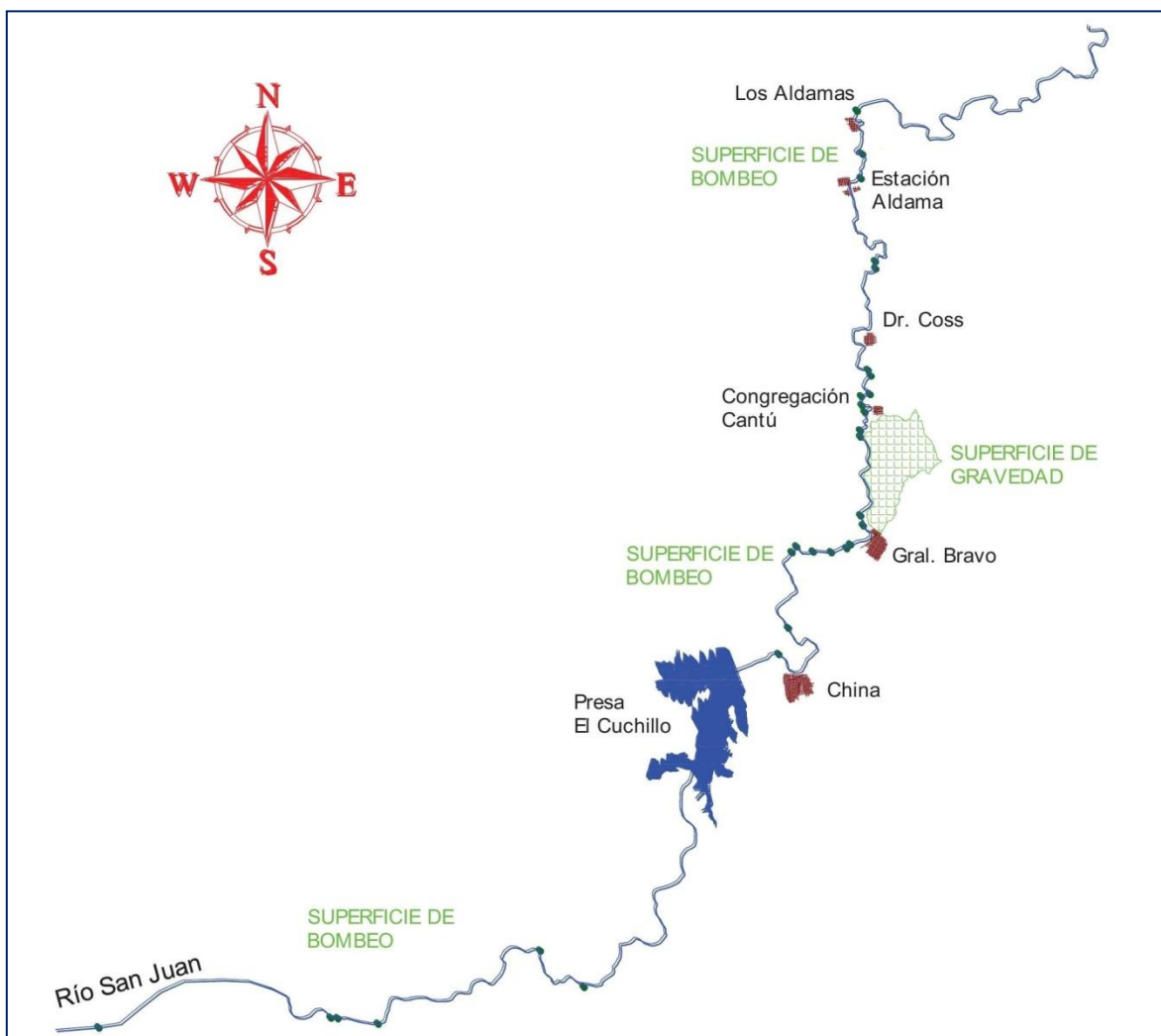
El distrito de riego 031 Las Lajas (DR 031) se encuentra ubicado en los municipios de General Bravo, Ramones, General Terán, China, Dr. Coss y Los Aldamas, estado de Nuevo León. Cuenta con superficies de riego por gravedad y de bombeos directos del río San Juan (Ortega-Gaucin, 2011). En el Mapa 7 se muestra un mapa de localización del DR 031 y en el Mapa 8 un plano general con su distribución.



Mapa 7. Localización del DR 031 Las Lajas.

Fuente: Elaboración propia.

La superficie dominada del distrito es de 4,059 ha, de las cuales se tiene como superficie regable 3,852 ha con 202 usuarios; 2,044 ha son de riego por gravedad y las restantes 1,808 ha se riegan mediante bombes directos del río San Juan en ambas márgenes del río.



Mapa 8. Plano general del DR 031 las Lajas

Fuente: Ortega-Gaucin. D. (2011)

La infraestructura hidráulica del DR 031 se resume en la Tabla 19. A diferencia del DR 004, este DR utiliza bombes directos desde la presa El Cuchillo lo que encarece la operación del distrito. De las 37 plantas de bombeo existentes, solo 9 se encuentran en operación. Lo anterior se ve reflejado en que de las 3,852 ha regables, únicamente 1,386 ha fueron cultivadas en el año agrícola 2009-2010 (EADR, 2011).

Tabla 19. Infraestructura hidroagrícola del DR 031 Las Lajas.

Infraestructura hidráulica DR0 31 Las Lajas	
1	Presa de almacenamiento. El Cuchillo (Solidaridad) , 1,123.14 hm ³ de capacidad
1	Presa derivadora. Las Lajas .
37	Plantas de bombeo directo del Rio San Juan(Todas de propiedad particular)
8	Plantas de bombeo están aguas arriba de la presa El Cuchillo
29	Plantas de bombeo están aguas abajo de la presa El Cuchillo
9	Pantas solamente están en operación
16.7 km	Canal principal
31.94 km	Red de distribución
17.11 km	Revestidos
14.83 km	Sin revestir
217	Estructuras en canales
19.98 km	Drenes (el 40% de la red requieren rehabilitación)
92.3 km	Caminos
49.5 km	Revestidos de gravilla y asfalto
42.8 km	Sin revestir
Fuente: Elaboración propia con base en Ortega-Gaucin. D. (2011) y el Inventario de Presas (Conagua, 2012)	

Las eficiencias de este Distrito de Riego en el uso del agua se resumen en la Tabla 20. Uno de los mayores problemas de este DR es la inversión para el bombeo, pues a pesar de tener 24 hm³ concesionados, el volumen de agua extraído de la presa El Cuchillo para el riego es en promedio 15.2 hm³.

En este DR la eficiencia en la distribución del agua es del 63.3% y su eficiencia es del 29.6%. Adicionalmente, la infraestructura de riego se reporta en malas condiciones. Con estos valores, tenemos una eficiencia final en el uso del agua para riego del 18.7%. Así pues, la pérdida total de agua es de 12.36 hm³, sobre los 15.2 hm³ que se le está entregando a los agricultores.

Tabla 20. Eficiencias y pérdidas en la distribución de agua para riego en el DR 031 Las Lajas.

Año Agrícola	Volumen Bruto (hm ³)		Volumen Neto (hm ³)	Eficiencias (%)			Volumen Perdido Total (hm ³)
	Presa	Puntos de Control	Entregado a Usuarios	Presa a P.C.	P.C. a Usuarios	Total	
2001-02	14.8	12.4	10.6	83.8%	85.5%	71.6%	4.2
2002-03	8.1	7.3	6.2	90.1%	84.9%	76.5%	1.9
2003-04	14.9	13.7	9.2	91.9%	67.2%	61.8%	5.7
2004-05	22.9	13.9	9.6	60.7%	69.1%	41.9%	13.3
2005-06	15.1	13.5	8.9	89.4%	65.9%	58.9%	6.2
2006-07	10.0	8.0	6.5	80.0%	81.3%	65.0%	3.5
2007-08	20.5	18.6	16.0	90.7%	86.0%	78.0%	4.5
2008-09	19.9	17.3	14.6	86.9%	84.4%	73.3%	5.3
2009-10	10.2	6.6	4.7	64.7%	71.2%	46.1%	5.5
Promedio	15.2	12.4	9.6	81.6%	77.5%	63.3%	5.6

FUENTE: Ortega-Gaucin. D. (2011)

VI.2 Uso eficiente del agua y eficiencia hídrica

De acuerdo con las estadísticas más recientes (EADR, 2011), el DR 004 reporta para año agrícola 2009-2010 una superficie cosechada de 10,108 hectáreas y una producción total de 106,470 toneladas de alimento con un rendimiento de 9.36 ton/ha. Su principal cultivo es el zacate Buffel que contribuye con el 65% de la producción, seguido de sorgo en grano (17%) y trigo en grano (10%). El valor de la cosecha para este año agrícola fue de \$180, 773,980 pesos.

Por su parte, el DR 031 para el mismo año agrícola, reportó una superficie cosechada de 1,386 hectáreas y una producción total de 6,744 toneladas de alimento con un rendimiento de 4.87 ton/ha. Su principal cultivo es sorgo en grano y el sorgo forrajero verde, que contribuyen con el 46% y 40% de la producción respectivamente. El valor de la cosecha para el año agrícola referenciado fue de \$ 9, 393,250 pesos. En la Tabla 21 se muestra el volumen de agua utilizado por tonelada de alimento producida en los DR 044 y 031 para el periodo 2004-2010.

El uso del agua por tonelada de alimento no es un indicador confiable pues cada cultivo tiene un requerimiento diferente de agua; por ejemplo, se sabe que los granos son los que mayor cantidad de agua requieren para su cultivo. Sin embargo, en el caso de estos dos distritos de riego es un ejercicio útil y gráfico que evidencia la baja eficiencia en el uso del agua. En promedio, el DR 004 utiliza 2,883 m³/ton de alimento producida aunque ningún cultivo requiere esta alta cantidad de agua.

Tabla 21. Volumen de agua utilizado por los distritos de riego de Nuevo León en el periodo 2004-2010

Distrito de Riego	Volumen de agua utilizado 2004-2005 (m ³ /ton)	Volumen de agua utilizado 2005-2006 (m ³ /ton)	Volumen de agua utilizado 2006-2007 (m ³ /ton)	Volumen de agua utilizado 2007-2008 (m ³ /ton)	Volumen de agua utilizado 2008-2009 (m ³ /ton)	Volumen de agua utilizado 2009-2010 (m ³ /ton)	Promedio (m ³ /Ton)	desviación estándar (±)
004 Don Martín	4887.92	4298.55	1397.42	3315.56	2057.61	1344.41	2883.58	1468.27
031 Las Lajas	2421.25	1660.94	2064.26	1799.28	2758.02	1513.49	2036.21	450.66

Fuente: Farell B.C.(2013)

Al comparar los volúmenes de agua utilizados con el rendimiento teórico y la eficiencia teórica establecida por la FAO (2011) que se resumen en la Tabla 22, se demuestra que existe una amplia área de oportunidad para mejorar la eficiencia en la infraestructura hidráulica de riego. Hacer un uso eficiente del recurso en la agricultura permite aumentar las hectáreas de riego o disponer de un importante volumen de agua para otros usos. Esta alternativa generaría beneficios adicionales a los productores y a la economía de Nuevo León.

Tabla 22. Datos teóricos de cultivos

Cultivo	Rendimiento teórico (Ton/Ha)	Rendimiento Promedio (Ton/Ha)	Eficiencia teórica (m ³ /Ton)	Eficiencia Promedio (m ³ /Ton)
Trigo	6 – 9	5.2 – 6.6	625 – 1250	1173
Maíz	6 – 9	2.56 – 7.2	625 – 1250	993
Sorgo	3.5 – 5	5.9	1000 – 1666	905
Alfalfa	75 – 125	75.7	500 – 666	524
Caña de Azúcar	50 – 150	73.8	125 – 200	319

Fuente: FAO (2011).

VI.3 Unidades de Riego

Las unidades de riego son áreas agrícolas que cuentan con infraestructura y sistemas de riego. Son distintas a los distritos de riego y generalmente de menor superficie que aquellos. Las unidades de riego pueden integrarse por asociaciones de usuarios u otras figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente para prestar el servicio de riego con sistemas de gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulica para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalajo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola (Conagua, 2009).

En general, las unidades de riego del país y del estado de Nuevo León presentan condiciones históricas y rezagos en: i) la organización de los usuarios; ii) la administración, operación y conservación de la infraestructura hidroagrícola; y iii) la inadecuada operación y escaso mantenimiento de las obras que propician el deterioro de dicha infraestructura (Conagua, 2009).

Se tienen registradas oficialmente 803 unidades de riego en Nuevo León, que ocupan una superficie total de 116,326 hectáreas y son operadas por 17,190 usuarios (Ortega-Gaucin, 2011).

En la Tabla 23 se resume la distribución de las Unidades de Riego por tipo de aprovechamiento de agua en el Estado de Nuevo León. En la Tabla 24 se muestra un resumen de la distribución de las Unidades de Riego por Municipio en el Estado de Nuevo León.

Tabla 23. Distribución de las Unidades de Riego por tipo de aprovechamiento de agua en el estado de Nuevo León

Tipo de Aprovechamiento	Nº de Unid.	Superficie (ha)			Número de Usuarios			Parcela Media (ha/usuario)		
		Ejidal	P.P.*	Total	Ejidal	P.P.*	Total	Ejidal	P.P.*	Total
Almacenamiento	24	7,338	2,207	9,545	1,081	225	1,306	6.8	9.8	7.3
Derivación	244	13,410	42,835	56,245	3,797	5,562	9,359	3.5	7.7	6.0
Derivación y Manan.	5	179	1,603	1,782	84	92	176	2.1	17.4	10.1
Derivación y Pozo	9	611	1,801	2,412	81	65	146	7.5	27.7	16.5
Manantial	50	1,316	4,920	6,236	661	1,120	1,781	2.0	4.4	3.5
Planta Bombeo	30	1,395	2,503	3,898	176	42	218	7.9	59.6	17.9
Pozo Profundo	441	14,223	21,985	36,208	3,598	608	4,206	4.0	36.2	8.6
Total	803	38,472	77,854	116,326	9,478	7,714	17,192	4.1	10.1	6.8

*P.P. = Pequeña Propiedad

Fuente: Directorio oficial de unidades de riego proporcionado por el organismo de cuenca Rio Bravo (Conagua, 2011).

Tabla 24. Distribución de las Unidades de Riego por municipio en el estado de Nuevo León

Distribución de las Unidades de Riego por municipio en el estado de Nuevo León										
MUNICIPIO	Nº de Unid.	Superficie (ha)			Número de Usuarios			Parcela Media		
		Ejidal	P.P.*	Total	Ejidal	P.P.*	Total	Ejidal	P.P.*	Total
Abasolo	2	0	291	291	0	34	34	0.0	8.6	8.6
Agualeguas	9	102	1,724	1,826	17	108	125	6.0	16.0	14.6
Allende	12	112	865	977	28	338	366	4.0	2.6	2.7
Anáhuac	12	550	978	1,528	60	16	76	9.2	61.1	20.1
Apodaca	25	72	5,135	5,207	16	592	608	4.5	8.7	8.6
Aramberri	36	2,954	1,030	3,984	1,594	712	2,306	1.9	1.4	1.7
Bustamante	1	47	1,078	1,125	47	281	328	1.0	3.8	3.4
Cadereyta Jiménez	25	1,699	4,948	6,647	528	339	867	3.2	14.6	7.7
Carmen	3	0	515	515	0	77	77	0.0	6.7	6.7
Cerralvo	13	20	2,350	2,370	1	200	201	20.0	11.8	11.8
Ciénega de Flores	2	36	44	80	29	11	40	1.2	4.0	2.0
Doctor Arroyo	4	581	0	581	180	0	180	3.2	0.0	3.2
Doctor González	4	0	733	733	0	94	94	0.0	7.8	7.8
Galeana	192	11,613	10,763	22,376	2,530	428	2,958	4.6	25.1	7.6

Distribución de las Unidades de Riego por municipio en el estado de Nuevo León										
MUNICIPIO	Nº de Unid.	Superficie (ha)			Número de Usuarios			Parcela Media		
		Ejidal	P.P.*	Total	Ejidal	P.P.*	Total	Ejidal	P.P.*	Total
García	6	296	1,097	1,393	101	332	433	2.9	3.3	3.2
Garza García	1	0	301	301	0	23	23	0.0	13.1	13.1
General Escobedo	1	1,579	0	1,579	188	0	188	8.4	0.0	8.4
General Terán	64	6,293	5,722	12,015	758	342	1,100	8.3	16.7	10.9
General Treviño	4	0	968	968	0	138	138	0.0	7.0	7.0
General Zaragoza	13	0	449	449	0	327	327	0.0	1.4	1.4
General Zuazua	6	150	978	1,128	32	137	169	4.7	7.1	6.7
Guadalupe	4	191	1,105	1,296	41	92	133	4.7	12.0	9.7
Hualahuisés	13	219	2,194	2,413	68	332	400	3.2	6.6	6.0
Lampazos de Nar.	5	324	70	394	101	115	216	3.2	0.6	1.8
Linares	62	6,626	5,700	12,326	1,900	274	2,174	3.5	20.8	5.7
Los Herrera	1	0	248	248	0	33	33	0.0	7.5	7.5
Los Ramones	13	266	4,550	4,816	89	193	282	3.0	23.6	17.1
Marín	2	0	822	822	0	109	109	0.0	7.5	7.5
Melchor Ocampo	1	0	305	305	0	34	34	0.0	9.0	9.0
Montemorelos	83	401	7,658	8,059	90	580	670	4.5	13.2	12.0
Paras	2	0	270	270	0	43	43	0.0	6.3	6.3
Pesquería	20	1,794	5,170	6,964	457	465	922	3.9	11.1	7.6
Rayones	58	563	1,128	1,691	267	539	806	2.1	2.1	2.1
Sabinas Hidalgo	29	712	2,285	2,997	133	105	238	5.4	21.8	12.7
Salinas Victoria	5	378	941	1,319	71	85	156	5.3	11.1	8.5
Santiago	3	0	109	109	0	64	64	0.0	1.7	1.7
Vallecillo	65	658	5,230	5,888	93	114	207	7.1	45.9	28.4
Villaldama	2	236	100	336	59	8	67	4.0	12.5	5.0
Total	803	38,472	77,854	116,326	9,478	7,714	17,192	4.1	10.1	6.8
*P.P. = Pequeña Propiedad										
Fuente: Directorio oficial de unidades de riego proporcionado por el organismo de cuenca Rio Bravo (Conagua, 2011).										

Con el propósito de realizar una mejor gestión del agua y de todos los posibles apoyos para la producción agrícola que en un momento dado obtengan a través de los programas federales o estatales, los usuarios de las unidades de riego pueden estar organizados y formar Asociaciones Civiles (AC), las cuales a su vez pueden agruparse para formar Sociedades de Responsabilidad Limitada (SRL). En el estado de Nuevo León existen solamente dos Sociedades de Responsabilidad Limitada, una conformada por las AC del río Conchos y otra por las del río Pesquería, que en conjunto suman a un total de 858 usuarios y abarcan una superficie de riego de 14,857 hectáreas (Ortega-Gaucin, 2011). A continuación se presenta un diagnóstico de las principales características de cada una de estas Sociedades.

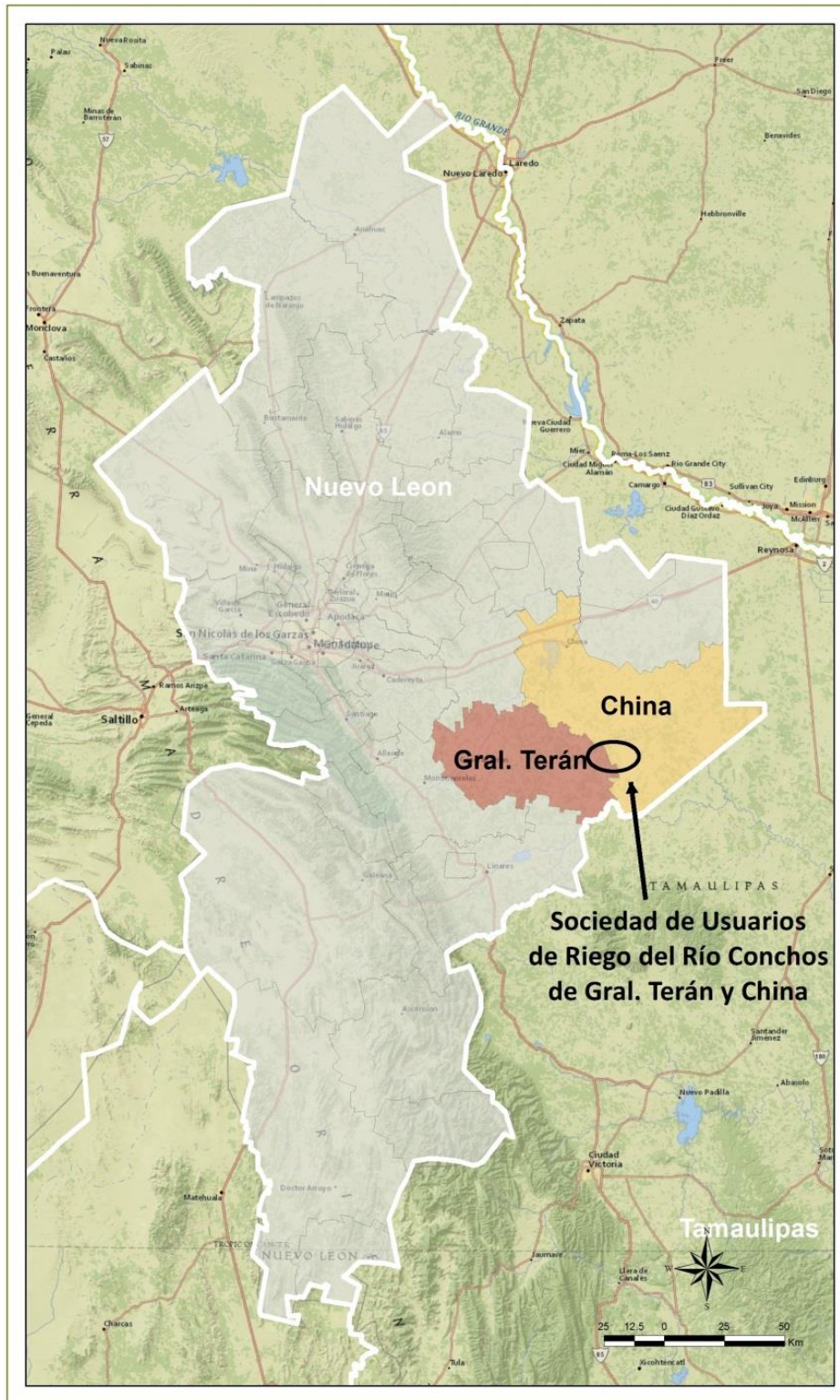
Sociedad de Usuarios de Riego del Río Conchos:

Las unidades de riego que conforman la Sociedad de Usuarios del Río Conchos (también conocido como río San Fernando) se ubican en los municipios de General Terán y China. Esta Sociedad cuenta en su conjunto con una superficie de 4,686.7 hectáreas y beneficia a 401 usuarios. En el Mapa 9 se muestra la localización de la zona de riego de la SRL Los Conchos.

Este grupo de productores cuenta con un antecedente importante de un plan piloto de la iniciativa privada y productores que se consideró como ejemplo nacional hace algunos años. Se realizó el proyecto con grandes inversiones de la empresa Gamesa S.A. de C.V. y del gobierno para modernizar, capacitar y contratar personal especializado, maquinaria, sistemas de riego, bodegas, etc. Lamentablemente, con el final del sexenio presidencial, Gamesa S.A. de C.V. se retiró de la zona, por lo que no se consiguieron la totalidad de los objetivos. Los agricultores conservaron los sistemas de riego instalados pero actualmente carecen de recursos para su mantenimiento.

La superficie de riego del SRL Río Conchos es de 4,686.7 hectáreas y cuenta con un volumen concesionado de 25 hm³. La eficiencia en la red principal es sólo del 40%, mientras que en las redes laterales y sub-laterales son de un 85%. Actualmente tiene una eficiencia media en el riego del 80% misma que, debido al mal estado de conservación de las instalaciones y equipos de riego, comienza a disminuir (Ortega-Gaucin. D., 2011).

En la Tabla 25 se muestra un resumen de la infraestructura hidráulica con la que cuenta el SRL Río Conchos.



Mapa 9. Localización de la zona de riego de la SRL Los Conchos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Infraestructura hidráulica de la SRL del Río Conchos.

Infraestructura SRL del Río Conchos	
1	Presa de almacenamiento. José S. Noriega . 30 hm ³ de capacidad
10	Plantas de bombeo del canal principal Vaquerías
24.4 km	Canal principal Vaquerías (sin revestir)
146.9 km	Red de distribución
	107 km Entubados con tubería de PVC
	39.9 km Excavados en tierra
0	Estructuras de medición
Fuente: Elaboración propia con información del IANL y el inventario de presas (Conagua, 2012)	

En la Tabla 26 se resumen las eficiencias de conducción y aplicación en el SRL del Río Conchos. La eficiencia final en el aprovechamiento del agua para el riego es de un 56%, por lo que existe una pérdida en el volumen de agua concesionada para el riego de 11 hm³.

De acuerdo con los datos, la red principal es la que presenta una mayor oportunidad para aumentar la eficiencia en el uso del recurso. La baja eficiencia se debe a que es un canal a cielo abierto sin revestir. Un alto porcentaje de las redes laterales y sub-laterales se encuentran entubadas, por lo que las pérdidas por evaporación e infiltración se reducen y su eficiencia es del 80-90%.

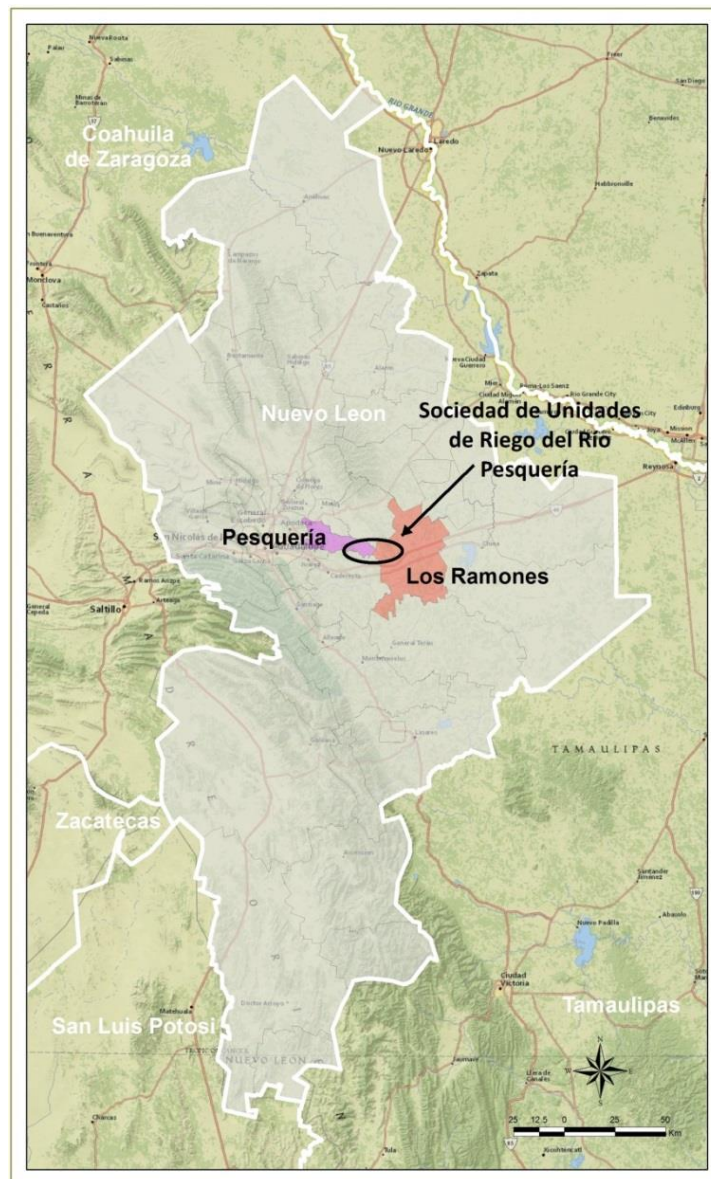
Tabla 26. Eficiencias de conducción y aplicación en el SRL del Río Conchos.

EFICIENCIAS DE CONDUCCIÓN Y APLICACIÓN EN SRL del Río Conchos					
Asociación Civil	Eficiencias (%)				
	Conducción			Aplicación	Global
	Red Principal	Red lateral	Red Sub-lateral		
Asociación de Usuarios de Riego La Barreta	40%	80%	80%	85%	57%
Usuarios de la Unidad de Riego San José de Vaquerías	40%	90%	90%	75%	55%
Promedio	40%	85%	85%	80%	56%
Fuente: Elaboración propia con base en Ortega-Gaucin. D. (2011)					

Sociedad de Unidades de Riego del Río Pesquería

Las unidades de riego que conforman la Sociedad de Unidades de Riego (SUR) del Río Pesquería se encuentran ubicadas en los municipios de Los Ramones y Pesquería, en el Estado de Nuevo León. La sociedad cuenta con una superficie de 10,170 hectáreas y beneficia a 457 usuarios.

El río Pesquería fue durante algún tiempo uno de los ríos más contaminados del país. Sin embargo, con la construcción de tres plantas de tratamiento de aguas residuales que dan servicio a la ciudad de Monterrey y a una parte de su zona metropolitana, el agua ha mejorado notablemente su calidad, clasificándose como de buena calidad para riego conforme a la norma NOM-003-ECOL-1997 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se vuelvan a usar en servicio al público.



Mapa 10. Localización de la Sociedad de Unidades de Riego del Río Pesquería.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 27 se resume la infraestructura hidráulica con la que cuenta la SUR del Río Pesquería. El recurso proviene de cuatro presas reguladoras a través de canales excavados en tierra. Esta SUR cuenta con estructuras de medición y un dren superficial que resulta insuficiente al presentarse frecuentes inundaciones.

Tabla 27. Infraestructura hidráulica de la Sociedad de Unidades de Riego del Río Pesquería.

Infraestructura de la SUR del Río Pesquería	
4	Presas derivadoras
52.6 km	Canales principales
57.9 km	Canales laterales
18.9 km	Canales sub-laterales
	3.7 km Canales revestidos
	132.1 km Canales excavados en tierra
399	Estructuras de regulación y distribución (Tomas laterales y directas)
3	Estructuras de protección
	2 Desfogues
	1 Caída
18	Estructuras de medición
	15 Distribuidores
	3 Estructuras de aforo
115 km	Caminos de servicio
7 km	Dren superficial
Fuente: Elaboración propia con información de Ortega-Gaucin. D. (2011)	

Las eficiencias que presenta el Río Pesquería son de 55-60% tanto en la red principal como en la lateral (Tabla 28). La baja eficiencia se debe a la falta de revestimiento en los canales. Esta es una obra relativamente sencilla de realizar y que aumentaría de manera importante la eficiencia en el uso del agua reportando beneficios económicos, sociales y liberando un caudal de hasta 52.8 hm³ anuales que puede ser utilizado para regar una mayor superficie o para otros usos.

Tabla 28. Eficiencias de conducción y aplicación de la Sociedad de Unidades de Riego del Río Pesquería.

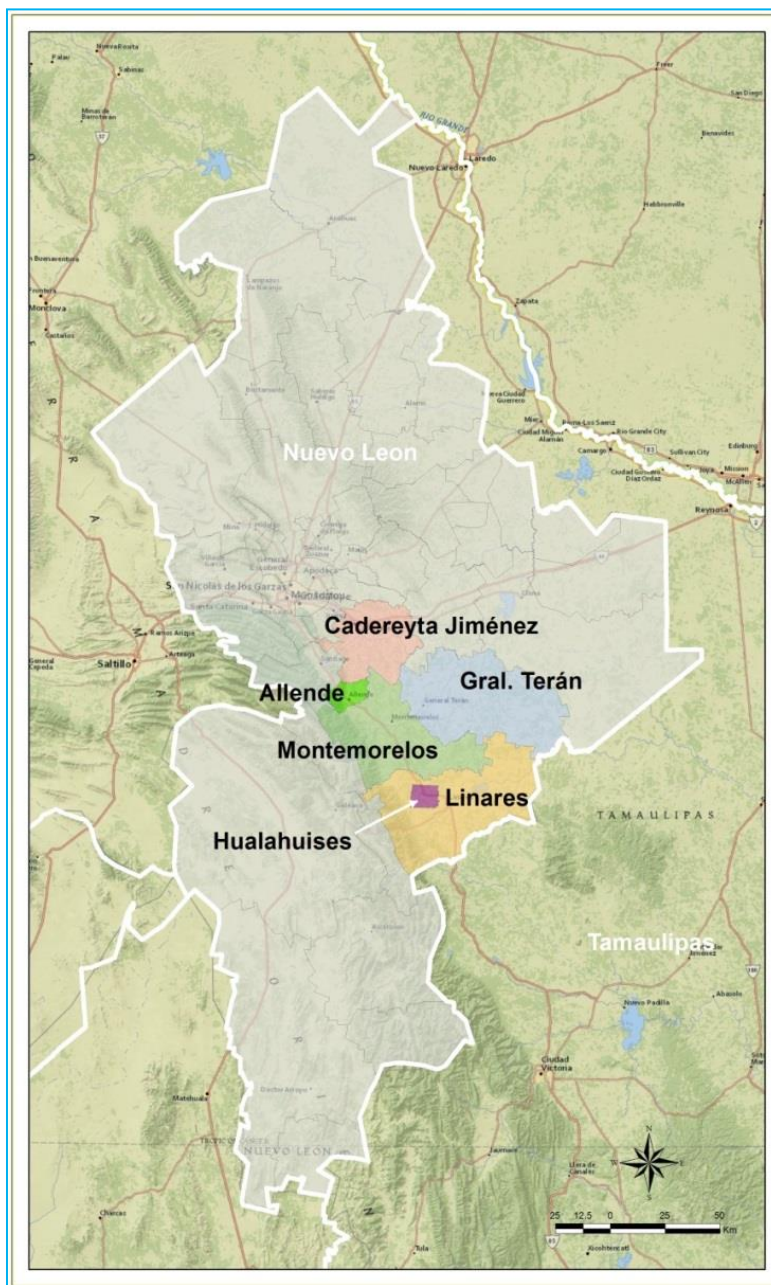
Asociación Civil	Eficiencias (%)			
	Conducción		Aplicación	Global
	Red Principal	Red lateral		
Asociación de Regantes de Santa María	55%	55%	40%	25.3%
Asociación de Regantes de San Isidro	60%	60%	40%	25.3%
Unidad de Riego Santa Fe	60%	60%	40%	25.2%
Unidad de Riego Los Higueros	55%	55%	35%	27.6%
Promedio	57.5%	57.5%	45.0%	25.3%
Fuente: Ortega-Gaucin. D. (2011)				

VI. 4 Región citrícola

La región citrícola del Estado de Nuevo León es reconocida en México por ser cuna del cultivo de los cítricos (naranja, mandarina y toronja). El Estado ocupa un lugar destacado en este rubro, tanto por la superficie destinada a su cultivo como por el volumen y la calidad de la fruta cosechada, características que lo ubican en el sexto lugar a nivel nacional.

Esta región está conformada principalmente por los municipios de Linares, Allende, Montemorelos, Hualahuises, General Terán y Cadereyta Jiménez, los cuales se ubican en la parte central del Estado. En conjunto, estos municipios conforman la zona citrícola, con aproximadamente 4,836 huertas establecidas en 30,336 hectáreas (Ortega-Gaucin, 2011).

Se encuentra en la provincia fisiográfica “Llanuras costeras del Golfo”, a una altitud media de 500 msnm, su orografía está compuesta por lomeríos de pendientes suaves y planicies.



Mapa 11. Municipios que integran la región citrícola de Nuevo León.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 29 se presenta un resumen de la infraestructura hidráulica con la que cuenta la región citrícola de Nuevo León. Destaca la diversidad de fuentes superficiales que distribuyen el agua por gravedad. Adicionalmente se cuenta con concesiones de agua subterránea y manantiales para regar una superficie de 25,201 hectáreas (Tabla 30).

Tabla 29. Infraestructura hidráulica de la Región Citrícola.

Infraestructura Región Citrícola	
5	Presa de almacenamiento. 300 hm ³ Cerro Prieto 3 hm ³ La Estrella 1.30 hm ³ El Petril 30 hm ³ Los Mimbres (José S. Noriega) 2.23 hm ³ Los Cristales
7	Derivación ríos Ramos Pilón San Juan Pesquería Potosí Camacho Pablillo
6	Derivación arroyos Mohinos El Encadenado El Salado El Pomona San Lorenzo San Fernando
Fuente: Elaboración propia con base en Ortega-Gaucin. D. (2011) y el inventario de presas (Conagua, 2012) y Contreras Delgado. C. (2007)	

Tabla 30. Fuentes de abastecimiento de agua para riego en la superficie citrícola.

Fuente de abastecimiento de agua para riego en la superficie citrícola				
Superficie (ha)				
Pozo Profundo	Derivación	Mixto	Manantial	Total
11,738	8,788	3,924	751	25,201
FUENTE: Ortega-Gaucin. D. (2011)				

En la Tabla 31 se resumen los diferentes sistemas de riego existentes en la región citrícola y su eficiencia. Este es un caso aplicado muy claro de la importancia que tiene la infraestructura de riego tecnificado: el riego por goteo y micro aspersión son sistemas que permiten hacer un uso eficiente del agua. Esta es una alternativa más que tiene el Estado de Nuevo León para invertir en

infraestructura hidráulica que aumente la eficiencia comercial de la región citrícola o libere un caudal disponible a otros usos.

Tabla 31. Sistemas de riego en la región citrícola.

Región Citrícola				Eficiencia media en el riego (%)
Superficie de Riego (ha)	Sistema de Riego empleado			
	Superficie (%)	Sistema empleado	Eficiencia (%)	
25,201	71%	Gravedad	30%	47%
	24%	Micro-Aspersión	95%	
	2.7%	Aspersión Directa	65%	
	1.2%	Goteo	95%	

Fuente: Elaboración propia con información de Ortega-Gaucin. D. (2011)

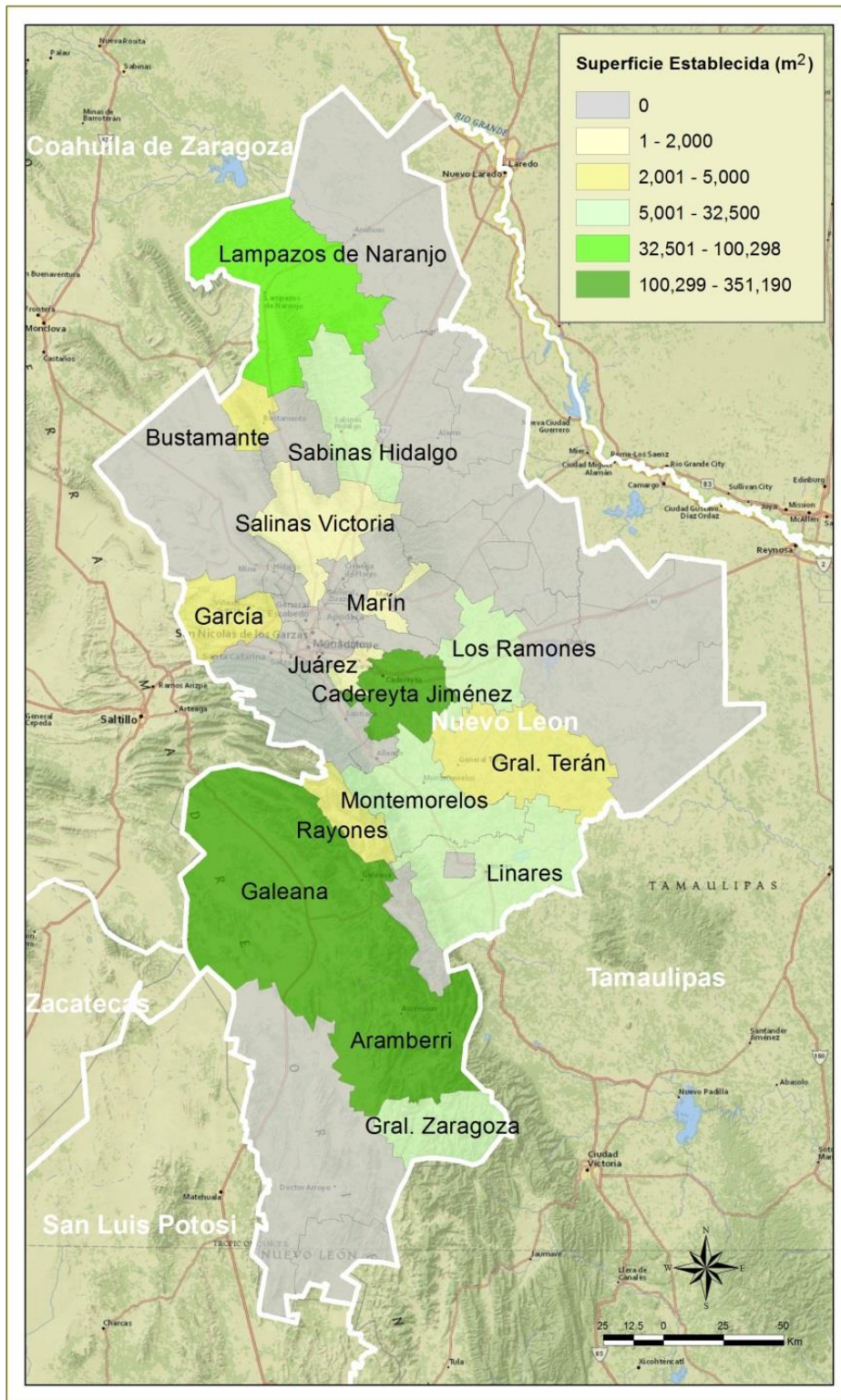
VI. 5 Agricultura protegida

Una de las principales estrategias de innovación en el sector agropecuario por parte del Gobierno del Estado de Nuevo León para detonar regiones rurales marginadas e impulsar la tecnificación y reconversión productiva, es el establecimiento de empresas de agricultura protegida que utilicen sistemas de producción bajo invernadero con cultivos de alto valor comercial. Esto reconvertiría superficies de agricultura tradicional a superficies de producción intensiva, destacando el establecimiento de tecno-parques privados y sociales con visión empresarial (CDANL-SAGARPA, 2011).

El Estado de Nuevo León cuenta actualmente con 255 invernaderos con una superficie productiva de 927,586 m², ubicados principalmente en el sur de la entidad. Estos invernaderos se distribuyen en 5 tecno-parques que tienen en total 185 invernaderos, además de 70 invernaderos independientes.

La mayor proporción de la superficie cubierta con invernaderos (76%) se encuentra en el sur del Estado, principalmente en los municipios de Galeana, Aramberri y General Zaragoza. En la región centro se localiza el 19% de la superficie cubierta destacando los municipios de Cadereyta, Linares y Montemorelos; el 5% restante se ubica en el norte de la entidad, en los municipios de Sabinas Hidalgo, Los Ramones y Bustamante, principalmente (Ortega-Gaucin, 2011).

En el Mapa 12 se presenta un mapa de Nuevo León con la superficie de los invernaderos.



Mapa 12. Superficie de invernaderos en Nuevo León.

Fuente: Elaboración propia

La agricultura protegida se plantea como una de las mejores alternativas en regiones expuestas a periodos largos y recurrentes de sequía, como es el caso de Nuevo León, pues la eficiencia en el uso del agua para riego es del 95%. Asimismo, ofrece una producción intensiva, proporcionando mayores rendimientos de las cosechas y mejor calidad.

En la Tabla 32 se muestra un resumen de la infraestructura y superficie cubierta por invernaderos.

Tabla 32. Infraestructura de la Agricultura Protegida.

Infraestructura de la agricultura protegida		
Región / Municipio	Infraestructura	
	Nº Inst.	Sup. Cubierta (m ²)
Norte		
Bustamante	2	2,610
Los Ramones	1	20,000
Sabinas Hidalgo	4	22,750
Subtotal	7	45,360
Centro		
Abasolo	1	5,000
Cadereyta	23	100,289
General Escobedo	2	2,000
General Terán	1	5,000
Juárez	1	144
Linares	5	32,500
Marín	1	1,000
Montemorelos	5	29,300
Salinas Victoria	1	1,654
Subtotal	40	176,887
Sur		
Aramberri	141	329,340
Galeana	59	351,190
General Zaragoza	7	19,800
Rayones	1	5,000
Subtotal	208	705,330
Total Estatal	255	927,577
Fuente: Ortega-Gaucin. D. (2011)		

VII. Conservación de fuentes locales de agua

Una de las principales tendencias encontradas en la revisión de cuatro estudios de gestión del agua en ciudades grandes (Adelaide, Phoenix, San Antonio y San Diego), es el retorno a las opciones locales de agua (Richter *et al.*, 2013). Hacia finales del siglo XX, las importaciones de agua comenzaron a examinarse con mayor detenimiento por sus impactos y costos, y este análisis se ha convertido en un estímulo para que las ciudades recurran a la conservación local del agua en lugar de considerar las importaciones.

Asegurar recursos de agua bruta local, es una condición previa para la solución de otros problemas de agua como el abastecimiento y saneamiento aguas abajo. El estudio sobre los recursos de agua en Europa (Collins *et al.*, 2010), concluye que la expansión continuada de los embalses y trasvases no es particularmente sustentable a largo plazo y que generan elevados impactos ambientales negativos. Con base en un amplio análisis de las fuerzas motrices del uso del agua, el estudio concluye que es fundamental la aplicación de los criterios de demanda basados en la eficiencia y la conservación. Como en otros casos, se hace énfasis en el papel del precio del agua como parte de las estrategias de regulación de la demanda. Al respecto, Fernández (2010) comenta que uno de los principales instrumentos de gestión pública del agua es la estructura tarifaria, que funciona como motor para definir hábitos de consumo y cumplir funciones distributivas y ambientales.

Por su parte, la WWF (2007) realizó un estudio sobre el impacto de los trasvases de agua inter-cuencas, en el que se muestra su riesgo económico, además de los significativos costos sociales y ambientales que afectan tanto a la cuenca que proporciona el agua como a la que recibe. El estudio concluye que es raro que los trasvases inter-cuencas satisfagan la demanda de agua con una buena relación costo-eficacia. Afirma también que en muchos casos este tipo de iniciativas, lejos de propiciar un uso más eficiente del agua, contribuye a fomentar el derroche: *lo que sabemos de los trasvases hasta la fecha debería bastar para que suenen todas las alarmas cuando un gobierno considera este tipo de proyecto* (WWF, 2007).

La experiencia de TNC a través de los Fondos de Agua ha mostrado, en muchas regiones de América Latina, América del Norte, Asia y África, que la inversión en conservación y restauración de ecosistemas proveedores de agua es efectiva para mantener fuentes locales de abastecimiento. Las modelaciones hidrológicas realizadas por TNC para el Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey (León *et al.*, 2014), que consideran las relaciones temporales entre los aportes de agua superficial y subterránea, y las características geo-hidrológicas de las áreas proveedoras de agua, muestran que mediante acciones de protección y restauración de la cubierta vegetal en la cuenca alta del Río Santa Catarina y el Cañón de Huajuco, se tiene un potencial total de retención de agua de lluvia sobre las áreas de recarga de hasta 29 Mm³ anuales. Lo anterior se conseguirá paulatinamente, en función del ritmo de intervenciones. Adicionalmente, el agua permanecerá más tiempo en la parte alta de las cuencas y estaría disponible para procesos ecológicos que sustentan la biodiversidad regional.

La restauración de las cuencas con infraestructura verde genera al mismo tiempo el beneficio de reducción de caudales extremos en volumen y velocidad, y minimiza el riesgo y la intensidad de las inundaciones como las que han afectado a la ZMM por la presencia de ciclones tropicales. Al respecto, el CENAPRED (2007), afirma que los ciclones tropicales juegan un papel importante en la distribución de la lluvia en nuestro país, consiguiendo que las zonas áridas y semiáridas puedan beneficiarse de lluvias excedentes al recargarse importantes acuíferos.

En los estudios realizados por TNC para el FAMM (León *et al.*, 2014), para la determinación de las áreas de mayor importancia para la recarga de los acuíferos “Campo de Buenos Aires”, y del “Campo Cañón del Huajuco”, se obtuvieron los siguientes resultados preliminares de rendimiento hídrico por región (Tabla 33).

Tabla 33. Rendimiento hídrico contra áreas de captación e infiltración en la ZMP

Regiones ZMP	Extensión – Has.		Lamina de Rendimiento Hídrico promedio anual – mm/año (resultados Invest ⁸)			Rendimiento Hídrico Anual – Mm ³ /año (estimado en base resultados Invest)	
	Área de captación – límite de cuenca hidrográfica	Área de recarga acuíferos Geología de caliza en la cuenca	Mínimo	Maximo	Promedio	Rendimiento Hídrico total anual	Rendimiento Hídrico total anual en áreas de recarga
Topochico Y Mitras	3,923	3,638	145	404	255	10	9
Obispo	4,148	3,193	118	396	237	10	8
Huajuco	21,686	8,184	237	921	644	140	53
La Silla	10,078	3,225	164	685	384	39	12
Santa Catarina	100,090	51,593	99	838	348	348	179

Fuente: León, *et al.*, 2014.

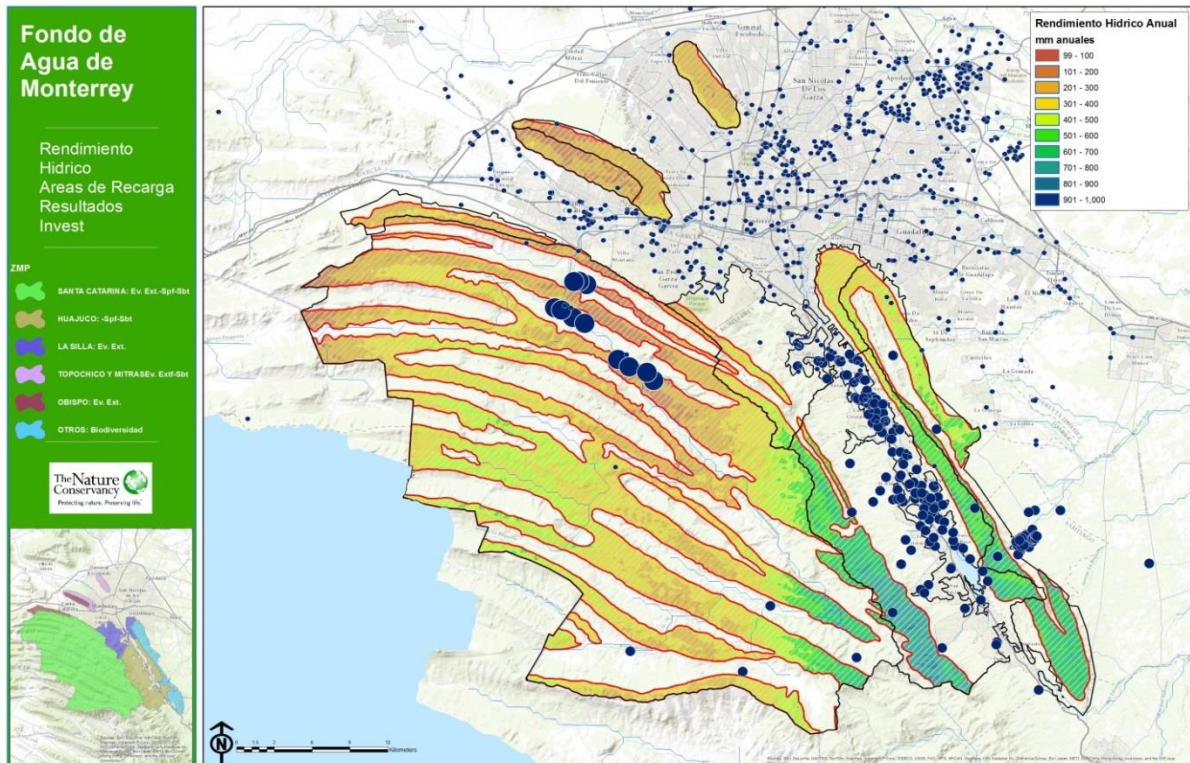
La hidrogeología del Campo Cañón del Huajuco, por otra parte, está influenciada por pliegues anticlinales y sinclinales de predominante dirección norte-sur, constituidos por rocas sedimentarias marinas cretácicas. Comparte varias de las formaciones identificadas en el Campo Buenos Aires, exceptuando las formaciones compuestas de lutitas, predominante en la zona central del valle, y las compuestas por conglomerado. La presencia de estas lutitas en gran parte del subsuelo confiere baja permeabilidad a la zona del valle donde no se encuentren fracturadas y son la unidad con mayor proporción de área en las zonas planas (León *et al.*, 2014).

Las áreas de calizas en las partes altas constituyen las zonas de recarga, funcionando como un acuífero de libre captación, donde el agua es conducida a la porción confinada de las calizas, dando origen al acuífero a presión del Campo Buenos Aires (Conagua, 2009a).

⁸ La modelación hidrológica *InVest* se empleó para discriminar los rendimientos hídricos anuales al interior de la ZMP. La finalidad de esta modelación fue proseguir con la priorización espacial de los sitios de trabajo en aquellas zonas donde los rendimientos hídricos, correspondientes al volumen de agua disponible para procesos de escurrimiento superficial e infiltración hacia mantos acuíferos, fuese la mayor posible.

InVest utiliza un modelo de paso de tiempo anual, basado en datos de entrada meteorológicos de paso mensual derivados de promedios multianuales. Este es un modelo de base en malla o en retícula que resume el volumen de agua rendido para las áreas de interés del estudio, cuencas o límites de acuíferos, mediante la determinación del volumen de agua que escurre de cada pixel o punto de la malla como la precipitación menos la fracción de agua que se evapotranspira. Este modelo no diferencia entre escurrimientos superficiales, flujos sub-superficiales y de base, por el contrario, asume que toda el agua que escurre de un pixel llegará al punto de interés para la estimación del volumen de agua siguiendo alguna de estas rutas. Considerando lo anterior, las áreas de la ZMP fueron delimitadas mediante límites de (sub)cuencas. La modelación se realizó con base en *InVEST 2.6.0 User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford* (Tallis *et al.*, 2013).

Para ambos acuíferos se ha determinado que las áreas de calizas, o de geología kárstica, son las de mayor potencial de infiltración, constituyéndose en las principales áreas de recarga, otorgándole a estos acuíferos su característica de libre a semi-confinado.



Mapa 13. Rendimiento hídrico superficial anual en áreas de recarga de calizas cretácicas y jurásicas y pozos registrados por la CONAGUA

Fuente: León *et al.* (2014)

Si bien este estudio preliminar se realizó para determinar la Zona de Máximo Potencial (ZMP), la magnitud de los valores obtenidos, anima a llevar a cabo acciones de conservación para el incremento de la recarga de los acuíferos.

En un escenario muy conservador, el Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey podría intervenir alrededor de 3,000 ha para el año 2020 y alcanzar las 6,000 ha en 2025. Aunque el volumen de recarga varía dependiendo del tipo de acciones y sitios, con las métricas desarrolladas hasta ahora, se estima que por cada 1,000 ha intervenidas con obras de conservación, se conseguirían 636,520.00 m³ de recarga.

Tabla 34. Retención estimada de agua por intervenciones del FAMM.

Previsión de la actuación	Superficie intervenida (ha)	Recarga Mm ³
Año 2020	3,000	1.91
Año 2025	6,000	3.82

VIII. Mejorando eficiencias de uso en el sector agrícola

Como ya se mencionó, los principales consumos de agua en el Estado de Nuevo León son para uso agrícola (64.1%) y para uso público urbano (24.8%), como se refleja en la . Estos dos sectores emplean el 88.9% del total del agua demandada por la entidad federativa y en ambos, se considera posible realizar esfuerzos para mejorar el nivel de eficiencia y lograr ahorros importantes.

A continuación se analizan algunas alternativas que permiten mejorar la eficiencia en el uso del agua, sin embargo se recomienda explorar más el amplio abanico de opciones existentes.

El sector agrario, y más concretamente la agricultura de regadío, actualmente está en una situación crítica: por una parte la infraestructura está en muy mal estado o en franco abandono), y por otro es urgente la tecnificación del riego y la formación de los agricultores.

En el DR 004 Don Martín, la eficiencia en la distribución del agua para riego es sólo del 42.9%. Esta baja eficiencia se traduce en la pérdida de 128.2 hm³/año durante la conducción del agua desde la presa de almacenamiento Venustiano Carranza hasta el Distrito de Riego y cuando el agricultor realiza el riego, la falta de tecnificación de los sistemas de riego hace que las eficiencias estén entre el 35 y 40%, es decir, que la eficiencia total en el uso del agua es del 16%. Lo que equivale a una pérdida de 188.83 Mm³/año.

En el DR 031 Las Lajas, la eficiencia en la distribución del agua para riego es del 63.3%, ocasionándose una pérdida de 5.6 hm³/año, una vez que el Distrito de Riego, el mal estado de conservación de la infraestructura y la poca tecnificación del riego existente hacen que la eficiencia media en el riego sea del 29.6%. En consecuencia, la eficiencia total en el uso del agua es del 18.7%, lo que produce una pérdida de 12.36 Mm³/año.

En México existen diversos apoyos de SAGARPA, programas de tecnificación de riego de Conagua, planes e incluso catálogos de obras y prácticas de conservación de suelo y agua para incrementar la eficiencia en el uso del agua agrícola.

En Nuevo León, se ha estimado que con diversos proyectos en el sector hidroagrícola, se podría recuperar el 66% de los 820 millones de metros cúbicos de déficit de agua estimados para el 2030 en la entidad⁹.

Con base en las características del sector agrícola en Nuevo León, se han identificado dos mecanismos para evitar pérdidas del recurso hídrico en esta entidad:

- a) **Recubrimiento de canales:** Evitar las pérdidas que se están produciendo en la distribución del agua para riego, debido principalmente al mal estado de los canales y a que en su mayoría son excavados en tierra. El recubrimiento es una buena alternativa para reducir las pérdidas. Actualmente existen nuevos materiales capaces de ofrecer soluciones a un costo relativamente bajo y con plazos de ejecución de obra cortos, como puede ser el empleo de geotextil y geomembrana de PVC para la impermeabilización de los canales.



Imagen 1. Impermeabilización de un canal con geotextil y geomembrana de PVC.

- b) **Infraestructura de riego hidroagrícola:** Se refiere a la tecnificación y adecuación de los sistemas de riego empleados. Los canales de distribución del agua dentro de los distritos de riego también son en su mayoría excavados en tierra. Para que un sistema de riego rodado (el sistema empleado mayoritariamente y que es el de menor eficiencia) sea eficaz, se debería en

⁹ Presentación del Ing. Oscar Gutiérrez Santana, Director General del Organismo de la Cuenca del Río Bravo de la Conagua, sobre el Programa de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad Hídrica con Visión 2030 para el Estado de Nuevo León, durante la Sesión Ordinaria del Consejo de Administración de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, IPD., Acta 484, del 13 de noviembre de 2012.

primer lugar realizar una buena nivelación de la parcela (nivelación láser) y en segundo, instalar un sistema de riego con multi-compuertas a fin de evitar la distribución del agua en canales excavados en tierra. Con el sistema de multi-compuertas la eficiencia del riego técnicamente alcanzable es del 75%, si bien, las eficiencias medias de este sistema medidas en campo son de un 64.8%, frente a un 60% de eficiencia que tiene el sistema de riego rodado tradicional realizando un buen manejo del mismo (IMTA, 2010). Si en fases sucesivas se incrementase la superficie bajo riego tecnificado, preferentemente el riego por goteo que tiene una eficiencia viable de aplicación del 90%, se reducirían considerablemente los consumos de agua.



Imagen 2. Sistema de riego rodado con multicompuertas.



Imagen 3. Maíz con riego por goteo (izqda.) y colocación de cintillo para riego por goteo

Como referencia de la inversión necesaria para la tecnificación del riego, se resume en la Tabla 35 los datos correspondientes al Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego del año 2009 (IMTA, 2010). Este proyecto evaluó, para diferentes sistemas de riego, el costo económico integrando el apoyo de SAGARPA y la aportación del solicitante.

Tabla 35. Inversión por tipos de sistemas de riego y costos promedio.

Sistema de riego	Total	Superficie autorizada (ha)	Apoyo Sagarpa (\$)	Aportación solicitante (\$)	Aportación crédito (\$)	Total proyecto (\$)	(\$/ha) *actualizado dic.2014
Goteo	924	27,304.49	299,363,692.76	75,959,480.59	341,260,251.39	716,583,424.75	31,881.41
Pivote central	581	36,154.19	348,693,683.02	63,616,046.25	333,562,176.98	745,871,906.25	25,061.48
Aspersión portátil manual	253	4,879.45	46,327,813.22	9,730,494.78	43,854,036.14	99,912,344.14	24,874.40
Microaspersión	194	9,600.63	96,408,201.51	27,126,046.52	111,911,591.24	235,445,839.27	29,791.94
Aspersión fija	187	6,599.06	71,366,378.81	18,179,820.21	82,092,687.45	171,638,886.47	31,597.14
Aspersión lateral rodante (Side Roll)	90	2,048.48	19,704,218.66	3,525,871.77	18,405,594.96	41,635,685.39	24,690.96
Multicompuertas	90	1,814.90	5,314,985.36	577,114.77	4,932,002.00	10,824,102.12	7,245.11
Aspersión semifijo (cañón viajero)	82	3,020.30	30,041,396.90	8,314,421.18	35,439,036.99	73,794,855.07	29,681.39
Avance Frontal	56	3,281.85	32,380,090.09	7,000,814.45	35,861,186.94	75,142,091.48	27,814.23
Aspersión semi portátil (cañones)	22	1,085.02	11,123,625.96	2,480,493.75	11,757,903.36	25,362,023.07	28,396.12
Otro sistema de riego	18	442.5	2,988,731.41	547,216.17	2,655,127.33	6,191,074.91	16,996.37
Válvulas alfileras (hidrantes)	16	1,377.30	11,627,566.02	3,158,348.35	10,304,292.15	25,090,206.52	22,130.15
Riego subterráneo automatizado	9	700.83	7,397,089.17	2,178,048.04	7,238,362.28	16,813,499.49	29,144.45
Goteo subsuperficial (enterrado)	5	535.76	5,970,030.42	1,741,810.31	7,411,734.53	15,123,575.26	34,291.58
Total	2527	98,844.76	988,707,503.31	224,136,027.1	1,046,685,983.7	2,013,995,772.6	24,751.70

Fuente: IMTA (2010) Informe final proyecto RD-0930

*Precios actualizados a diciembre de 2014 con base a los índices oficiales publicados por el Banco de México con base 2010. www.banxico.org.mx

Por otra parte, en el mismo estudio del IMTA (2010) se analizaron los incrementos en la producción y la productividad del agua para los Estados de la República Mexicana involucrados en el proyecto (Tabla 36). Los promedios ponderados indican que mediante la tecnificación del riego, se consiguieron incrementos en la producción del agua del orden 1.95 kg más de cosecha por m³ empleado y un incremento en la productividad del agua de \$4.84 mxn por m³ empleado.

Tabla 36. Producción y productividad del agua en los estados analizados por el IMTA.

Estado	Producción del agua (kg/m ³)			Productividad del agua (\$/m ³)		
	Antes del apoyo	Después del apoyo	Variación con el apoyo	Antes del apoyo	Después del apoyo	Variación con el apoyo
Aguascalientes	2.38	2.99	0.61	2.75	5.29	2.54
Baja California Sur	0.19	0.61	0.42	1.83	3.04	1.21
Chihuahua	0.51	1.53	1.02	2.55	9.24	6.69
Durango	0.6	2.78	2.18	3	9.72	6.72
Coahuila	5.13	7.04	1.91	4.78	9.62	4.84
Colima	2.59	4.91	2.32	5.13	10.69	5.56
Guanajuato	1.64	8.14	6.5	4.8	25.87	21.07
Jalisco	5.74	7.52	1.78	3.06	3.6	0.54
Michoacán	1.91	3.38	1.47	3.77	6.67	2.9
Nayarit	1.75	1.33	-0.42	5.06	3.09	-1.97
San Luis Potosí	1.38	3.89	2.51	2.39	4.47	2.08
Sinaloa	0.9	2.51	1.61	3.33	7.09	3.76
Veracruz	3.15	7.78	4.63	2.07	5.43	3.36
Zacatecas	0.7	1.51	0.81	6.51	15.03	8.52
Promedio de ponderados	2.04	3.99	1.95	3.65	8.49	4.84

Fuente: IMTA (2010)

En la Tabla 37 se reflejan los volúmenes de agua que pueden ahorrarse llevando a cabo las acciones propuestas por el IMTA. Según los cálculos realizados y planteando hipótesis de eficiencias en la aplicación del riego aceptables y alcanzables se conseguiría un ahorro de 135.72 hm³/año para la superficie estudiada (48,324 ha). Si se extrapola este cálculo para las 130,492 ha de regadío existentes en Nuevo León, se tendría un ahorro de 366.50 hm³/año. Estos valores se incrementarían hasta los 190.65 hm³/año de ahorro en la zona de estudio y 514.81 hm³/año para el Estado si se consiguiesen altas eficiencias de riego, como correspondería a una región con clima seco y expuesto a frecuentes y prolongados periodos de sequía.

Tabla 37. Escenarios de ahorro de agua con mayores eficiencias

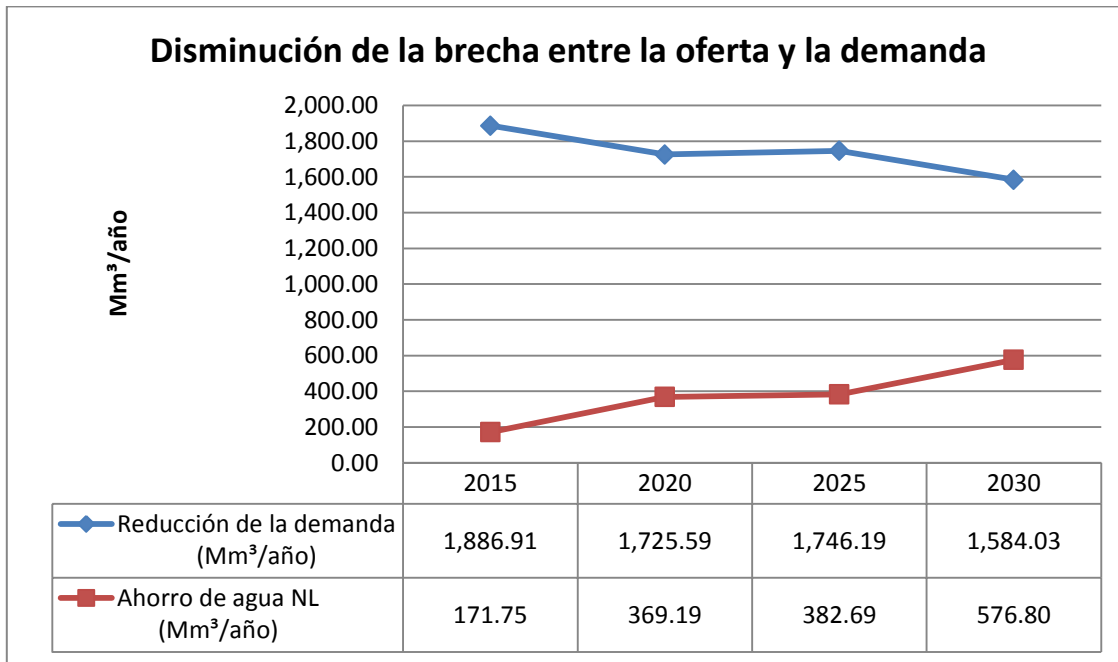
Tabla resumen ahorro de agua con mayores eficiencias									
Uso		Situación actual				Escenarios			
Publico Urbano									
	Monterrey		428.05	86.81%	56.46	86.81%	56.46	86.81%	56.46
Agrario									
	DR004 Don Martín	29,616	224.80	16.00%	188.83	60%	89.92	75%	56.20
	DR031 las Lajas	3,852	15.20	18.70%	12.36	60%	6.08	75%	3.80
	SRL del Río Conchos	4,687	25.00	56.00%	11.00	80%	5.00	85%	3.75
	SUR del Río Pesquería	10,170	70.70	25.30%	52.81	60%	28.28	85%	10.61
	Región Citrícola	25,201		47.00%		75%		85%	
	Agricultura Protegida	93		95.00%		95%		95%	
	Superficie de riego estudiada (ha):	48,324	Suma Perdidas en Agricultura	265.00		129.28		74.36	
	Superficie de riego en Nuevo León (ha):	130,492							
Ahorro de agua en sector agrario para la superficie de Estudio (Hm³)						135.72		190.65	
Ahorro de agua en el sector agrario extrapolación a todo el Estado (Hm³)						366.50		514.81	
Fuente: elaboración propia									

Todas estas acciones destinadas tanto al ahorro en el consumo de agua como al favorecimiento de la recarga de los acuíferos, se resumen en la Tabla 38. Este escenario de acciones conjuntas demuestra que es posible la disminución de la brecha entre la oferta y la demanda.

Tabla 38. Resumen del volumen de agua ahorrados y mantenidos localmente con acciones de eficiencia y conservación.

		Volumen Total (Mm ³)			
AÑO		2015	2020	2025	2030
USO	AGRÍCOLA	1,323.37	1,323.37	1,323.37	1,323.37
	AGROINDUSTRIAL	0.11	0.11	0.11	0.11
	DOMÉSTICO	0.65	0.65	0.65	0.65
	ACUACULTURA	27.17	27.17	27.17	27.17
	SERVICIOS	8.90	8.90	8.90	8.90
	INDUSTRIAL	74.40	74.40	74.40	74.40
	PECUARIO	7.26	7.26	7.26	7.26
	*PÚBLICO URBANO. (AC- ZMM)	505.13	541.26	575.36	607.31
	MÚLTIPLES	111.46	111.46	111.46	111.46
	GEN. ENERGÍA	0.20	0.20	0.20	0.20
	COMERCIO	0.00	0.00	0.00	0.00
	OTROS	0.00	0.00	0.00	0.00
	CONSERVACIÓN ECOLÓGICA	0.00	0.00	0.00	0.00
	CONSUMO antes de las acciones		2,058.65	2,094.78	2,128.88
**AHORRO POR CONSUMO (198 l/hab/día)		171.75	184.03	195.62	206.49
RECARGA FAMM			1.91	3.82	3.82
MEJORA EFICIENCIA AGRÍCOLA			183.25	183.25	366.50
TOTAL AHORRO		171.75	369.19	382.69	576.80
TOTAL AHORRO (m³/s)		5.45	11.71	12.14	18.29
CONSUMO DESPUÉS DE LAS ACCIONES		1,886.91	1,725.59	1,746.19	1,584.03
*Teniendo en cuenta el crecimiento demográfico y un consumo de 300 l/hab/día					
**Manteniendo el consumo actual (2014)					

La representación gráfica de los valores que se derivan de la propuesta anterior de ahorros se presenta en la Gráfica 10.



Gráfica 10. Modelo de disminución de la brecha entre la oferta y la demanda

La Gráfica 10 representa la tendencia necesaria para mantener el fuerte crecimiento y desarrollo en Nuevo León. La oferta de agua ya no es infinita, por lo que el consumo responsable en todos los sectores (agricultura, industria, servicios, doméstico, entre otros) ha pasado a ser fundamental para mantener la prosperidad.

IX. Conclusiones

El clima, el agotamiento de fuentes locales de agua y el crecimiento esperado en Nuevo León son un gran reto para satisfacer las demandas futuras de agua. Para enfrentarlo es necesario tener una visión integrada y de largo plazo que considere a todos los usuarios y sectores.

Los datos obtenidos muestran que la administración del agua urbana en Nuevo León es destacable. Con una dotación de 222 l/hab/día en el 2011 y una tendencia descendente durante los últimos años, se ubica en una situación muy favorable con relación a otras ciudades de México y del mundo. Mantener y mejorar esta posición ofrece posibilidades para una gestión más sustentable que no se base únicamente en la ampliación de la oferta. Esta perspectiva de sustentabilidad debería reflejarse en la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto.

La dotación actual y la recomendada en la MIA suponen un déficit actual y esperado significativamente mayor al presentado en la ESE, y al proyectado con base en la recomendación de la Conagua. Estas diferencias son del orden del 162% del déficit calculado por la ESE para el año 2044 o del 145% si se compara con los valores obtenidos para la recomendación de Conagua, por lo que se considera que las proyecciones de la MIA deben revisarse.

El sentido de eficiencia debe ampliarse a todos los sectores, especialmente en el agrícola, que es el primer consumidor de agua en la entidad. Mejorar la eficiencia física en los distritos y unidades de riego e invertir en acciones como revestimiento de canales, modernización y tecnificación del riego, son acciones que lejos de entrar en competencia con otras opciones para asegurar el abastecimiento, ayudarían a disminuir el déficit de recursos hídricos en la entidad, y generarían mejores condiciones de productividad, con beneficios sociales. El proyecto de agricultura protegida muestra que la eficiencia de riego puede llegar al 95%, con mayor productividad y calidad de cosechas que en otro tipo de sistemas, además de permitir la explotación continua y el cultivo de especies y variedades fuera de temporada, lo que permite incrementar el valor de la producción.

Diversas experiencias muestran que el retorno a las opciones locales de agua y la conservación de ecosistemas *generadores* de agua es una buena opción de abastecimiento, con bajos costos económicos y ambientales.

En este sentido, las modelaciones hidrológicas realizadas por TNC para el Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey, que consideran las relaciones temporales entre los aportes de agua superficial y subterránea, y las características geo-hidrológicas de las áreas proveedoras de agua, muestran que mediante acciones de protección y restauración de la cubierta vegetal en la cuenca alta del Río Santa Catarina y el Cañón de Huajuco, se tiene un potencial total de retención de agua de lluvia sobre las áreas de recarga de hasta 29 Mm³ anuales. Aunque mantener este potencial no es inmediato, la conservación tiene la ventaja de que el agua permanecería más tiempo en la parte alta de las cuencas y estaría disponible para procesos ecológicos que sustentan la biodiversidad.

XI. Referencias

- AEAS y AGA (2012) Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA). Encuesta de suministro de agua potable y saneamiento en España. http://www.coiaanpv.org/recursos/files/web/el_colegio/comisiones_de_trabajo/comision_agua/_los_hogares_espanyoles_consumen_una_media_de_126_litros.pdf
- Baltodano Fuentes. A. (2012) Insumos para la definición de estrategias de gestión del recurso hídrico en zonas vulnerables a cambio climático: Percepciones y escenarios de uso del agua en Guanacaste, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Tesis sometida para optar por el grado de *Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9023E/A9023E.PDF>
- CCA (2010) Consejo Consultivo del Agua, A.C. La gestión del agua en las ciudades de México. Indicadores de desempeño de organismos operadores. Primer reporte enero 2010. <http://www.aguas.org.mx/sitio/archivos/eve/Indicadores%20CCA%202010.pdf>

- CDANL-SAGARPA (2011) Agricultura protegida en invernadero: Estrategia para detonar regiones marginales e impulsar la tecnificación productiva.
- CENAPRED (2007) Ciclones tropicales. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. ISBN 978-970-881-001-0. Secretaría de Gobernación, México.
- Collins R., Kristensen P., y Thyssen N. (2010) Los recursos de agua en Europa: cómo hacer frente a la escasez de agua y la sequía. Agencia Europea de Medio Ambiente. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. Copyright AEMA, Copenhagen.
- Conagua (2007) Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos básicos. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. ISBN: 978-968-817-880-5. www.cna.gob.mx.
- Conagua (2009) Estadísticas agrícolas de las unidades de riego. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales.
- Conagua (2009a) Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea Acuífero (1907) Campo Buenos Aires Estado de Nuevo León. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 –ago-2009.
http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/Aguasubterranea/pdf/DR_1907.pdf
- Conagua (2011) Directorio oficial de unidades de riego proporcionado por el organismo de cuenca Rio Bravo. Comisión Nacional del Agua.
- Conagua (2012) Valores Inventario de Presas. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://201.116.60.136/inventario/hnombre_presa.aspx
- Conagua (2013) Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2012. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-40-12.pdf>
- Conagua (2014) Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por el uso del agua. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/nvl.pdf> Consultado el 31/10/2014
- Conapo (2010) Proyecciones de población 2010-2030 para los municipios de Nuevo León. Consejo Nacional de Población. <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>
- Contreras Delgado C. (2007) Geografía de Nuevo León. Monterrey. N. L: Fondo Editorial de Nuevo León, 2007. 229 p. <http://www.fondoeditorialnl.gob.mx/pdfs/geografiadenl.pdf>
- DOF 20-dic-2013. Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos.
- DOF 26–feb-2014. ACUERDO por el que se dan a conocer los valores de cada una de las variables que integran las fórmulas para determinar durante el ejercicio fiscal 2014 las zonas de disponibilidad, a que se refieren las fracciones I y II, del artículo 231 de la Ley Federal de Derechos, vigente a partir del 1 de enero de 2014.

- DOF 27–mzo-2014. ACUERDO por el que se dan a conocer las zonas de disponibilidad que corresponden a las cuencas y acuíferos del país para el ejercicio fiscal 2014, en términos del último párrafo del artículo 231 de la Ley Federal de Derechos vigente.
- DPIZMM (2011) Diagnóstico y Planeación Integral de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Área Metropolitana de Monterrey, en proceso de elaboración en 2011 (sin publicar).
- EADR (2011) Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2009-2010. Edición 2011. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/infraestructurahidraulica/publicaciones_con_agua/Pdf/publicaciones/2011%20PDF/SGIH-6-2011.pdf
- EIU (2010) Economist Intelligence Unit. Índice de Ciudades Verdes de América Latina. Siemens.
- FAO (2011) Crop Water Information. Natural Resources and Management and Environmental Department. FAO Water. <http://www.fao.org/nr/water/cropinfo.html>.
- Farrell C. (2013) Diseño de una metodología para reportar la Huella de agua. Tesis para optar por el grado de Doctorado en Ciencias e Ingeniería ambientales. Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Enero, 2013
- Fernández D. (2010) Estructuras tarifarias y objetivos sociales: la experiencia latinoamericana. Proyecto Lima-Water.
- GWP (2013) Global Water Partnership. Gestión de la Demanda – Utilizando los recursos hídricos más eficientemente (C3) <http://www.gwp.org/es/TOOLBOX/HERRAMIENTAS/Instrumentos-de-Gestion-/Gestion-de-la-Demanda/>
- GENL (2014) Programa Estatal de Desarrollo Urbano de Nuevo León 2030. Gobierno del Estado de Nuevo León. http://200.23.43.29/planes/Programa_Estatal_de_Desarrollo_Urbano_de_Nuevo_Leon_2030.pdf
- IMTA (2010) Seguimiento y Evaluación del Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- INEGI (2010) Carta de Climas 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- León S. J., Gondor A., Torres J. F., Casís J., Barajas N. y Cowan J. (2014) Ejercicio de priorización para el Fondo de Agua de Monterrey. TNC
- MAGRAMA (2008) Sistema Integrado de Información del Agua. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (España). Libro Digital del Agua. <http://servicios2.magrama.es/sia/visualizacion/Ida/>
- Morell I., 2008, Hidrogeoquímica apuntes, Universidad Jaume I de Castellón, Departamento de Ciencias agrarias y del medio natural, pp. 1-8
- Ojeda E. y Arias R. (2000) Informe nacional sobre la gestión del agua en Colombia. Agua para el Siglo XXI para América del Sur: de la Visión a la Acción. Global Water Partership, 77 pp. En: <http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23345/InCo00200.pdf>

- Ortega-Gaucin, D. (2011) Diagnóstico sobre la gestión y el uso del agua en el sector agropecuario de Nuevo León. Instituto del Agua del Estado De Nuevo León. ISBN: 978-607-9203-00-9 (edición impresa), ISBN: 978-607-9203-01-6 (edición electrónica).
http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/estudios_e_investigaciones/ESTATALES/agua_enagro.pdf
- Ortega-Gaucin D. (2013) Impacto de las sequías en Nuevo León. Ciencia Anual, p 7.
- Planeación Sistemas Y Control S.A. de C.V. Análisis de Alternativas de Fuentes de Abastecimiento a la Zona Metropolitana de Monterrey, NL (sin fecha).
- Richter B.D., Abell D., Bacha E., Brauman K., Calos S., Cohn A., Disla C., Friedlander O'B. S., Hodges, Kaiser S., Loughran M., Mestre C., Reardon M., Siegfried E. (2013) Tapped out: how can cities secure their water future? Water Policy 15 (2013) 335–363
- SADM (2011) Evaluación Socioeconómica del Proyecto Monterrey VI. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey INVER-PLANING. Octubre 2011.
- SADM (2012) Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional para el Proyecto Monterrey VI. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, IPD. 2012. Ejemplar para consulta.
<http://www.anamty.org/system/images/90/original/Manifestacion%20de%20Impacto%20Ambiental%20del%20Proyecto%20Panuco%20Monterrey.pdf?1418339156>.
- SADM (2013) Presentación Corporativa. Ing. Emilio Rangel Woodyard (Director General). Servicios de Agua y Drenaje De Monterrey, I.P.D., Febrero 2013
- SADM (2014) Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. Portal Interactivo. www.sadm.gob.mx
- SAGARPA/SIACON (2012) Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta.
http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=286&Itemid=428
- Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Sharp, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., and Griffin, R., Glowinski, K., Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M. Mandle, L., Griffin, R., Hamel, P., Chaplin-Kramer, R. (2013) InVEST 2.6.0 User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford.
- WWF (2007) Pipedreams? Interbasin water transfers and water shortages. Worldwide Fund for Nature (WWF), Global Freshwater Programme, Zeist, Países Bajos.
http://awsassets.wwf.es/downloads/pipedreams_spanish_1_.pdf

Anexos

Anexo 1. Valores de las variables para el cálculo de la Disponibilidad Relativa de las Aguas Superficiales en Nuevo León.

ESTADO(S)	DENOMINACIÓN DE LA CUENCA	*RH	**No. De Acuerdo	Cp	Ar	R	Im	Uc	Rxy	Ex	Ev	ΔV
Nuevo León	Río San Juan 2	24	62	41.22	246.88	0	4.1	24.14	409.01	0	0	0
Nuevo León	Río Potosí 1	25	55	99.29	0	4.47	0	11.18	80.54	0	0	0
Nuevo León	Río Potos 2	25	55	51.04	92.58	21.92	0	95.51	48.5	0	0	0
Nuevo León	Río Camacho	25	55	102.59	0	0	0	30.56	68.66	0	0	0
Nuevo León	Río Pablillo 2	25	55	72.68	173.13	23.2	0	58.01	28.35	170.04	0.03	0
Nuevo León, Coahuila	Río Pesquería	24	62	102.31	7.66	0	99.8	153.22	83.84	0	0	0
Nuevo León, Coahuila	Río San Juan 1	24	62	762.85	0	99.8	168	633.97	282.12	100.58	105.77	0
Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas	Río Bravo 10	24	62	624.44	1147.93	3090.65	0	3293.62	1413.05	431.72	329.92	0
Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas	Río Salado	24	62	3505.99	0	1798.66	0	3967.43	1295.16	0	473.36	0
Nuevo León, Tamaulipas	Río Bravo 11	24	62	624.44	1147.93	3090.65	0	3293.62	1413.05	431.72	329.92	0
Nuevo León, Tamaulipas	Río Álamo	24	62	109.24	0	0	0	0.77	49.89	37	36	0
Nuevo León, Tamaulipas	Río Bravo 13	24	62	28.21	0	55.03	0	82.28	0	0	0	0
Nuevo León, Tamaulipas	Río Pilón 1	25	31	63.16	0	0	0	1.69	61.47	0	0	0
Nuevo León, Tamaulipas	Río Pilón 2	25	31	83.21	61.47	0	14	56.1	112.16	0	10.83	-20.4
Nuevo León, Tamaulipas	Río Blanco	25	31	131.82	0	0	0	24.93	106.9	0	0	0
Nuevo León, Tamaulipas	Río San Antonio	25	31	121.46	0	0	0	16.65	104.81	0	0	0
Nuevo León, Tamaulipas	Río Purificación 1	25	31	215.22	211.71	0	0	83.55	325.21	14	2.66	1.5
Nuevo León, Tamaulipas	Arroyo Los Anegados o Conchos 2	25	55	64.63	0	11.65	0	29.13	32.66	0	0	0
Nuevo León, Tamaulipas	Río San Lorenzo	25	55	286.25	0	1.68	2.03	4.18	172.3	0	0	0
Nuevo León, Tamaulipas	Laguna Madre Norte	25	30	169.49	0	0.1	0	0.13	0	0	0	0
Valores en Mm ³ /año												
FUENTE: DOF 26 de febrero de 2014.												

Anexo 2. Disponibilidad Relativa (Dr) Cuencas Hidrológicas de Nuevo León

ESTADO(S)	DENOMINACIÓN DE LA CUENCA	REGIÓN HIDROLÓGICA	DISPONIBILIDAD RELATIVA (Dr)	ZONA DE DISPONIBILIDAD
Nuevo León	Río San Juan 2	24	0.67	1
Nuevo León	Río Potosí 1	25	1.13	1
Nuevo León	Río Potosí 2	25	1.15	1
Nuevo León	Río Camacho	25	1.03	1
Nuevo León	Río Pablillo 2	25	1.05	1
Nuevo León, Coahuila	Río Pesquería	24	0.88	1
Nuevo León, Coahuila	Río San Juan 1	24	0.92	1
Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas	Río Bravo 10	24	0.89	1
Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas	Río Salado	24	0.92	1
Nuevo León, Tamaulipas	Río Bravo 11	24	0.89	1
Nuevo León, Tamaulipas	Río Álamo	24	0.88	1
Nuevo León, Tamaulipas	Río Bravo 13	24	1.01	1
Nuevo León, Tamaulipas	Río Pílon 1	25	1	1
Nuevo León, Tamaulipas	Río Pílon 2	25	1	1
Nuevo León, Tamaulipas	Río Blanco	25	1	1
Nuevo León, Tamaulipas	Río San Antonio	25	1	1
Nuevo León, Tamaulipas	Río Purificación 1	25	1	1
Nuevo León, Tamaulipas	Arroyo Los Anegados o Conchos 2	25	1.23	1
Nuevo León, Tamaulipas	Río San Lorenzo	25	1.64	2
Nuevo León, Tamaulipas	Laguna Madre Norte	25	1304.53	4
Leyenda:		$Dr = \frac{Cp + Ar + R + Im}{Uc + Rxy + Ex + Ev + \Delta V}$		
Zona de disponibilidad 1	Menor o igual a 1.4			
Zona de disponibilidad 2	Mayor a 1.4 y menor o igual a 3.0			
Zona de disponibilidad 3	Mayor a 3.0 y menor o igual a 9.0			
Zona de disponibilidad 4		Mayor a 9.0		
Dónde:				
Dr=	Disponibilidad relativa			
Cp=	Volumen medio anual de escurrimiento natural			
Ar=	Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba			
R=	Volumen anual de retornos			
Im=	Volumen anual de importaciones			
Uc=	Volumen anual de extracción de agua superficial			
Rxy=	Volumen anual actual comprometido aguas abajo			
Ex=	Volumen anual de exportaciones			
Ev=	Volumen anual de evaporación en embalses			
ΔV=	Volumen anual de variación del almacenamiento en embalses			
Fuente: DOF 27 de marzo 2014.				

Anexo 3. Valores de las variables para el cálculo la zona de disponibilidad de Aguas Subterráneas en Nuevo León.

ESTADO(S)	DENOMINACIÓN ÚNICA DEL ACUÍFERO	CONOCIDO COMO	*NÚMERO DE ACUERDO	Dma	Dnc	R
Nuevo León	LAMPAZOS-VILLALDAMA	Lampazos- Villaldama	3	1.889323	8	20.5
Nuevo León	SABINAS-PARÁS	Bustamante-Villaldama	3	-29.45105	17.7	46
		Lampazos de Naranja				
		Lampazos -Vallecillo				
		Sabinas				
		Sabinas Hidalgo-Parrás				
		Vallecillo				
		Villaldama				
		Villaldama-Bustamante				
		Bustamante				
Nuevo León	Lampazos -Anáhuac	Anáhuac	3	45.236718	18	66.6
		Ciudad Anáhuac				
Nuevo León	Agualeguas-Ramones	Agualeguas	3	23.062289	0	35.3
		Gral. Treviño				
		Agualeguas- Los Ramones				
		Gral. Treviño				
Nuevo León	Área Metropolitana de Monterrey	Área Metropolitana	3	-57.307834	24.5	68.2
		Metropolitana-Apodaca				
		Zona Metropolitana				
		1A. Metropolitana 2. Apodaca				
		Apodaca				
Nuevo León	Campo Buenos Aires	Campo Buenos Aires	1	-5.716255	0	57
Nuevo León	Campo Mina	Mina	1	-6.88861	0	24
Nuevo León	Campo Durazno	El Durazno	3	-4.28418	0	4.8
Nuevo León	Campo Topo Chico	Campo Topo Chico	1	0.586346	0	3.5
Nuevo León	Cañón del Huajuco	Huajuco	3	5.917197	0	34.3
Nuevo León	Citrícola norte	Citrícola norte	3	-118.87654	71.9	191.9
Nuevo León	China-General Bravo	China Bravo	3	15.682138	0	23.9
		China-General Bravo				
		China-Los Ángeles				
		Doctor Coss				
		Doctor Coss				
Nuevo León	Citrícola Sur	Zona citrícola Sur	3	-37.107614	47.1	75.1

ESTADO(S)	DENOMINACIÓN ÚNICA DEL ACUÍFERO	CONOCIDO COMO	*NÚMERO DE ACUERDO	Dma	Dnc	R
Nuevo León	Soto La Marina	Soto La Marina	3	2.199527	73.1	84
Nuevo León	Navidad-Potosí-Raíces	Navidad-Potosí-Raíces	1	-59.21449	0	98
		Valle Navidad Potosí-Raíces				
		Valle Navidad Potosí-Raíces				
Nuevo León	Campo Jaritas	Campo Jaritas	3	2.9	0	2.9
Nuevo León	Campo Cerritos	Campo Cerritos	3	1.414394	0	3
Nuevo León	Campo Papagayos	Campo Papagayos	1	0.19548	0	2.5
Nuevo León	El Peñuelo-San José El Palmar	El Peñuelo-San José El Palmar	3	9	0	9
Nuevo León	Santa Rita-Cruz de Elorza	Santa Rita-Cruz de Elorza	3	27.4056	0	27.6
Nuevo León	Dr. Arroyo	Dr. Arroyo	3	12.386623	0	13.4
		Zimatlán				
Nuevo León	El Carmen-Salinas Victoria	El Carmen	2	-2.474995	6.2	53.8
		Salinas Victoria				
Nuevo León /COAHUILA	Paredón	Paredón	3	-5.012735	1.1	21.2
Nuevo León /COAHUILA	Castaños	Castaño	3	6.072866	5.1	18.9
Nuevo León /SAN LUIS POTOSÍ/TAMAULIPAS	Buenavista	Buenavista	3	8.567413	0	27.1
Nuevo León /SAN LUIS POTOSÍ	Matehuala-Huizache	Matehuala-Huizache	3	-16.59405	0	31.5
Nuevo León /TAMAULIPAS	Bajo Río Bravo	Bajo Río Bravo	1	135.516469	9.7	198.5
		Transfronterizo Bajo Río Bravo				
Nuevo León /TAMAULIPAS	Méndez-San Fernando	Méndez-San Fernando	2	18.309803	14.2	50.1
Nuevo León /TAMAULIPAS	Hidalgo-Villagrán	Villagrán-San Carlos	3	-2.209421	5.7	39.7
		Villagrán				
Nuevo León /TAMAULIPAS	Palmillas-Jaumave	Jaumave-Palmillas	3	8.010387	18	29.3
Leyenda:						
Dma: Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica						
R: Recarga total media anual						
Dnc: Descarga natural comprometida						
Valores en Mm ³ /año						
FUENTE: DOF 26 de febrero de 2014.						

Anexo 4. Índice de Disponibilidad (IDAS) de los acuíferos de Nuevo León.

ESTADO (S)	Denominación única del acuífero	Conocido como	Índice de disponibilidad (Idas)	Zona de disponibilidad
Nuevo León	Lampazos- Villaldama	Lampazos- Villaldama	0.2	3
Nuevo León	Sabinas-Parás	Bustamante-Villaldama	-1	1
		Lampazos de Naranjo		
		Lampazos -Vallecillo		
		Sabinas		
		Sabinas Hidalgo-Parrás		
		Vallecillo		
		Villaldama		
		Villaldama-Bustamante		
		Bustamante		
Nuevo León	Lampazos -Anáhuac	Anáhuac	0.9	4
		Ciudad Anáhuac		
Nuevo León	Agualeguas-Ramones	Agualeguas	0.7	3
		Gral. Treviño		
		Agualeguas- Los Ramones		
		Gral. Treviño		
Nuevo León	Área Metropolitana de Monterrey	Área Metropolitana	-1.3	1
		Metropolitana-Apodaca		
		Zona Metropolitana		
		1A. Metropolitana 2. Apodaca		
		Apodaca		
Nuevo León	Campo Buenos Aires	Campo Buenos Aires	-0.1	1
Nuevo León	Campo Mina	Mina	-0.3	1
Nuevo León	Campo Durazno	El Durazno	-0.9	1
Nuevo León	Campo Topo Chico	Campo Topo Chico	0.2	3
		Cañón del Huajuco		
Nuevo León	Cañón del Huajuco	Huajuco	0.2	3
Nuevo León	Citrícola norte	Citrícola norte	-1	1
Nuevo León	China-General Bravo	China Bravo	0.7	3
		China-Gral. Bravo		
		China-Los Ángeles		
		Doctor Coss		
		Doctor Coss		
Nuevo León	Citrícola Sur	Zona citrícola Sur	-1.3	1

ESTADO (S)	Denominación única del acuífero	Conocido como	Índice de disponibilidad (Idas)	Zona de disponibilidad
Nuevo León	Soto La Marina	Soto La Marina	0.2	3
Nuevo León	Navidad-Potosí-Raíces	Navidad-Potosí-Raíces	-0.6	1
		Valle Navidad Potosí-Raíces		
		Valle Navidad Potosí-Raíces		
Nuevo León	Campo Jaritas	Campo Jaritas	1	4
Nuevo León	Campo Cerritos	Campo Cerritos	0.5	3
Nuevo León	Campo Papagayos	Campo Papagayos	0.1	2
Nuevo León	El Peñuelo-San José El Palmar	El Peñuelo-San José El Palmar	1	4
Nuevo León	Santa Rita-Cruz de Elorza	Santa Rita-Cruz de Elorza	1	4
Nuevo León	Dr. Arroyo	Dr. Arroyo	0.9	4
		Zimatlán		
Nuevo León	El Carmen-Salinas Victoria	El Carmen	-0.05	2
		Salinas Victoria		
Nuevo León / Coahuila	Paredón	Paredón	-0.2	1
Nuevo León / Coahuila	Castaños	Castaño	0.4	3
Nuevo León / San Luis Potosí/ Tamaulipas	Buenavista	Buenavista	0.3	3
Nuevo León / SAN LUIS POTOSÍ	Matehuala-Huizache	Matehuala-Huizache	-0.5	1
Nuevo León / Tamaulipas	Bajo Río Bravo	Bajo Río Bravo	0.7	3
		Transfronterizo Bajo Río Bravo		
Nuevo León / Tamaulipas	Méndez-San Fernando	Méndez-San Fernando	0.5	3
Nuevo León / Tamaulipas	Hidalgo-Villagrán	Villagrán-San Carlos	-0.06	2
		Villagrán		
Nuevo León / Tamaulipas	Palmillas-Jaumave	Jaumave-Palmillas	0.7	3
Leyenda:				
Zona de disponibilidad 1	Menor o igual a -0.1		$Idas = \frac{Dma}{(R - Dnc)}$	
Zona de disponibilidad 2	Mayor a -0.1 y menor o igual a 0.1			
Zona de disponibilidad 3	Mayor a 0.1 y menor o igual a 0.8			
Zona de disponibilidad 4	Mayor a 0.8			

ESTADO (S)	Denominación única del acuífero	Conocido como	Índice de disponibilidad (Idas)	Zona de disponibilidad
Donde:				
<p>Idas: Índice de disponibilidad Dma: Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica R: Recarga total media anual Dnc: Descarga natural comprometida</p>				
Fuente: DOF 27 de marzo de 2014.				