

**Proyecto COAH–2010–C14–149646:  
Plan integral de reúso de las aguas residuales municipales  
tratadas (ARMT) de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga**

**Anexo F  
Uso agrícola y calidad de las aguas del arroyo La Encantada**

**ÍNDICE**

**Resumen Ejecutivo**

**Créditos**

**Agradecimientos**

- 1. Generalidades**
- 2. Aguas residuales que descargan al arroyo La Encantada**
- 3. Información sobre ejidos al norte de Ramos Arizpe que usan aguas del arroyo La Encantada para riego agrícola**
  - 3.1 Información general de los ejidos
  - 3.2 Información de campo recabada en los ejidos
    - 3.2.1 Congregación Santa María
    - 3.2.2 Ejido Mesón del Norte
    - 3.2.3 Ejido Zertuche
    - 3.2.4 Ejido Higo
    - 3.2.5 Ejido Mesillas
    - 3.2.6 Ejidos Paredón y San Francisco Paredón
  - 3.3 Información recabada de las autoridades federales, estatales y municipales relacionadas con los ejidos
    - 3.3.1. Lic. Tlahuiz Segura Teniente (Director de Desarrollo Rural de Ramos Arizpe)
    - 3.3.2 Ing. Alberto Fuentes (Ingeniero de la Oficina de CÁDER en Ramos Arizpe)
    - 3.3.3 Ing. Jorge Molina Valerio (Ex-Jefe de la Oficina de CÁDER en Ramos Arizpe; ahora Jefe de Distrito de SAGARPA-Saltillo)
    - 3.3.4 Ing. Tomás Ibarra (Director de Admon. del Agua de la Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila)
    - 3.3.5 Ing. Tomás Méndez Aguiñaga (Jefe de Depto. de Saneamiento y Plantas de Tratamiento de la Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila)
    - 3.3.6 Ing. Antonio Méndez Aguiñaga (Jefe del Depto. de Hidrometría y Climatología de la Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila)
    - 3.3.7 Ing. Valeriano Garza García (Ex-funcionario de la Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila)

- 4. Uso para riego agrícola de las aguas del arroyo La Encantada**
  - 4.1 Introducción
  - 4.2 Acciones de agua del arroyo La Encantada otorgadas a los ejidos al norte de Ramos Arizpe
  - 4.3 Información sobre el uso de agua del arroyo La Encantada en los ejidos al Norte de Ramos Arizpe
    - 4.3.1 Congregación Santa María
    - 4.3.2 Ejido Mesón del Norte
    - 4.3.3 Ejido Zertuche
    - 4.3.4 Ejido Higo
    - 4.3.5 Ejido Mesillas
    - 4.3.6 Ejidos Paredón y San Francisco Paredón

- 5. Resultados de análisis de agua tomados en varios puntos del arroyo La Encantada**

- 5.1 Arroyo Cárdenas, antes de llegar a PTAR Principal de Saltillo
- 5.2 Descarga de la PTAR Principal de Saltillo al Arroyo La Encantada
- 5.3 Arroyo La Encantada en el Puente camino a Los Pinos (después de la descarga de la PTAR Principal de Saltillo y del Arroyo El Pueblo)
- 5.4 Influyente a la PTAR de Ramos Arizpe
- 5.5 Descarga de la PTAR de Ramos Arizpe
- 5.6 Arroyo La Encantada a la altura de la PTAR de Ramos Arizpe
- 5.7 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Mesón del Norte
- 5.8 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Zertuche
- 5.9 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Higo
- 5.10 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Mesillas
- 5.11 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Paredón
- 5.12 Apariencia de muestras de agua del arroyo la Encantada tomadas en diferentes puntos a lo largo de su trayectoria

- 6. Calidad del agua del arroyo La Encantada**

- 6.1 Cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales”.
- 6.2 Cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

- 7. Conclusiones**

- 8. Recomendaciones**

- 9. Referencias**

## LISTA DE GRÁFICAS

- Fig. 1.1 Arroyo El Pueblo al norte de Ramos Arizpe (tomada de la carta topográfica Monterrey G14-7 (1:250 000) de INEGI.-
- Fig. 3.1 Localización de la Hacienda Santa María dentro del parque industrial del mismo nombre en Ramos Arizpe.
- Fig. 4.1 Hidrograma de los flujos del arroyo La Encantada, considerando extracciones y aportaciones en el periodo enero de 1985 a enero de 1986
- Fig. 7.1 Puntos muestreados a lo largo del arroyo La Encantada.

## LISTA DE FOTOS

LS: Luis Samaniego; GTG: Gloria Tobón de Garza

No.	Descripción	Tomada por
1.1	Arroyo El Pueblo en la zona urbana de Ramos Arizpe.	GoogleEarth
2.1	Confluencia de los arroyos Cárdenas y El Pueblo, al norte de Ramos Arizpe.	GoogleEarth
2.2	Arroyo La Encantada al sur de Ramos Arizpe, en época de secas	GTG
	a. Caída de agua en el arroyo Cárdenas, antes de su confluencia con el arroyo El Pueblo (al lado oeste de la prolongación del Blvd. I. López Zertuche), frente a la planta de Motores de Chrysler.	GTG
	b. Caída de agua en el arroyo Cárdenas, antes de su confluencia con el arroyo El Pueblo (tomada desde otro ángulo (entrada por la casa de Don Lázaro Hernández, al frente del cerro de La Cruz).	GTG
	c. Punto en que se juntan las dos corrientes en que se separa el arroyo en la caída de agua. Se observa espuma abundante.	GTG
	d. Confluencia de los arroyos Cárdenas y El Pueblo, vista desde el lado poniente del arroyo	GTG
	e. Espuma que se forma en el agua del arroyo después de la cascada.	GTG
	f. Arroyo La Encantada al norte del cruce con la carretera a Los Pinos, al sur de Ramos Arizpe.	GTG
	g. Arroyo La Encantada en el cruce con carretera a Los Pinos al sur de Ramos Arizpe (foto del arroyo al sur del puente, tomada el 10/7/09).	GTG
2.3	Arroyo La Encantada al sur de Ramos Arizpe, en época de lluvias	GTG
	a. Caída de agua en el arroyo Cárdenas, antes de su confluencia con el arroyo El Pueblo (al lado oeste de la prolongación del Blvd. I. López Zertuche), frente a la planta de Motores de Chrysler (entrada por la casa de Don Teófilo Villegas, al frente del cerro de La Cruz).	GTG
	b. Confluencia de los arroyos Cárdenas y El Pueblo, al norte de la PTAR Principal de Saltillo (entrada por la casa de Don Teófilo Villegas, al frente del cerro de La Cruz).	GTG
2.4	Arroyo La Encantada a la altura del centro de Ramos Arizpe, en	GTG

	época de lluvias.	
3.1	Localización, No. de habitantes y altura snm de Santa María del Rosario.	GoogleEarth
3.2	Localización, No. de habitantes y altura snm de La Viña Santa María.	GoogleEarth
3.3	Capilla de la Hacienda Santa María en Ramos Arizpe Coahuila	Juan Crouset
3.4	Localización, No. de habitantes y altura snm del ejido Mesón del Norte.	GoogleEarth
3.5	Árboles frutales en una parcela de Mesón del Norte.	LS
3.6	Localización, No. de habitantes y altura snm del ejido Zertuche.	GoogleEarth
3.7	Localización, No. de habitantes y altura snm del ejido Higo (La Norita).	GoogleEarth
3.8	Localización, No. de habitantes y altura snm del ejido Mesillas.	GoogleEarth
3.9	Localización, No. de habitantes y altura snm del ejido Paredón.	GoogleEarth
4.1	Traza del canal que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Mesón del Norte	GoogleEarth / LS
4.2	Maíz cultivado con aguas mansas del arroyo La Encantada en el ejido Mesón del Norte.	GTG
4.3a	Canal de riego del ejido Mesón del Norte, al sur del puente de la autopista Monterrey-Salttillo, que pasa por el lado oriente del ejido.	LS
4.3b	Canal de riego del ejido Mesón del Norte, al lado poniente del puente de la autopista Monterrey-Salttillo, que pasa por el lado oriente del ejido.	LS
4.4	Arroyo La Encantada a la altura de Mesón del Norte, en época de secas.	GTG
4.5	Arroyo La Encantada a la altura de Mesón del Norte, en época de lluvias.	GTG
4.6	Traza del canal que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Zertuche	GoogleEarth / LS
4.7	Arroyo La Encantada a la altura de Zertuche.	LS
4.8	Arroyo La Encantada a la altura de Zertuche. Obsérvese una cascada al fondo.	Roberto Ramos
4.9	Cascada que se forma en el Arroyo La Encantada a la altura del ejido Zertuche.	LS
4.10	Traza del canal que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Higo	GoogleEarth / LS
4.11a	Salida del canal de derivación al ejido Higo, en el arroyo La Encantada a la altura del ejido Zertuche.	LS
4.11b	Otra vista de la salida del canal de derivación al ejido Higo, en el arroyo La Encantada a la altura del ejido Zertuche.	LS
4.12	Canal de derivación al ejido Higo. Obsérvese fuga de agua al lado izquierdo del canal, la cual retorna al arroyo La Encantada.	LS
4.13	Canal de riego que va al ejido Higo (cerca de Zertuche).	LS
4.14	Canal de riego en el ejido Higo.	LS
4.15	Arroyo La Encantada entre Higo y Mesillas.	LS
4.16	Traza de uno de los canales que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Mesillas	GoogleEarth / LS
4.17	Traza de otro de los canales que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Mesillas	GoogleEarth / LS
4.18	Campo de forraje regado con agua del arroyo La Encantada en el	LS



	ejido Mesillas.	
4.19	Acercamiento de la vista anterior, en que se aprecia el riego por aniego con agua del arroyo La Encantada en el ejido Mesillas.	LS
4.20	Tiradero de agua en Mesillas.	LS
4.21	Arroyo La Encantada a la altura de Mesillas.	LS
4.22	Traza de uno de los canales que transporta agua del arroyo La Encantada a los ejidos Paredón y San Francisco Paredón.	GoogleEarth / LS
4.23	Traza de otro de los canales que transporta agua del arroyo La Encantada a los ejidos Paredón y San Francisco Paredón.	GoogleEarth / LS
4.24	Uno de los dos canales de riego aguas arriba del ejido Paredón.	LS
4.25	Otro canal de riego aguas arriba del ejido Paredón, en el que se muestra la forma en que se separa el agua para los ejidatarios de Paredón (a la izquierda) y a San Francisco Paredón (a la derecha).	LS
4.26	Canal de riego en el ejido San Francisco Paredón.	LS
4.27	Canal de riego en el ejido Paredón.	LS
4.28	Avena irrigada con aguas del arroyo La Encantada en el ejido San Francisco Paredón.	LS
4.29	Riego por aniego con aguas del arroyo La Encantada en el ejido San Francisco Paredón.	LS
5.1	Arroyo El Pueblo, bajo el puente en la carretera antigua a Monclova, al poniente de la PTAR Principal de Saltillo.	LS
5.2	Arroyo La Encantada, bajo el puente del camino a Los Pinos.	LS
5.3	Cascada en arroyo La Encantada, antes de la planta tratadora de Ramos Arizpe.	LS
5.4	Arroyo La Encantada, bajo puente en la autopista Monterrey-Saltillo, después de la planta tratadora de Ramos Arizpe.	LS
5.5	Muestra de agua del arroyo La Encantada –tomada el 13 de julio de 2009- a la altura de Mesón del Norte (izquierda), y de un agua normal de la llave (derecha)	GTG
5.6	Muestra de agua del arroyo La Encantada –tomada el 26 de marzo de 2012- a la altura de los ejidos Paredón, Mesillas, Higo, Zertuche, y Mesón del Norte.	LS

### LISTA DE TABLAS

- Tabla 3.1 Información de los ejidos al norte de Ramos Arizpe que usan aguas del arroyo La Encantada para riego agrícola.
- Tabla 3.2 Límites establecidos en la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 para descargas al suelo
- Tabla 3.3 Derechos de extracción de agua de pozo para riego agrícola de ejidos que utilizan agua del arroyo La Encantada (1)
- Tabla 4.1 Acciones de agua del arroyo La Encantada otorgadas a los ejidos al norte de Ramos Arizpe.
- Tabla 4.2 Información (obtenida en campo) sobre el uso de aguas del arroyo La Encantada para riego agrícola en los ejidos al norte de Ramos Arizpe.
- Tabla 4.3 Superficie y cultivos sembrados en los ejidos que usan agua del arroyo La Encantada, en el período 1985-1999
- Tabla 5.1 Análisis de agua del arroyo Cárdenas aguas arriba de la Planta Tratadora Principal de Saltillo (Muestra tomada el 13/7/2009).

- Tabla 5.2 Análisis de agua del arroyo El Pueblo, al poniente de la Planta Tratadora Principal de Saltillo (Muestra tomada el 18/4/2012).
- Tabla 5.3 Análisis de agua del efluente de la Planta Tratadora Principal de Saltillo (Muestra tomada el 13/7/2009)
- Tabla 5.4 Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 13/7/2009 a la altura de la Carretera a Los Pinos en Ramos Arizpe.
- Tabla 5.5 Análisis de agua del arroyo La Encantada, bajo el puente del camino a Los Pinos (Muestra tomada el 18/4/2012)
- Tabla 5.6 Análisis del influente a la PTAR de Ramos Arizpe para una muestra tomada el 13/7/2009.
- Tabla 5.7 Análisis del efluente a la PTAR de Ramos Arizpe para una muestra tomada el 13/7/2009.
- Tabla 5.8 Análisis del arroyo La Encantada a la altura de la PTAR de Ramos Arizpe para una muestra tomada el 13/7/2009
- Tabla 5.9 Análisis de agua del arroyo La Encantada, antes de la planta tratadora de Ramos Arizpe (Muestra tomada el 18/4/2012)
- Tabla 5.10 Análisis de agua del arroyo La Encantada, después de la planta tratadora de Ramos Arizpe (Muestra tomada el 18/4/2012)
- Tabla 5.11a Análisis del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 13/7/2009 a la altura de Mesón del Norte.
- Tabla 5.11b Análisis del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura de Mesón del Norte.
- Tabla 5.12 Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura del ejido Zertuche.
- Tabla 5.13 Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura del ejido Higo.
- Tabla 5.14 Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura del ejido Mesillas.
- Tabla 5.15 Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura del ejido Paredón
- Tabla 6.1a Límites Máximos Permisibles de Contaminantes establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 para descarga en ríos o al suelo
- Tabla 6.1b Límites Máximos Permisibles para Contaminantes Básicos establecidos en la NOM-001 para descarga en ríos o al suelo
- Tabla 6.2 Comparación de los análisis de agua de los canales de riego de los diferentes ejidos que usan agua del arroyo La Encantada con los límites de la NOM-001-SEMARNAT-1996.
- Tabla 6.3 Límites Máximos Permisibles de los canales de riego de los diferentes ejidos que usan agua del arroyo La Encantada con los límites de la NOM-003.
- Tabla 6.4 Comparación de los análisis de agua de canales de riego de los diferentes ejidos que usan agua del arroyo La Encantada, con los límites de la NOM-003-SEMARNAT-1997.
- Tabla 7.1 Puntos muestreados a lo largo del arroyo La Encantada y valores correspondientes de coliformes fecales, huevos de helminto, DBO<sub>5</sub>, SST, G&A, cianuros y metales pesados.
- Tabla 7.2 Gastos estimados en los canales de riego de los ejidos Mesón del Norte, Zertuche, Higo, Mesillas y Paredón

## RESUMEN EJECUTIVO

El arroyo La Encantada, durante su recorrido por las zonas urbanas de los municipios de Saltillo y Ramos Arizpe, recibe las descargas de: a) las aguas residuales municipales tratadas de los dos municipios; b) las aguas residuales de varios fraccionamientos cuyos drenajes no están todavía conectados a los colectores que llegan a las plantas tratadoras; y c) las aguas residuales industriales y/o sanitarias –total o parcialmente tratadas, o sin tratamiento alguno- de algunas empresas localizadas en zonas cercanas a los márgenes del arroyo.

La calidad del agua del arroyo La Encantada varía a lo largo del mismo. Análisis realizados a muestras tomadas en varios puntos del arroyo (Fig. 7.1 y tabla 7.11) permiten concluir que la calidad del agua varía a lo largo del arroyo. En especial, se observan los siguientes cambios en la dirección del flujo:

- La conductividad y el contenido de SDT aumentan, en especial a la altura del arroyo Mesillas.
- Los SST y la turbiedad disminuyen. El agua, que se ve muy turbia a la altura de Mesón del Norte, se va aclarando a medida que el agua fluye, y es bastante clara a la altura de Paredón.

Ninguno de los metales pesados sobrepasa los límites de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, en ninguno de los puntos del arroyo.

Desde hace varias décadas<sup>1</sup> los agricultores de la Hacienda Santa María y los ejidos Mesón del Norte, Zertuche, Higo y Mesillas han estado usando aguas del arroyo La Encantada, el cual hasta el año 2008 estuvo recibiendo la totalidad de las aguas residuales municipales de Saltillo y Ramos Arizpe sin tratamiento alguno. El uso agrícola en los ejidos Paredón y San Francisco Paredón es mucho más reciente, dado que estos ejidos sólo empezaron a recibir aguas del arroyo en forma permanente a partir de los años noventas, a medida que fueron creciendo las poblaciones de Saltillo y Ramos Arizpe, y la descarga de sus aguas residuales al arroyo La Encantada.

En 2008 empezaron a operar las tres plantas tratadoras de aguas residuales municipales de las dos ciudades (Principal y Gran Bosque Urbano en Saltillo y la de Ramos Arizpe). La calidad de agua del arroyo mejoró sensiblemente, pero aunque actualmente cumple con los límites de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 para riego agrícola, no lo hace con los establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997 para reúso en servicios al público.

Gran parte del agua que conduce el arroyo La Encantada se pierde por evaporación o infiltración en el trayecto de 70 kms. aproximadamente que mide el tramo comprendido entre el sitio donde se ubica la Planta Tratadora Principal de Saltillo y el ejido Paredón; y en los canales de riego de los ejidos. Además, el riego se hace por aniego (inundando los terrenos), lo cual no es el método más eficiente de uso de agua. La forma en que se conduce y distribuye el agua del arroyo no es la mejor para su utilización sustentable.

---

<sup>1</sup> Las accesiones correspondientes para el ejido Mesón del Norte y la Hacienda Santa María datan de 1942, casi 70 años

Los ejidatarios del norte de Ramos Arizpe utilizan agua del arroyo para riego de forrajes que sirven de alimento a sus pequeños rebaños. Despojarlos de dicha agua podría crear un problema social.

Actualmente sólo el Mpio. de Saltillo reúsa parte del agua que se trata en la planta del Gran Bosque Urbano y una cantidad mínima (10 Lps) de la planta tratadora Principal. Tanto Saltillo como Ramos Arizpe tienen en la actualidad compromisos y/o planes para comercializar al menos una porción relativamente importante del efluente de sus plantas tratadoras (150 Lps en Saltillo y 40 Lps en Ramos Arizpe). Cuando esto se materialice, se reducirá en una porción equivalente el caudal que conduce el arroyo La Encantada en época de secas, lo cual podría afectar en forma significativa a los ejidatarios al norte de Ramos Arizpe.

Existen otros usos (industriales y urbanos principalmente) para el agua residual tratada, tal vez más sustentables que el riego agrícola que actualmente tiene lugar (en el sentido de que las pérdidas por evaporación e infiltración que actualmente se tienen en el arroyo se reducirían apreciablemente), por ejemplo el riego de parques y jardines urbanos.

Sobre la base del estudio presentado en el presente documento, se recomienda:

- Conectar todas las descargas de los fraccionamientos de Saltillo y Ramos Arizpe, que en la actualidad se descargan al arroyo La Encantada sin tratamiento alguno, a los colectores que alimentan a las plantas tratadoras de aguas residuales de las dos ciudades. Estas plantas tienen todavía bastante capacidad disponible, en especial la Principal de Saltillo.
- Exigir a las industrias y parques industriales que den debido tratamiento a sus aguas residuales.
- Establecer un reglamento para el reúso de aguas residuales municipales tratadas.
- No se puede seguir considerando el manejo del agua residual, similar al manejo del agua de primer uso en zonas de riego, por los riesgos que están latentes en este uso y por el acondicionamiento del agua y suelo que se realiza. La creación de un “Distrito de Riego con Aguas Residuales” (DIRAR), que comprenda todos los usuarios de las aguas del arroyo La Encantada, podría permitir eficientar el uso del agua y tener un mejor control sanitario de su utilización agrícola y pecuaria.
- Llevar a cabo un estudio-socio-económico de los ejidos que utilizan agua del arroyo La Encantada, para determinar sus necesidades reales de agua de riego, y buscar alternativas de medios de vida para los ejidatarios, en caso de que se reduzca el caudal disponible de agua del arroyo.
- Plantear alternativas que permitan asegurar la subsistencia de los ejidatarios al norte de Ramos Arizpe que actualmente utilizan agua del arroyo La Encantada, no sólo cuando se dé el reúso actualmente comprometido y/o planeado en las dos ciudades, sino también para el caso en que consideren otras posibilidades de reúso en las áreas urbanas.

- Los estudios que se lleven a cabo deben considerar la forma en que se compensaría la reducción del caudal de agua de que actualmente disponen los ejidatarios. Para ello se propone tener en cuenta las siguientes sugerencias:
  - a) Las industrias y usuarios urbanos (p.ej. fraccionamientos) reducirían la extracción de agua de pozo al usar aguas residuales municipales tratadas, por lo que no requerirían de la totalidad de los derechos que tienen actualmente. Se podría intercambiar -a los ejidatarios que requieran de agua para riego de forrajes- agua del arroyo por agua de pozo. Esto implicaría dotarlos de los derechos de extracción correspondientes.
  - b) Las pérdidas por evaporación e infiltración que actualmente se dan en el arroyo La Encantada podrían reducirse mediante el recubrimiento de los canales de riego, o – lo que sería mejor desde el punto de vista del aprovechamiento del agua, pero mucho más costoso- la construcción de una tubería para conducir el agua a los ejidos;
  - c) Se debe considerar la implementación de métodos más eficientes para aplicar el agua a los campos de cultivo; y/o
  - d) Buscar otras actividades en que pudieran ocuparse los ejidatarios, que les permitan obtener ingresos para comprar los forrajes que actualmente consumen sus pequeños rebaños.

Finalmente, es importante señalar que existe un documento publicado por la Comisión Nacional del Agua en marzo de 2010, titulado “Manual para el manejo de zonas de riego con aguas residuales”, el cual contiene información que podría ser de gran utilidad para “realizar un ordenamiento realista del actual uso y planear un aprovechamiento seguro de las explotaciones futuras de aguas residuales para riego”.

El propósito de este manual, según se indica en el prólogo del mismo “...es que el usuario cuente con una serie de criterios que permitan concertar la mejor operación de zonas de riego que utilizan actualmente aguas residuales, y tener las bases para establecer nuevos aprovechamientos con estas aguas, principalmente en zonas de gran escasez o conflicto por el uso del agua; tendiendo a minimizar los riesgos de afectar a la salud pública y al sistema agronómico y haciendo especial énfasis, en incrementar o sostener la productividad agrícola de la zona de riego, para lograr la meta de un desarrollo sustentable.”

En este documento: a) se plantea la situación actual del reúso de aguas residuales en la agricultura, considerando sobre sus ventajas y desventajas, que implican el ordenamiento y control de las aguas residuales; b) se describen las diferentes alternativas de manejo de manera muy accesible para minimizar los riegos, y lograr una mayor eficiencia a menor costo; c) se presentan los métodos de manejo y control para superar o adaptar los problemas originados por la calidad del agua residual; y d) se presenta un esquema administrativo para el reúso de aguas residuales.

Adicionalmente, este documento será de gran utilidad para las actividades que algunos de los integrantes de este grupo de trabajo, y/o los estudiantes que los apoyen, desarrollarán en la segunda etapa del proyecto “Plan integral de reúso de las aguas residuales municipales tratadas (ARMT) de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga”.

## CRÉDITOS

Actividad	Responsable
Estructuración y escritura del presente documento	- Dra. Gloria Tobón de Garza
Visitas a dependencias gubernamentales)	- Dra. Gloria Tobón de Garza - Dr. Luis Samaniego - Dr. Luis Aguirre Villaseñor (1)
Investigación de gabinete (Búsqueda de información en internet, INEGI, Registro Agrario Nacional, Diario Oficial de la Federación, y en bibliotecas reales y virtuales)	- Dra. Gloria Tobón de Garza.
Trabajo de campo (Visitas al arroyo La Encantada y ejidos)	- Dr. Luis Samaniego - Ing. Alfredo Valdés - Dra. Gloria Tobón de Garza - M.C. Raúl Herrera Mendoza, de COMIMSA (visitas de campo realizadas en 2009). - Dr. Luis Aguirre Villaseñor,
Muestreo	- Dr. Luis Samaniego - Ing. Manuel Antonio Álvarez Garza, COMIMSA
Análisis de laboratorio	- Lic. Ma. del Socorro García de CINVESTAV - Q.F.B. Odette Gutiérrez y T.S.U. Rodrigo Alejandro Soto Vélez, COMIMSA
Aforos de flujo de agua en canales de riego de los ejidos Paredón, Mesillas, Higo, Zertuche y Mesón del Norte	- Dr. Luis Samaniego - Ing. Manuel Antonio Álvarez Garza, COMIMSA
Fotografías	- Dr. Luis Samaniego - Gloria Tobón de Garza. - Juan Crouset (capilla de Santa María) - Roberto Ramos (arroyo La Encantada)
Revisión del documento, desde el punto de vista de CONAGUA	- Ing. Armando Alonso (CONAGUA)
Revisión final del documento	- Dra. Lourdes Díaz y - Dr. Salvador Carlos

(1) *Profesor investigador del Depto. de Estudios Socio Económicos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).*

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen en forma especial a las siguientes personas, funcionarios de Dependencias Gubernamentales relacionadas con el tema del presente estudio, Comisariados Ejidales o habitantes de ejidos al norte de Ramos Arizpe, la información que proporcionaron, la mayor parte de la cual fue utilizada para la elaboración del presente documento.

<b>Nombre</b>	<b>Dependencia o Ejido</b>	<b>Posición</b>
Ing. Tomás Ibarra	CONAGUA	Director de Admon. Del Agua de la Delegación en el Edo. de Coahuila
Ing. Armando Alonso	Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila	Subdelegado de Asistencia Técnica Operativa
Ing. Antonio Méndez Aguiñaga	Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila	Jefe del Depto. de Hidrometría y Climatología
Ing. Tomás Méndez Aguiñaga	Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila	Jefe de Depto. de Saneamiento y Plantas de Tratamiento
Ing. Jesús Hurtado	SAGARPA	Jefe de Distrito de Desarrollo Rural - Saltillo
Ing. Jorge Molina Valero	Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CÁDER) de Ramos Arizpe	Ex-jefe de oficina, y actual Jefe de Distrito de SAGARPA-Saltillo.
Ing. Alberto Fuentes Dávila	CÁDER de Ramos Arizpe	Responsable
Ing. Vicente García Loera	CEAS	Gerente de Agua Limpia y Saneamiento
Lic. Tlahuiz Segura Teniente	Desarrollo Rural de Ramos Arizpe	Director
Sr. Víctor Hugo Saldaña	Congregación Santa María	Presidente
Sr. Francisco Gil Loera	Ejido Mesón del Norte	Comisariado ejidal hasta el 14-Mar-2012.
Sr. Jorge Loera Galván	Ejido Mesón del Norte	Agricultor
Sr. Raúl Ariel Salinas Flores	Ejido Zertuche	Comisariado ejidal
Sr. Juan Cruz Espinoza	Ejido Zertuche	Agricultor
Sr. Mario Pérez Rubio	Ejido Higo	Comisariado ejidal
Sr. Benito Obregón González	Ejido Higo	Agricultor / Guardia de FFCC
Sr. Guadalupe Meléndez	Ejido Mesillas	Comisariado ejidal
Joven Christian García Meléndez	Ejido Mesillas	Estudiante
Sr. Florentino Rodríguez	Ejido Paredón	Comisariado ejidal
Sr. Rafael Pérez Salazar	Ejido San Francisco Paredón	Comisariado ejidal
Joven Leandro Arreola	Ejido San Francisco Paredón	Su abuelo es agricultor. Él le ayuda.

## 1. GENERALIDADES

De <http://www.banderas.com.mx/coahuila.htm>

“...Esta corriente (el arroyo La Encantada) tiene su formación en la parte sur del Municipio de Saltillo en el poblado denominado la Encantada y en las sierras del municipio de Arteaga, siguiendo una trayectoria hacia el noreste pasando por la ciudad de Saltillo y Ramos Arizpe y el poblado de Paredón, con una longitud de 77 Km hasta su confluencia con el arroyo Patos. Sus escurrimientos se aprovechan para riego, principalmente en el municipio de Ramos Arizpe...”

En su paso por Saltillo, a este arroyo se le conoce como “El Pueblo”. Después de su confluencia con el arroyo Cárdenas (o Madre), al sur del municipio de Ramos Arizpe, recupera su nombre, como se puede apreciar en la foto siguiente (tomada de Google).



Arroyo El Pueblo

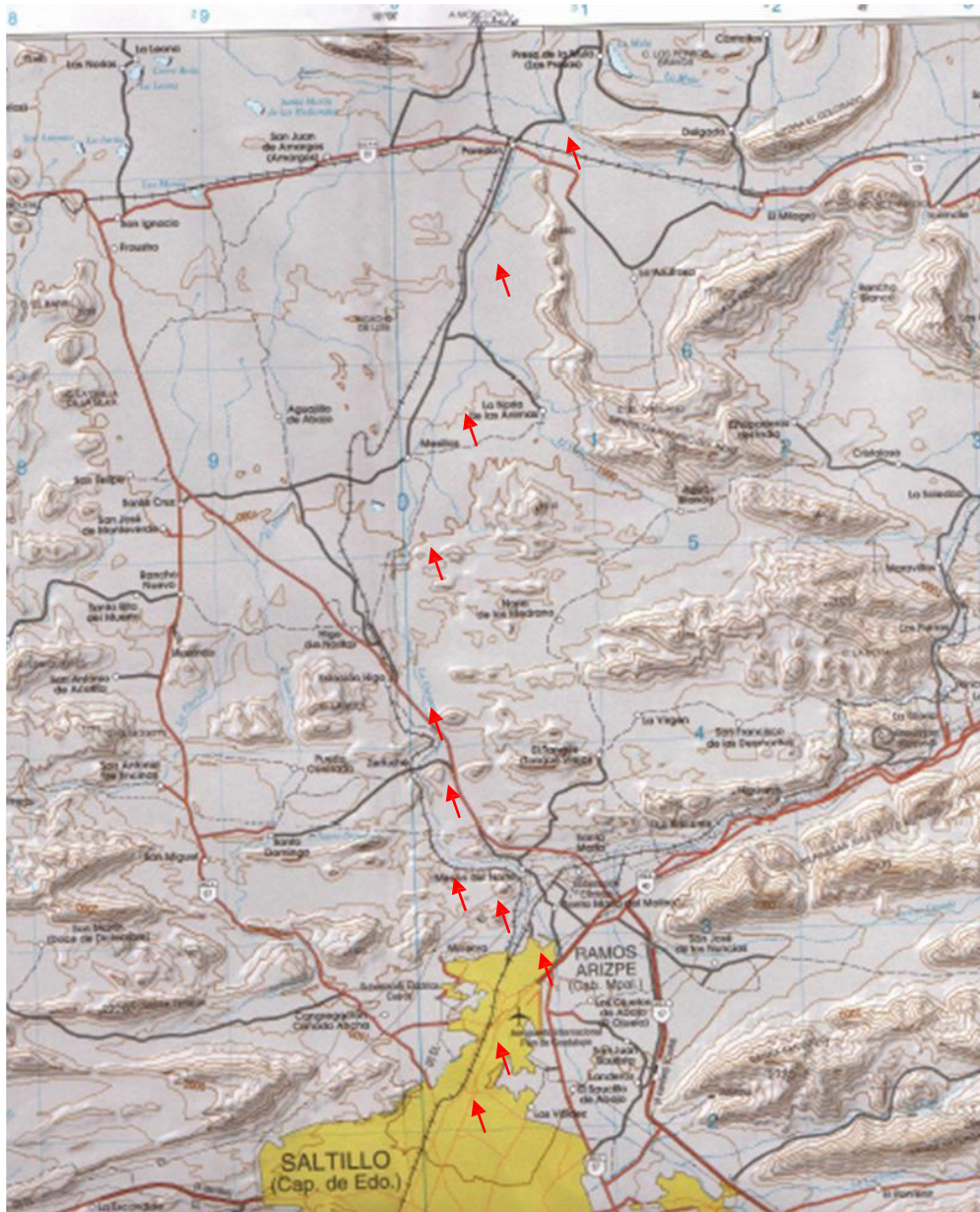
Arroyo Cárdenas

**Foto 1.1 (tomada de GoogleEarth).- Arroyo El Pueblo en la zona urbana de Ramos Arizpe.**



El arroyo La Encantada ha sido un punto de referencia muy importante en el municipio de Ramos Arizpe. En la zona urbana de este municipio, la margen oeste del río está en la actualidad mucho menos poblada que la margen oriental, como se indica en la foto anterior y en el plano de abajo.

A la altura de El Mesón del Norte (al norte de la zona urbana de Ramos Arizpe), el arroyo La Encantada se desvía hacia el oeste, recorre unos cuantos kilómetros en la dirección este-oeste, y luego toma de nuevo hacia el norte, hasta desembocar en el arroyo Patos, en la vecindad del poblado Anhele (ver Fig. 1.1).



**Fig. 1.1 (tomada de la carta topográfica Monterrey G14-7 (1:250 000) de INEGI.- Arroyo El Pueblo al norte de Ramos Arizpe.**

El arroyo la Encantada pasa –además- al lado de los siguientes poblados, en el municipio de Ramos Arizpe: Zertuche, Higo, Mesillas y Paredón.



## 2. AGUAS RESIDUALES QUE DESCARGAN AL ARROYO LA ENCANTADA

El arroyo La Encantada es el principal cuerpo receptor de las descargas de aguas residuales municipales de las ciudades de Saltillo y Ramos Arizpe; al igual que de las descargas de aguas residuales de las industrias de Saltillo localizadas en el corredor Isidro López Zertuche; y de los parques industriales Pydeco, Santa María, FINSA y otras industrias aisladas (el Complejo Ramos Arizpe de General Motors, la planta de Motores de Chrysler, DeAcero y Fersinsa, entre otras) en el Municipio de Ramos Arizpe.

Además de recibir las descargas de aguas residuales (que han recibido tratamientos primario y secundario) de las Plantas Tratadoras Principal de Saltillo y de Ramos Arizpe, el arroyo La Encantada también colecta las corrientes de aguas residuales domésticas no tratadas de varios fraccionamientos de Saltillo, que conducen los arroyos Cárdenas y El Pueblo (Foto 2.1)



**Foto 2.1 (tomada de GoogleEarth).- Confluencia de los arroyos Cárdenas y El Pueblo, al norte de Ramos Arizpe.**

Las fotos 2.2a y 2.2b muestran el arroyo Cárdenas en época de secas, en las que su caudal está construido principalmente por el efluente de la planta tratadora Principal de Saltillo, además de las descargas de: a) la planta de DeAcero y otras industrias localizadas en las dos márgenes del arroyo –en el tramo comprendido entre el Complejo Ramos Arizpe y la planta de Motores de Chrysler-, y b) algunos fraccionamientos localizados al norte de Saltillo.



## Fotos 2.2.- Arroyo La Encantada al sur de Ramos Arizpe, en época de secas

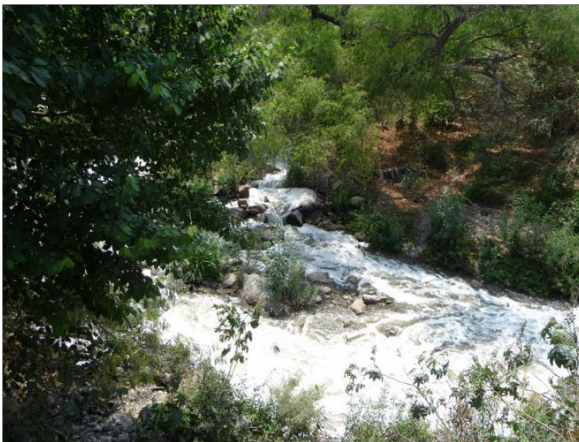


a. Caída de agua en el arroyo Cárdenas, antes de su confluencia con el arroyo El Pueblo (al lado oeste de la prolongación del Blvd. I. López Zertuche), frente a la planta de Motores de Chrysler.



b. Caída de agua en el arroyo Cárdenas, antes de su confluencia con el arroyo El Pueblo (tomada desde otro ángulo (entrada por la casa de Don Lázaro Hernández, al frente del cerro de La Cruz).

El arroyo El Pueblo (cuya confluencia con el arroyo Cárdenas se muestra en las fotos 2.1c y 2.2d) recibe las descargas de algunos fraccionamientos y empresas localizados al poniente de Saltillo



c. Punto en que se juntan las dos corrientes en que se separa el arroyo en la caída de agua. Se observa espuma abundante.



d. Confluencia de los arroyos Cárdenas y El Pueblo, vista desde el lado poniente del arroyo.

Las aguas del arroyo La Encantada, al norte de la confluencia de los arroyos Cárdenas y El Pueblo –al sur de la zona urbanizada de Ramos Arizpe- (Fotos 2.2e a 2.2g) presentan algunos signos de contaminación (turbidez y color amarillento).





e. Espuma que se forma en el agua del arroyo después de la cascada.



f. Arroyo La Encantada al norte del cruce con la carretera a Los Pinos, al sur de Ramos Arizpe.

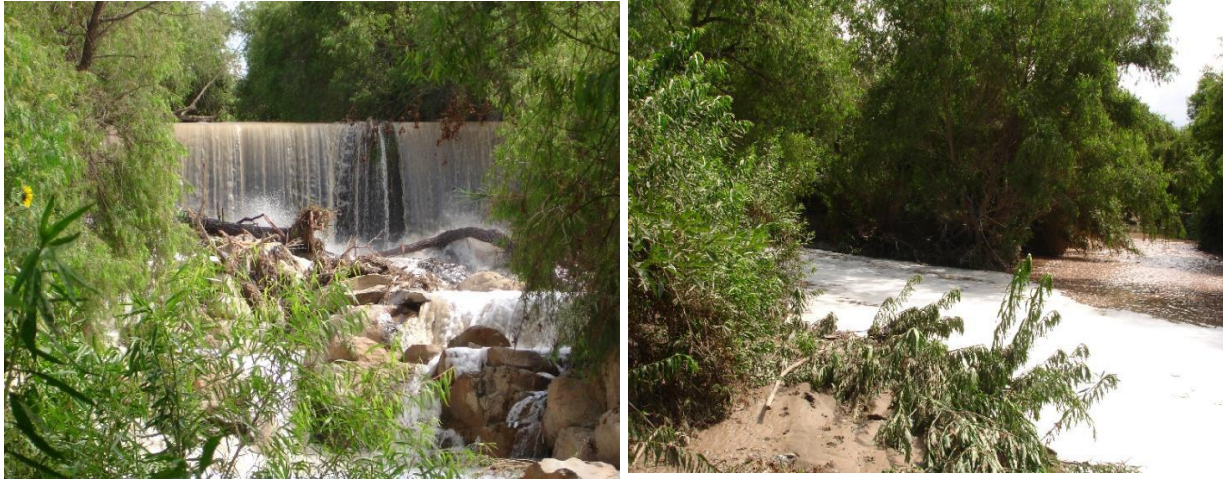


g. Arroyo La Encantada en el cruce con carretera a Los Pinos al sur de Ramos Arizpe (foto del arroyo al sur del puente, tomada el 10/7/09).

En época de lluvias, el arroyo La Encantada arrastra caudales muy altos, colectados a lo largo de su trayectoria, desde el ejido La Encantada al sur de Saltillo, hasta su confluencia con el arroyo Patos, en la vecindad del ejido Paredón, al norte de Ramos Arizpe. Las fotos 2.3a y 2.3b fueron tomadas en los mismos puntos que las 2.2a, 2.2b y 2.2c, correspondientes a la época de secas. Puede apreciarse el flujo mucho mayor de agua, comparado con la época de secas, en especial en el arroyo El Pueblo.



**Fotos 2.3.- Arroyo La Encantada al sur de Ramos Arizpe, en época de lluvias**



a. Caída de agua en el arroyo Cárdenas, antes de su confluencia con el arroyo El Pueblo (al lado oeste de la prolongación del Blvd. I. López Zertuche), frente a la planta de Motores de Chrysler (entrada por la casa de Don Teófilo Villegas, al frente del cerro de La Cruz)

b. Confluencia de los arroyos Cárdenas y El Pueblo, al norte de la PTAR Principal de Saltillo (entrada por la casa de Don Teófilo Villegas, al frente del cerro de La Cruz).

La foto 2.3 fue tomada en un punto más al norte del arroyo La Encantada, a la altura del centro de Ramos Arizpe.



**Foto 2.4.- Arroyo La Encantada a la altura del centro de Ramos Arizpe, en época de lluvias.**

A la altura del parque industrial Pydeco, el arroyo recibe la descarga de la planta tratadora de Fersinsa, y más adelante la de la Planta Tratadora de aguas residuales municipales de Ramos Arizpe, además de las aguas residuales de las plantas de las empresas localizadas en los parques industriales Pydeco (o Saltillo-Ramos Arizpe) y Santa María, las cuales no reciben tratamiento, o lo reciben en forma incompleta, por lo que seguramente no cumplen con los límites establecidos en la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 para descarga en ríos que se utilizan para riego agrícola (Tablas 6.1a y 6.1b). Para corroborar esta suposición, se solicitó información –a través de InfoCoahuila- al organismo operador de Ramos Arizpe, SAPARA, sobre las descargas de empresas de dichos parques. Sin embargo, la información no se proporcionó, sobre la base de que es reservada.

En el Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe existe un registro (el C-4, localizado al poniente de la estación de Policía), en el cual se descargan las aguas residuales de varias empresas y fraccionamientos de Saltillo y Ramos Arizpe, las cuales se transportan en camiones cisterna (pipas) desde la planta o fraccionamiento respectivo. También se solicitó información a SAPARA –a través de InfoCoahuila- sobre las descargas que se hacen al registro C-4, pero igualmente dicha información no pudo ser obtenida.

Tanto para el caso de las descargas de industrias, como para el registro C-4, se interpuso un recurso de revisión a través del Instituto Coahuilense de Acceso a la Información (ICAI). Se espera que por este medio sea posible obtener la información solicitada, la cual sería presentada en el reporte de la segunda etapa de este proyecto.

Después de la descarga de la planta tratadora municipal de Ramos Arizpe, prácticamente no se reciben descargas de fraccionamientos, ni de industrias, a no ser que se hagan en forma clandestina.

### 3. INFORMACIÓN SOBRE EJIDOS AL NORTE DE RAMOS ARIZPE QUE USAN AGUAS DEL ARROYO LA ENCANTADA PARA RIEGO AGRÍCOLA

#### 3.1.- Información general de los ejidos

La tabla 3.1 presenta información de los ejidos al norte de Ramos Arizpe que usan agua del arroyo La Encantada para riego agrícola, tomada del Censo 2010 de Población y Vivienda del INEGI.

**Tabla 3.1.- Información de los ejidos al norte de Ramos Arizpe que usan aguas del arroyo La Encantada para riego agrícola (1)**

Ejido	Santa Ma. del Rosario	La Viña Sta. Ma.	Mesón del Norte	Zer-tuche	Est. Higo	Higo (La Norita)	Mesi-llas	Pare-dón	Total
Longitud	100.9072	100.8901	00.9372	100.9883	101.0211	101.0211	100.9906 / 100.9847	100.9336	-
Latitud	25.6058	25.6039	25.6078	25.6544	25.6942	25.7211	25.8075 / 25.8049	25.9475	-
Altura snm	1,290	1,300	1,290	1,180	1,120	1,080	920	770	-
Habitantes	73	16	121	27	70	31	100/51	1,137	1575
Hombres	35	7	65	14	37	18	58/24	585	819
Mujeres	38	9	56	13	33	13	42/ 27	562	766
Adultos	38	9	82	24	41	21	63 / 37	682	960
>60 años	8	2	14	13	8	7	17 / 8	141	210
Menores de edad	35	7	39	3	29	10	37 / 14	455	615
IMSS	41	8	19	5	0	6	0 / 1	309	389
Familias	18	4	28 (2)	10	17	10	25 / 18	304	388
Viviendas c/piso tierra	1	0	1	4	2	0	2/0	20	30
Viviendas c/1 sola hab.	3	0	2	0	0	1	2 / 2	23	31
Instalaciones sanitarias	17	4	25	4	17	8	24 / 18	290	389
Conex. a serv. público	0	0	0	0	0	0	24 / 18	295	319
Luz eléctrica	18	4	28	9	17	9	24 / 18	293	402
Computadora	0	0	0	0	0	0	0 / 0	2	2
TV	18	4	24	8	14	7	18 / 15	281	374
Lavadora	14	2	18	5	11	7	8 / 7	181	246
Analfabetos	4	2	8	8	4	3	6 / 4	83	118
6-14 años sin escuela	0	0	2	0	2	1	1 / 0	15	21
<b>&gt;15 años</b>									
Sin escolaridad	4	3	11	4	5	3	7 / 4	61	98
Escolar. incompleta	31	4	48	17	36	18	42 / 26	446	642
Educ. básica	6	3	28	1	6	1	14 / 9	172	231
Educ. post-básica	0	0	3	0	1	0	2 / 0	35	41
Escolaridad media	5	5	6	3	5	4	5 / 5	6	39
Grado de marginación	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	-

(1) Información tomada del Censo 2010 de Población y Vivienda del INEGI.

(2) Según el Sr. Francisco Gil Loera, Comisariado Ejidal de Mesón del Norte, el número de familias es de 38, y no 28, como lo indica el Censo.

El suministro de agua potable para consumo humano se obtiene de pozos localizados en los mismos ejidos. En los ejidos Santa María, Mesón del Norte, Mesillas y Paredón, el contenido de sales en el agua de pozo es alto, por lo que se tienen instalados equipos de ósmosis inversa para producir agua potable, la cual se reparte en garrafones a los ejidatarios.

Al ganado (vacuno, ovino y caprino) le dan de beber agua del arroyo, y lo alimentan de forrajes que producen en sus parcelas, utilizando la misma agua. Una vez al año representantes del SINIGA (Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado) de SAGARPA hacen una revisión del estado de salud de los animales.

Para los ejidos al norte de Ramos Arizpe localizados en las márgenes del arroyo La Encantada, las aguas de éste son la base de su economía.

### **3.2.- Información de campo recabada en los ejidos**

#### **3.2.1 Congregación Santa María (Santa María del Rosario)**

Esta congregación, que inicialmente pertenecía a la hacienda del mismo nombre, es una de las más antiguas del Mpio. de Ramos Arizpe. La foto 3.1 muestra su localización y algunos datos relevantes.



**Foto 3.1.- Localización, No. de habitantes y altura snm de Santa María del Rosario.**

Como lo muestra la Fig. 3.1, esta congregación (que junto con La Viña Santa María –Foto 3.2- se considera de protección ecológica) ya quedó enclavada dentro de un área



considerada como de uso industrial en el Plan Director de Desarrollo del Mpio. de Ramos Arizpe publicado en 2005.



**Fig. 3.1.- Localización de la Hacienda Santa María dentro del parque industrial del mismo nombre en Ramos Arizpe.** (Color morado claro; industria pesada; color morado oscuro: industria ligera; verde: recreación, deporte, áreas verdes y espacios abiertos; verde achurado: protección ecológica).



**Foto 3.2.- Localización, No. de habitantes y altura snm de La Viña Santa María.**

Las autoridades de INHA han considerado que la capilla de Santa María debe ser protegida (Foto 3.3), ya que en ella el cura insurgente Miguel Hidalgo y Costilla ofició su última misa. El gobernador Rubén Moreira anunció hace poco que se hará una inversión importante para su renovación.



**Foto 3.3.- Capilla de la Hacienda Santa María en Ramos Arizpe Coahuila  
(Cortesía de Juan Crouset)**

Hoy, son sólo 22 las familias que viven en los terrenos de la antigua hacienda Santa María (en Santa María del Rosario y La Viña), las cuales, como se verá con más detalle en el capítulo 4 no están recibiendo –desde julio de 2010- agua del arroyo La Encantada para riego agrícola. Estas familias ya vendieron sus animales; los nogales (cerca de 2,000) ya se secaron, y la mayor parte de los hombres trabajan como albañiles. Algunos han vendido también terrenos a la empresa DAVISA, propietaria original de la mayor parte de los terrenos del Parque Industrial Santa María.

El Ing. Héctor Gil del Bosque es el actual propietario del casco de la hacienda Santa María (Viña Santa María).

### **3.2.2 Ejido Mesón del Norte**

El área donde se encuentra este ejido (Ver foto 3.4 en la página siguiente) no se considera como de uso industrial en el Plan Director de Desarrollo del Mpio. de Ramos Arizpe publicado en el 2005. Sin embargo, algunas empresas ya han empezado a comprar algunas tierras en el ejido. Por ejemplo: a) las compañías Apasco y Kimberly Clark para la construcción de sus plantas al norte de la zona urbana de Ramos Arizpe, (a través del ex-Alcalde Ernesto Saro Boardman; b) la CFE para sus líneas de conducción, c) la empresa española que construyó la autopista Saltillo-Ramos Arizpe, y d) la empresa



DeAcero del Norte (Ver Apéndice A-1). Algunos ejidatarios han recibido sumas millonarias (hasta \$120/m<sup>2</sup>, lo que equivale a \$ 5 millones o más en total) por sus tierras. Sin embargo, la mayor parte de los agricultores de Mesón se aferran a su terruño y no tienen planes para abandonar la agricultura, al menos por el momento. Algunos de ellos tienen árboles frutales (nogales, duraznos, membrillos y granados principalmente) en sus parcelas (Foto 3.5).



**Foto 3.4.- Localización, No. de habitantes y altura snm del ejido Mesón del Norte.**



**Foto 3.5.- Árboles frutales en una parcela de Mesón del Norte.**

### 3.2.3 Ejido Zertuche

Esta es una comunidad agrícola muy pequeña, compuesta por 7 familias únicamente. Los ejidatarios cultivan forrajes, que usan para alimento de sus pequeños rebaños de ovejas y cabras.



Foto 3.6.- Localización, No. de habitantes y altura snm del ejido Zertuche.

### 3.2.4 Ejido Higo

Este ejido es básicamente una localidad agrícola, en la que habitan sólo diez familias, las cuales cultivan forrajes y crían pequeños rebaños de ovejas y cabras.



Foto 3.7.- Localización, No. de habitantes y altura snm del ejido Higo.

### 3.2.5 Ejido Mesillas

Este ejido ha sido básicamente una localidad agrícola y de ganadería vacuna.



**Foto 3.8.- Localización, No. de habitantes y altura snm del ejido Mesillas.**

En esta localidad se está construyendo actualmente un penal de alta seguridad, para lo cual se extrae agua residual del arroyo La Encantada.

En la vecindad del ejido existen sistemas de pivote central, pertenecientes a agricultores no ejidales, los cuales extraen agua de pozo para fines de riego.

### 3.2.6 Ejidos Paredón y San Francisco Paredón

Estos dos ejidos (que en los censos de INEGI aparecen bajo una sola denominación: Paredón) cuentan con la mayor parte de la población ejidal de Ramos Arizpe que habita en las márgenes del arroyo La Encantada.

La venta de terrenos ejidales a particulares ha dado lugar a la creación de varias huertas de nogales, que se riegan con agua de pozo y a base de riego por goteo.

En la vecindad del ejido se encuentran aguas termales (Termas de San Joaquín y La Azufrosa), las cuales atraen a la zona turistas de Monterrey y Saltillo principalmente.





**Foto 3.9.- Localización, No. de habitantes y altura snm de Paredón.**

### **3.3.- Información recabada de las autoridades federales, estatales y municipales que tienen que ver con los ejidos**

#### **3.3.1. Lic. Tlahuiz Segura Teniente (Director de Desarrollo Rural de Ramos Arizpe)**

El personal de la Dirección de Desarrollo Rural (Ings. Luévanos, Margil y Cabello) visita los ejidos una vez al mes, para dar seguimiento al programa anual de trabajo. Una vez al mes tienen también reunión de Consejo.

La dirección de Desarrollo Rural del Estado desarrolló 60 proyectos (apoyados con fondos federales y municipales) para el 2011, de los cuales se aprobaron 44-46.

El Mpio. de Ramos Arizpe envía brigadas de salud, cuidado dental y sicología a los ejidos, para apoyarlos en diferentes aspectos

Según el Lic. Tlahuiz, la congregación Santa María está por desaparecer. La iglesia de la Virgen del Rosario, que ahí se encuentra es un ícono de Ramos Arizpe. El gobierno estatal anunció hace poco una inversión importante para preservar este patrimonio histórico.

En cambio, se espera crecimiento en el ejido de Mesillas, en donde se construye actualmente un penal de alta seguridad.

A los pobladores de Zertuche les acaban de ayudar con un papalote, para que las personas y animales dispongan de agua para sus necesidades básicas.

El ejido Anheló (al norte de Paredón) tiene mucha agua, proveniente de un manantial.

### **3.3.2 Ing. Alberto Fuentes (Ingeniero de la Oficina de CÁDER en Ramos Arizpe)**

El Ing. Fuentes considera que el agua del arroyo La Encantada es fundamental para la economía de los ejidos que se encuentran en sus márgenes, al norte de Ramos Arizpe. Despojarlos de dicha agua crearía un problema social.

La precipitación regional es muy baja (300-350 mm) y se concentra en unos pocos días por año. Faltan estanques para almacenar y permitir aprovechar mejor el agua de lluvia.

La actual administración municipal de Ramos Arizpe no le ha dado mucha importancia al campo. La inversión en proyectos rurales (que llegó a ser hasta de 14 millones por año), ahora no pasa de \$ 5 millones

### **3.3.3 Ing. Jorge Molina Valerio (Fue Jefe de la Oficina de CÁDER en Ramos Arizpe, ahora es Jefe del Distrito SAGARPA-Saltillo)**

De acuerdo a la información proporcionada por el Ing. Molina, el número aproximado de agricultores que usan agua del arroyo La Encantada al norte de Ramos Arizpe es de:

Mesón	30
Zertuche	20
Higo	25
Mesillas	30
San Rafael	10
Paredón:/San Fco. Paredón	50
Pequeños propietarios	30
<b>Total</b>	<b>200</b>

El total de hectáreas de riego es de 650 aproximadamente, pero depende del ciclo (primavera-verano u otoño-invierno). Se cultivan forrajes, principalmente, para alimentación de ganado (bovino de carne y caprinos). Llega más agua en invierno (de octubre a febrero).

Antes había muchos pleitos entre los ejidos por el uso del agua, ahora no. Aparentemente ha habido una auto-regulación a través de los años.

Antes se regaban huertas de nogales y otros cultivos en la cabecera municipal, por lo que el arroyo llevaba menos agua, pero ahora la mayor parte de estos terrenos se han fraccionado.

CONAGUA debe regular el uso del agua en el arroyo. El Ing. Molina no sabe de gestiones que hayan hecho los campesinos para regularizar la situación del uso del agua residual.

Al retirar el agua del cauce del arroyo se afectaría mucho a los agricultores. La ejecución de las obras de control (para regular la cantidad de agua que se envía a los diferentes ejidos) corresponde a los agricultores. Ellos deberán gestionar la ayuda correspondiente con alguna de las entidades oficiales involucradas: CONAGUA, Conaza y/o SAGARPA.

### 3.3.4 Ing. Tomás Ibarra (Director de Admon. del Agua de la Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila)

Ing. Ibarra empezó la entrevista indicando que la Ley de Aguas Nacionales no incluye concesiones de aguas residuales.

Según el Ing. Ibarra, la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 permite sólo riego de forrajes con aguas residuales.

Sin embargo, la misma norma define “riego restringido” como la “utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas”; y riego no restringido como “La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras.”. De acuerdo a la norma, el riego de maíz, frijol y otras verduras que se cocinen antes de comer sería permisible cuando el agua contenga hasta 5 huevos por litro (Tabla 3.2).

Se deben respetar los límites que se indican en la tabla 3.2 para las descargas vertidas al suelo (uso en riego agrícola):

**Tabla 3.2.- Límites establecidos en la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 para descargas al suelo**

PARAMETROS (*) (miligramos por litro)	SUELO Uso en riego agrícola (A)	
	P.M.	P.D.
Coliformes fecales, como número más probable (NMP) por cada 100 ml	1,000	2,000
Huevos de helminto para riego restringido	1/L	1/L
Huevos de helminto para riego no restringido	5/L	5/L
pH	5-10	5-10
Grasas y Aceites (2)	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente
Arsénico	0.2	0.4
Cadmio	0.5	0.1
Cianuro	2.0	3.0
Cobre	4	6.0
Cromo	0.5	1.0
Mercurio	0.005	0.01
Níquel	2	4
Plomo	5	10
Zinc	10	20

(\*) Medidos de manera total.

P.D. = Promedio Diario

P.M. = Promedio Mensual

N.A. = No es aplicable

El Ing. Ibarra consultó el Registro Público de Derechos de Agua en su computadora, y encontró que los ejidos Zertuche, San Rafael, Mesillas y Paredón tienen registrados los derechos de extracción de agua de pozo que se indican en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3.- Derechos de extracción de agua de pozo para riego agrícola de ejidos que utilizan agua del arroyo La Encantada (1)**



Ejido	Volumen concesionado	
	(m <sup>3</sup> /año)	Promedio (L/s)*
Zertuche (Sociedad Altamira 2)	216,000	41.0
San Rafael	312,000	59.2
Mesillas	4,564 (2)	0.9 (2)
Paredón	1,125,000	213.5
	240,000	45.5
<b>Total</b>		<b>359.2</b>

\*Para 4 meses por año y 12 horas/día.

- (1) Los agricultores no pagan derechos de extracción a CONAGUA, pero tienen que pagar a la CFE la electricidad que consumen para bombeo de agua (\$0.240/KWH en abril de 2012) En muchos casos los agricultores pueden solicitar subsidios de SAGARPA a las tarifas eléctricas, a través de las oficinas de los CÁDERs
- (2) Este volumen, muy pequeño en relación a los demás, no se tomó en cuenta en los cálculos, ya que el agua del pozo se usa para uso humano y no con fines agrícolas.

Cabe anotar que los volúmenes de agua de pozo que tienen concesionados los ejidos del norte de Ramos Arizpe es del mismo orden de magnitud que el agua que utilizan del arroyo La Encantada.

También encontró una persona (Jorge Antonio Rodríguez Ruelas) que tiene concesionados 21,000 m<sup>2</sup> de superficie de zona federal adyacente al arroyo La Encantada.

Los ejidos Mesón del Norte, Higo y la congregación Santa María no tienen registros en el REPDA.

Los ejidos tienen su padrón de usuarios del agua y su reglamento interno del uso de la misma.

### **3.3.5 Ing. Tomás Méndez Aguiñaga (Jefe de Depto. de Saneamiento y Plantas de Tratamiento de la Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila)**

El Ing. Méndez indicó que la información sobre los ejidos de Ramos Arizpe que obra en poder de CONAGUA fue desarrollada por la SARH hace más de 15 años.

También informó que hace unos 20 años hubo planes para crear un distrito de riego del arroyo La Encantada, pero no se concretaron. En un tiempo la SARH manejó las unidades de riego; ahora las manejan directamente los usuarios.

La CONAGUA apoya a los campesinos a través de programas para uso agrícola, como el de modernización y tecnificación de unidades de riego (que comprenden ayudas del 50% para la compra de bombas, tuberías, construcción y reparación de presas derivadoras y de almacenamiento, instalación de sistemas de riego, invernaderos, etc.)

### **3.3.6 Ing. Antonio Méndez Aguiñaga (Jefe del Depto. de Hidrometría y Climatología de la Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila)**

El Ing. Méndez opinó que es necesario dar certeza jurídica y elaborar un reglamento para las aguas residuales. Esto podría hacerse por medio de un decreto del Congreso del Estado. La Ley de Aguas Nacionales indica explícitamente que -mientras no se descarguen a un cuerpo propiedad de la nación- las aguas residuales son “propiedad” del organismo operador, municipio o estado; pero el reúso de aguas residuales tratadas para aplicaciones industriales y urbanas disminuiría los flujos que han estado a disposición de los ejidatarios del norte de Ramos Arizpe durante muchos años. Un grupo de éstos tuvo una reunión con el Delegado y otras autoridades de la CONAGUA hace 8 años aproximadamente, y pidieron que CONAGUA les garantizara que seguirían recibiendo el agua del arroyo. Hubo planes de hacer un distrito de riego, pero nunca se concretaron. El Ing. Méndez considera que es importante la creación de este distrito, así como controlar la extracción de agua del arroyo, tratar de usar mejor el agua, y establecer un buen plan de manejo con todos los interesados.

Según el Ing. Méndez en las márgenes del arroyo La Encantada existen unas 4,000 hectáreas susceptibles de riego, pero la calidad del suelo no es muy buena. Actualmente no se siembran más de 500 en los dos ciclos. El futuro agrícola de la región podría estar en el uso de invernaderos.

La relación entre los agricultores de los diferentes ejidos de la zona no siempre ha sido cordial; hace algunos años tenían muchos problemas entre ellos, pero aparentemente se han ido suavizando.

Hace unos años el Ing. Méndez realizó un estudio en el que se demostró que el uso de aguas residuales estaba causando efectos de salinidad en los suelos ejidales que se regaban con las mismas, en especial en el ejido Mesón del Norte, en el que se hace un uso ineficiente del agua, al anegar los terrenos de cultivo. En los ejidos Mesillas y Paredón se hace un mejor uso del agua. Ahora el personal de la CONAGUA no lleva a cabo estudios ni proyectos; tiene funciones administrativas únicamente.

Gran parte de las tierras de Mesón del Norte y de la Congregación Santa María se han vendido para uso industrial y para la construcción de un tramo de la autopista Monterrey-Salttillo. Muchos agricultores ya no trabajan la tierra, y viven ahora en Saltillo o Ramos Arizpe.

Actualmente se están descargando, tanto en Saltillo como en Ramos Arizpe, aguas residuales domésticas e industriales al arroyo La Encantada y otros arroyos en el valle de Saltillo. Indicó que las denuncias ciudadanas podrían ser de mucha ayuda, ya que la Comisión Nacional del Agua no cuenta con muchos técnicos para realizar la labor de vigilancia que se requiere.

### **3.3.7 Ing. Valeriano Garza García (Ex-funcionario de la Delegación de CONAGUA en el Estado de Coahuila)**

Según el Ing. Garza, el 8 de diciembre de 1989 se publicó el “Decreto por el Uso o Aprovechamiento de los Bienes del Dominio Público de la Nación como Cuerpos Receptores de la Descarga de Aguas Residuales” (derecho de descarga), el cual entró en

vigor a fines de 1991. Este decreto establece que las aguas que se descargan a cuerpos receptores son propiedad de la nación.

Los artículos 16, 45, 86 de la Ley de Aguas Nacionales establecen:

**Artículo 33.**-...*las aguas residuales provenientes del uso de las aguas propiedad de la Nación tendrán el mismo carácter” (de aguas nacionales).*

**Artículo 45.**- *Es competencia de las autoridades municipales, con el concurso de los gobiernos de los estados en los términos de la ley, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales que se les hubieran asignado, incluyendo las residuales, desde el punto de su extracción o de su entrega por parte de "La Comisión" hasta el sitio de su descarga a cuerpos receptores que sean bienes nacionales. La explotación, uso o aprovechamiento se podrá efectuar por dichas autoridades a través de sus entidades paraestatales o de concesionarios en los términos de ley. En el caso del párrafo anterior, en el reúso de aguas residuales, se deberán respetar los derechos que sobre las mismas estén inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua.*

**ARTICULO 86.**- *"La Comisión" tendrá a su cargo:*

...

*V. Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que el agua suministrada para consumo humano cumpla con las normas de calidad correspondientes, y que el uso de las aguas residuales cumpla con las normas de calidad del agua emitidas para tal efecto...*

El artículo 33 del reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994, cuya última reforma fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24-05-2011, establece:

**“Artículo 33.**- *Las aguas residuales podrán usarse por un tercero distinto del concesionario o asignatario, antes de llegar al punto de descarga señalado en el título de concesión o asignación, o en el permiso de descarga correspondiente, siempre y cuando no se afecten derechos de terceros, ni las reservas existentes y se cumpla con las normas oficiales mexicanas y las condiciones particulares de descarga; para tal efecto el titular de la concesión, asignación o permiso deberá dar aviso a "La Comisión" en un término no mayor a diez días hábiles, contado a partir del inicio de su uso.”*

De acuerdo con el artículo anterior, el municipio, o cualquier entidad contratada por éste, no debe afectar los derechos de terceros, al hacer uso de sus aguas residuales.

Los títulos que permiten el acceso a volúmenes especificados de agua son de tres tipos:

- Accesión: Oportunidad de usar el agua.
- Dotación: Asignación de un cierto volumen del agua.
- Concesión (otorgada por CONAGUA): Título que otorga al usuario la autoridad sobre el uso de determinada cantidad de agua. Debe indicar el volumen, el punto de extracción, el o los usos específicos, y el periodo por el que se otorga.

Tanto el Mpio. de Saltillo como Ramos Arizpe tendrían que avisarle a la CONAGUA antes de proceder a la venta de sus aguas tratadas. Según el Ing. Garza, las concesiones que tienen los ayuntamientos se hicieron para uso público, y no habría ningún problema con el reúso público del agua residual, pero sí con su venta a terceros, ya que esto implicaría

una transmisión de derechos que no pueden hacer directamente los municipios. La CONAGUA deberá (a petición de los ejidatarios) hacer un dictamen sobre la afectación potencial que ellos tendrían, en caso de que se reduzcan los volúmenes de agua que actualmente reciben. Este es un caso en que la justicia debería estar por encima de la Ley.

No se han consolidado unidades de riego en las márgenes del arroyo La Encantada. La mayor parte de los campesinos que están usando agua del arroyo no tienen título, pero se les ha permitido que usen estas aguas durante muchos años, posiblemente por los derechos que las dotaciones les han otorgado. Antes de quitarles el agua (lo cual no pueden hacer los municipios, sin contar con el aval de la Comisión Nacional del Agua), hay que tener en cuenta cómo se afectaría su patrimonio y medios de vida. La CONAGUA no puede ni debe cruzarse de brazos en este asunto.

Los campesinos al norte de Ramos Arizpe que usan agua del arroyo La Encantada han solicitado la concesión de estas aguas desde hace más de 40 años, pero no han obtenido porque les ha faltado siempre uno o más de los requisitos demandados por la autoridad correspondiente (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos –SARH- primero, Comisión Nacional del Agua después). Según el Ing. Garza, siempre les ha faltado organización a los campesinos.

El pago que deberían hacer los ejidatarios por una concesión no es muy alto (\$3,076.00 de acuerdo al artículo 192 de la Ley Federal de Derechos para el 2012). Lo adecuado sería que ellos actualicen sus padrones de usuarios y legalicen el uso del agua. Si cuentan con derechos, según dotación que les haya otorgado la autoridad agraria, sólo tienen que inscribir en el REPDA la “dotación” o “accesión”.

Según el Ing. Garza, uno de los problemas de la CONAGUA en la actualidad es el número tan pequeño de técnicos que tiene; ahora se le da más importancia a los aspectos legales; y cuando se requiere hacer un estudio técnico se contrata, por lo general a empresas de otros lugares, que no conocen las condiciones del sitio del proyecto. La SARH no sólo diseñaba, sino también construía las obras de infraestructura.

En esta región a los agricultores se les otorgan 6,000 m<sup>3</sup>/hectárea, lo que corresponde a 60 cms. de lámina de riego por ciclo. Existe en la práctica una unidad de riego, aunque no tiene formalidad.

Finalmente, el Ing. Garza opinó que se debe arraigar a los campesinos en sus tierras. El asunto de las aguas del arroyo La Encantada debe abordarse desde un punto de vista social, no comercial ni burocrático.

## 4. USO PARA RIEGO AGRÍCOLA DE LAS AGUAS DEL ARROYO LA ENCANTADA

### 4.1 Introducción

De acuerdo con la información proporcionada hace algunos años por la “Unidad de Programación de la Gerencia Estatal de CONAGUA en Coahuila” (dicha unidad ya no existe y la Gerencia Estatal cambió de nombre):

“...sobre el Arroyo La Encantada dentro del Valle Saltillo-Ramos Arizpe existen las siguientes presas derivadoras: Angostura, Buenavista, El Alamo, Saltillo (S/N), La Quebrada, Rancho El Porvenir, San Juan de Dios, Hacienda Sta. María y La Loma. También existen los siguientes bombeos directos: Buenavista, Saltillo I (S/N), Saltillo II (S/N), Rancho El Morillo, Ramos Arizpe (S/N), Rancho Analco y el Ancón.

El volumen total de aprovechamiento de las obras superficiales mencionadas anteriormente es del orden de 7.37 millones de m<sup>3</sup>/año (234 litros por segundo) en promedio) destinados al riego agrícola...”

Durante muchos años, el agua que conduce el arroyo La Encantada se ha estado usando al norte de Ramos Arizpe, para fines de riego agrícola, en forma directa (sin represar). Los ejidos que la utilizan (Mesón del Norte, Zertuche, Higo, Mesillas, Paredón y San Francisco Paredón) construyeron -desde hace muchos años- obras derivadoras para el efecto. Cabe anotar que en todos estos lugares la precipitación pluvial es muy escasa (300-320 mm/año) y se limita a unos pocos días al año.

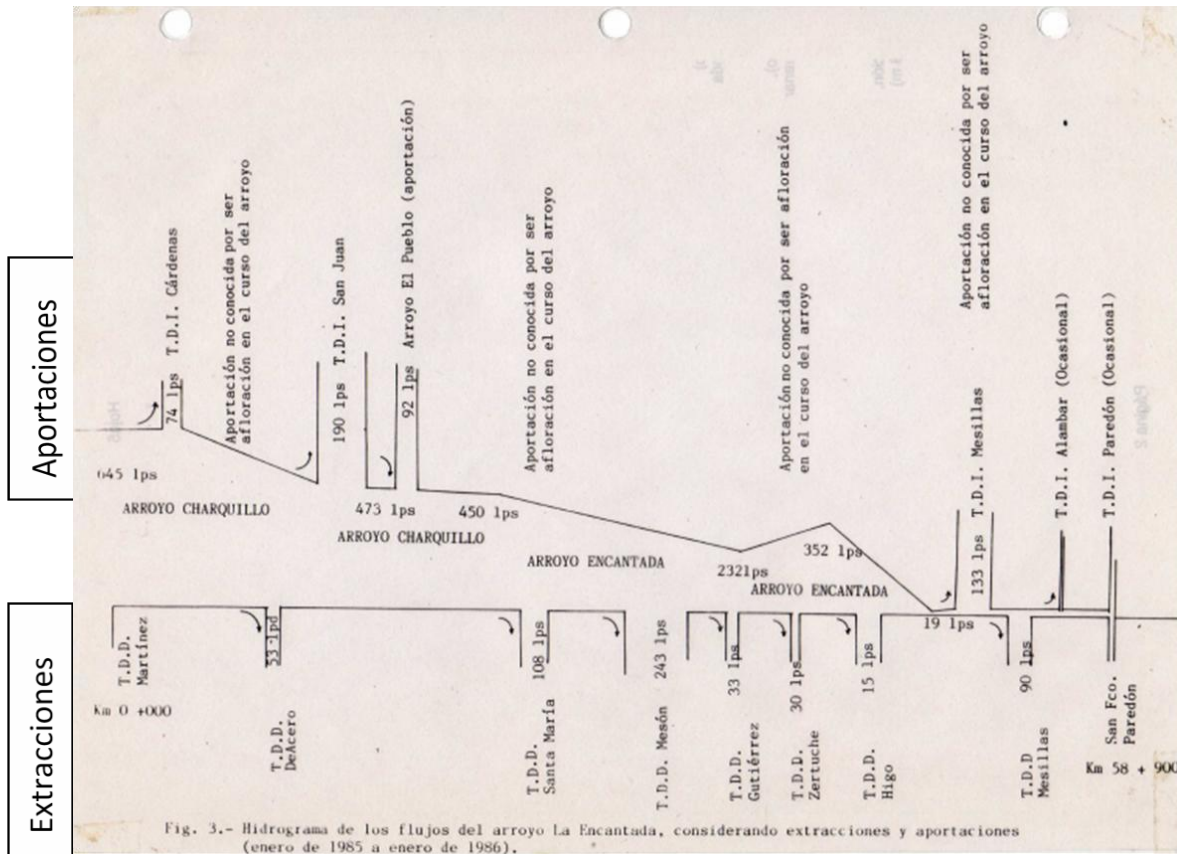
El diagrama que se presenta en la página siguiente (Fig. 4.1), desarrollado en 1986 por el ingeniero Francisco Soria -ya jubilado de la CONAGUA-, ilustra la forma en que iba disminuyendo paulatinamente en ese entonces el flujo de agua en el arroyo, a medida que se alejaba del poblado de Ramos Arizpe, en su camino hacia el norte.

De acuerdo a la Fig. 4.1, las extracciones promedio en 1985-6 eran:

- 108 Lps en Santa María
- 243 Lps en Mesón del Norte
- 33 Lps en Gutiérrez
- 30 Lps en Zertuche
- 15 Lps en Higo
- 90 Lps en Mesillas
- Extracción muy pequeña y ocasional en Alambar, Paredón y San Francisco Paredón.

Las extracciones anteriores (no ocasionales) suman 419 Lps.

Los flujos extraídos han cambiado mucho en los últimos años, según se pudo constatar en una visita de campo a los ejidos del norte de Ramos Arizpe que usan las aguas del arroyo para riego agrícola. Dicha visita la realizaron, los días 9 y 13 de marzo de 2012, los Drs. Luis Samaniego y Gloria Tobón de Garza, integrantes del grupo responsable del proyecto “Plan integral de reúso de las aguas residuales municipales tratadas (ARMT) de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga”, y el Dr. Luis Aguirre Villaseñor, del Depto. de Estudios Socio-Económicos de la UAAAN.



**Fig. 4.1.- Hidrograma de los flujos del arroyo La Encantada, considerando extracciones y aportaciones en el periodo enero de 1985 a enero de 1986 (Desafortunadamente CONAGUA no ha efectuado aforos semejantes a los que se muestran en la gráfica anterior en los últimos años)**

Las conclusiones principales de dicha visita fueron:

- El flujo de aguas residuales de Saltillo y Ramos Arizpe que se descargan al arroyo La Encantada ha aumentado en los últimos años, debido al crecimiento de la población.
- Los ejidos Paredón y San Francisco Paredón, que antes disponían sólo en forma ocasional de aguas residuales del arroyo para riego agrícola, las reciben ahora en forma continua.
- Se ha dado un cambio de uso de suelo –de agrícola a industrial- en gran parte de los terrenos de la congregación Santa María, y en menor medida en el ejido Mesón del Norte.
- El huracán Alex destruyó (en julio de 2010) parte de la presa y obra de toma en el arroyo que permitía la desviación de parte de las aguas del mismo, a la congregación Santa María, y al ejido Mesón del Norte. La primera comunidad se quedó por completo sin el suministro del agua, y la segunda perdió gran parte del flujo de agua que recibía antes del mencionado huracán.

Los Drs. Samaniego, Tobón y Aguirre tuvieron la oportunidad, durante las visitas de campo, de observar los canales de riego para los campos de cultivo de los diferentes ejidos, y la aplicación del agua en las parcelas ejidales; además platicaron personalmente con los Comisariados Ejidales y otras personas de dichos ejidos. En la sección 4.3 se presenta un resumen de la información recabada.

#### 4.2 Acciones de agua del arroyo La Encantada otorgadas a los ejidos al norte de Ramos Arizpe

Es importante anotar que, a pesar de que los ejidos del norte de Ramos Arizpe han estado usando las aguas del arroyo La Encantada durante muchos años, no todos disponen de las acciones correspondientes.

La tabla 4.1 presenta un resumen de la información que hemos recolectado sobre las acciones de agua del arroyo La Encantada otorgadas a los ejidos al norte de Ramos Arizpe, tanto en las Oficinas del Registro Agrario Nacional en Saltillo, como por medio de consulta directa en el Diario Oficial de la Federación, o el Periódico Oficial del Estado de Coahuila.

**Tabla 4.1.- Acciones de agua del arroyo La Encantada otorgadas a los ejidos al norte de Ramos Arizpe.**

No.	Ejido	Exped. No.	Fuente de agua	Volumen total de acción		Otra información
				m <sup>3</sup> /año	Lps	
1	Mesón del Norte	432 (Año 1942)	Manantiales del Río Mesillas	8,956,224	284	<p>El arroyo o río Mesillas tiene un aforo de 600 Lps. De éstos se derivan 300 Lps al Canal del Molino de Santa María, que se reparten de la siguiente manera: 164 Lps entre 20 pequeños propietarios, 80 Lps del Ejido Mesón del Norte y 40 Lps entre 4 pequeños propietarios (284 Lps en total u 8,956,224 m<sup>3</sup>/año + 5% de pérdidas = 300 Lps).</p> <p>El ejido tiene 974,418 m<sup>3</sup>/año (30.9 Lps) de acción de agua (1943); 4,197,486 m<sup>3</sup>/año (133.1 Lps) que han usado los ejidatarios (21 pequeños propietarios) por más de 5 años; 4 pequeños propietarios tienen 1,261,440 m<sup>3</sup>/año (40 Lps); y quedan 2,522,880 m<sup>3</sup>/año (80 Lps). Por resolución presidencial se concedió al ejido esta última dotación.</p> <p>El ejido accede al agua residual del arroyo o río Mesillas (que tiene –o tenía– un caudal total de 600 Lps) mediante el canal del Molino de Santa María.</p>

2	Zertuche	185 (Año 1950)	Arroyo Palos Amarillos	730,800	23	El arroyo Palos Amarillos conduce agua sólo en época de lluvia. El volumen de escurrimiento es de 1,225,440 m <sup>3</sup> /año. Por decreto presidencial se dotó en definitiva a los vecinos de Zertuche con un volumen total anual de 730,800 m <sup>3</sup> /año de las <b>aguas broncas</b> del arroyo.
3	Higo	363 (Año 1942)	Arroyo La Encantada (también conocido como Arroyo de Buenavista y río de Mesillas).	2,400,000 (ejido Higo) + 650,000 (Hda. Calandrias)	76.1 + 20.6	Solicitud de dotación de aguas. De la dotación total, 78.69% corresponde a los ejidatarios y 21.31% a los propietarios afectados. El aforo del arroyo La Encantada a principios de 1978 era de 630 Lps.
4	Mesillas	207 (Año 1951)	Aguas del río Zertuche. Aguas broncas del arroyo Saltillo o La Encantada	2,840,000 3,840,000	90.0 121.8	Solicitud de dotación de aguas.  Se dota al ejido Mesillas con un volumen total anual de 2,840,000 m <sup>3</sup> /año de <b>aguas broncas</b> : - 940,000 m <sup>3</sup> /año margen izquierdo No. I; - 650,000 m <sup>3</sup> /año margen izquierdo No. II; - 200,000 m <sup>3</sup> /año margen izquierdo No. III; - 1,050,000 margen derecho. Se dota en definitiva al poblado de Mesillas con un volumen anual bruto de 3,840,000 m <sup>3</sup> /año: - 2,000,000 m <sup>3</sup> /año saca 1; - 1,600,000 m <sup>3</sup> /año saca 2; - 240,000 m <sup>3</sup> /año saca 3.
5	Paredón	79 (Año 1951)	Aguas broncas del arroyo Saltillo o La Encantada	1,920,000		Solicitud de dotación de agua El informe propone como dotación de aguas broncas que conduce el arroyo Saltillo o La Encantada un volumen total de 1,920,000 m <sup>3</sup> /año, con lo que respecto a aguas mansas no existen excedentes que puedan afectarse. "Procede dotar en definitiva al ejido...con un volumen anual de 1,920,000 m <sup>3</sup> de las <b>aguas broncas</b> del arroyo denominado Saltillo o La Encantada. Del Dictamen de Dotación de Aguas del Poblado Paredón: "El arroyo de Saltillo o La Encantada, en los meses de lluvias de junio a octubre cuenta con un volumen de 17,136,000 m <sup>3</sup> /año (543 Lps); en cuatro meses envían 1,652 Lps de lluvia únicamente."



### 4.3 Información sobre el uso de agua del arroyo La Encantada en los ejidos al Norte de Ramos Arizpe

La información que se presenta en esta sección fue colectada durante visitas de campo realizadas por los Drs. Luis Samaniego, Luis Aguirre y Gloria Tobón de Garza en marzo de 2012.

La tabla 4.2 presenta información (obtenida en campo) sobre el uso de aguas mansas del arroyo La Encantada (mezcla de aguas residuales municipales tratadas y sin tratar, con aguas residuales industriales tratadas o no) para riego agrícola en los ejidos, suministrada por los Comisariados Ejidales respectivos.

**Tabla 4.2.- Información (obtenida en campo) sobre el uso de aguas del arroyo La Encantada para riego agrícola en los ejidos al norte de Ramos Arizpe (1)**

Ejido	Santa Ma. del Rosario	La Viña Sta. Ma.	Mesón del Norte	Zertuche	Higo (La Norita)	Mesillas	Paredón	Total
Lps (2)	(5)	(5)	111	202	454	76	19	863
No. de ejidatarios que usan agua del arroyo			39	5	23	50	160-180	277-297
Has. / ejidatario			7	1 ½	20	3	9	40.5
Has. Totales de riego (Descansan por temporadas)			243	6-7 (3)	460	150	1440-1620 (4)	2,299-2,479
Días de riego / mes (a)			2	4	2	1	1	-
Horas por riego (b)			9	12	12	36	12	-
Horas de riego / ejidatario al mes (a)*(b)			18	48	24	36	12	-
Cultivos - Invierno  - Verano					- Avena, cebada, pasto forrajero - sorgo maíz	- Cebada, avena - sorgo	- Alfalfa, zacate sorgo avena - sorgo	- Alfalfa, zacate sorgo avena - maíz sorgo frijol

- (1) Datos proporcionados por los Comisariados Ejidales de cada ejido, con excepción de los correspondientes a Lps.
- (2) Valores calculados sobre la base de la información obtenida en el campo por el Dr. Luis Samaniego y el Ing. Manuel Antonio Álvarez (medidas del ancho y profundidad del canal de riego, y de la velocidad superficial del agua en el centro del canal). Se consideró un coeficiente de rugosidad de 0.7 para canales de tierra y de para canales de concreto. Cabe anotar que los valores son altos debido a las lluvias de días anteriores, por lo que se recomienda repetir estas mediciones en época de secas.
- (3) El número total de hectáreas de riego en el ejido Zertuche es muy bajo en relación al flujo que lleva el canal de riego.
- (4) El número total de hectáreas de Paredón (y San Francisco Paredón) –en color rojo– es muy alto en relación al flujo que les llega de agua del arroyo. Puede haber varias explicaciones para esto, p. ej. se deja descansar un buen número de hectáreas cada año, se utiliza agua de pozo, etc.

(5) La acequia original que surtía de agua del arroyo a estas comunidades, transportaba alrededor de 150 Lps (de los cuales correspondían 51 Lps a Mesón del Norte y el resto a Santa María). El huracán Alex destruyó la obra de toma en julio de 2010, por lo que no llega agua del arroyo a Santa María desde entonces.

La tabla 4.3 presenta información de la SARH para el riego agrícola con aguas residuales del arroyo La Encantada. De acuerdo a estos datos, en el periodo 1985-1999 se usaron en promedio 635 Lps de agua del arroyo para regar una superficie total de 1,275 ha en los dos ciclos agrícolas.

**Tabla 4.3.- Superficie y cultivos sembrados en los ejidos que usan agua del arroyo La Encantada, en el período 1985-1999 (1)**

Cultivo	Ciclo			
	Primavera-verano		Otoño-invierno	
	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%
Maíz grano	404	65		
Chile Serrano	56	9		
Frijol	51	8		
Sorgo forrajero	17	3		
Sorgo escobero	36	6		
Hortalizas	16	2		
Perennes	46	7		
Avena forrajera			334	51
Cebada forrajera			123	19
Alpiste			80	12
Trigo			92	14
Hortalizas			16	3
Pastos			4	1
<b>Total</b>	<b>620</b>	<b>100</b>	<b>649</b>	<b>100</b>

(1) Información obtenida de los archivos de la SARH.

#### 4.3.1 Congregación Santa María

La Congregación Santa María usó durante muchos años agua del arroyo La Encantada para el riego de viñedos, nogales, hortalizas y forrajes. Los viñedos y las hortalizas se dejaron de cultivar hace varios años, por disposición de CONAGUA, pero los otros usos continuaron hasta finales de junio de 2010. Desafortunadamente, el huracán Alex, que azotó la región a principios de julio de ese año, destruyó la obra de toma que utilizaban esta congregación y en forma parcial el ejido Mesón del Norte, para desviar agua del arroyo a sus campos de cultivo.

Desde entonces, los agricultores de Santa María dejaron de recibir agua del arroyo, lo que ha dado lugar a que se secan los nogales y a que no se pueda producir el forraje para alimento de los animales, por lo que tuvieron que venderlos.

Según comentó el Sr. Víctor Hugo Saldaña, Presidente de la Congregación, han pedido ayuda a CONAGUA para rehabilitar la obra de toma de agua del arroyo, pero hasta la fecha no han recibido respuesta a su petición.

### 4.3.2 Ejido Mesón del Norte

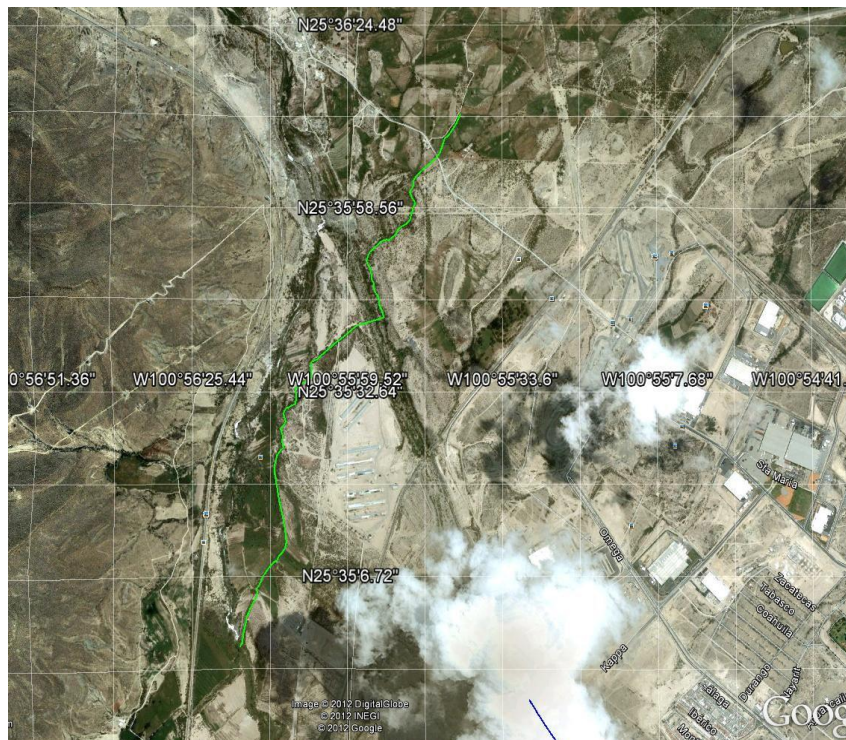
El ejido Mesón del Norte corrió con mejor suerte que la Congregación Santa María, ya que contaba con dos tomas diferentes para la desviación de las aguas del arroyo La Encantada, y sólo una fue destruida por el huracán Alex.

Durante la construcción de la autopista Saltillo-Ramos Arizpe, se destruyó parte del canal correspondiente a la segunda toma, pero la empresa española que tuvo a su cargo la construcción de la autopista –después de que los ejidatarios pararon la construcción de la autopista durante dos días- hizo un canal de concreto (a un costo de \$3.5 millones de pesos, según nos comentó el ex-Comisariado Ejidal Francisco Gil Loera), paralelo a un puente de la misma, el cual permite que las aguas del arroyo sigan llegando al ejido.

El Sr. Gil Loera nos proporcionó además la siguiente información:

- No. de ejidatarios que usan agua del arroyo: 39
- Has. / ejidatario: 7
- Has. Totales de riego: 243
- Días de riego / mes: 2
- Horas por riego: 9
- Horas de riego / ejidatario al mes: 18

El canal que transporta el agua desde el arroyo al ejido tiene una longitud de 2.91 kms. (Foto 4.1). Actualmente se encuentra en buenas condiciones.



**Foto 4.1.- Trazo del canal que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Mesón del Norte**

El gasto estimado en el canal de riego del ejido Mesón del Norte es del orden de 111 litros/segundo. Este cálculo se realizó sobre la base de mediciones de ancho (100 cms) y profundidad (12 cms) del canal, velocidad superficial del agua (132.4 cm/seg, promedio de 4 mediciones), y coeficiente para un canal de tierra (0.7). Es necesario remarcar que hubo lluvia poco intensa en los días previos al aforo, lo que pudo dar lugar a un flujo mayor al que se tiene en época de secas.

En el Mesón del Norte se usan las aguas mansas del arroyo La Encantada para riego de diversas parcelas agrícolas en las que se cultivan diferentes tipos de forraje, como avena, cebada, alfalfa y pasto forrajero en invierno; sorgo y maíz en verano (ver foto 4.2), o para darles de beber a los animales domésticos (incluyendo vacas cuya leche se comercia regionalmente).



**Foto 4.2.- Maíz cultivado con aguas mansas del arroyo La Encantada en el ejido Mesón del Norte.**

Las fotos 4.3 muestran dos aspectos diferentes del canal de riego que conduce las aguas del arroyo a los campos de riego del ejido Mesón del Norte. La sección de concreto está localizada a un lado de la autopista Monterrey-Salttillo, que pasa a un lado del ejido.





**Foto 4.3a.- Canal de riego del ejido Mesón del Norte, al sur del puente de la autopista Monterrey-Salttillo, que pasa por el lado oriente del ejido.**



**Foto 4.3b.- Canal de riego del ejido Mesón del Norte, al lado poniente del puente de la autopista Monterrey-Salttillo, que pasa por el lado oriente del ejido.**

La foto 4.4 (tomada el 13/6/09) muestra el arroyo La Encantada a la altura del ejido Mesón del Norte en época de secas. En el punto en que se tomó la foto ya se habían desviado por lo menos 200 lps, para riego en el ejido Mesón del Norte y en la Hacienda de Santa María. Resulta evidente la disminución del flujo en relación al que se observaba en el cruce con la carretera a Los Pinos (Foto 2.2f).





**Foto 4.4.- Arroyo La Encantada a la altura de Mesón del Norte, en época de secas.**

En época de lluvias (10/7/09) se tomaron las fotos 4.5, en las que se aprecia un flujo de agua mucho mayor en el arroyo La Encantada aguas abajo de Mesón del Norte.



**Fotos 4.5.- Arroyo La Encantada a la altura de Mesón del Norte, en época de lluvias**

Consideramos importante anotar que, para la construcción de naves industriales (de las empresas Kimberly Clark, Apasco y DeAcero del Norte, entre otras), en las áreas vecinas a Mesón del Norte, así como para la construcción de parte de la autopista de cuota Monterrey-Salttillo, se ha utilizado agua del arroyo, la cual se ha llevado a las obras respectivas por medio de pipas (camiones-cisterna).

#### **4.3.3 Ejido Zertuche**

Debido al área tan pequeña de terrenos cultivados en el ejido Zertuche, los cinco agricultores que utilizan agua del arroyo La Encantada no deberían necesitar más de 10 Lps para el riego de 6-7 hectáreas en total (1 ½ hectáreas cada uno). Sin embargo, el canal de riego lleva un flujo mucho mayor.

- No. de ejidatarios que usan agua del arroyo: 5
- Has. / ejidatario: 1 ½
- Has. Totales de riego: 6-7
- Días de riego por ejidatario / mes: 4
- Horas por riego: 12
- Horas de riego / ejidatario al mes: 48
- Cultivos de invierno: cebada, avena; de verano: sorgo

El canal que transporta el agua desde el arroyo al ejido tiene una longitud de menos de un km. (Foto 4.6), y se encuentra actualmente en buenas condiciones.



**Foto 4.6.- Trazo del canal que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Zertuche**

El gasto estimado por el Dr. Luis Samaniego en el canal de riego del ejido Zertuche, sobre la base de mediciones de ancho (180 cms) y profundidad (19 cms) del canal, velocidad superficial del agua (84.5 cm/seg, promedio de 4 mediciones), y coeficiente para un canal de tierra (0.7), es del orden de 200 litros/segundo. Las lluvias -poco intensas, que se presentaron en días anteriores, pudieron dar lugar a un flujo mayor al que se tiene en época de secas.

El gasto estimado es muy superior a los requerimientos de riego del ejido. No se determinó qué se hace con el excedente, pero sería conveniente regular la entrada de agua al ejido, para evitar el desperdicio de la misma.



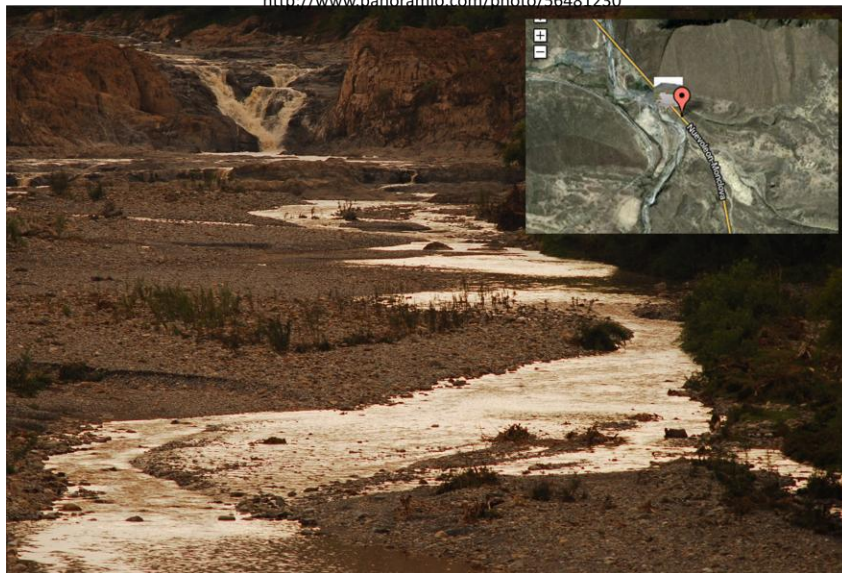
La foto 4.7 (tomada a principios de marzo de 2012) muestra el arroyo La Encantada a la altura del ejido Zertuche en época de secas



**Foto 4.7.- Arroyo La Encantada a la altura de Zertuche.**

La foto 4.8 muestra una vista del arroyo La Encantada, a la altura del ejido Zertuche, en la que se observa una cascada al fondo, y la foto 4.9 un acercamiento de la cascada.

Arroyuelo, foto de Roberto Ramos  
<http://www.panoramio.com/photo/56481230>



**Foto 4.8.- Arroyo La Encantada a la altura de Zertuche. Obsérvese una cascada al fondo (Cortesía de Roberto Ramos).**



**Fotos 4.9.- Cascada que se forma en el Arroyo La Encantada a la altura del ejido Zertuche.**

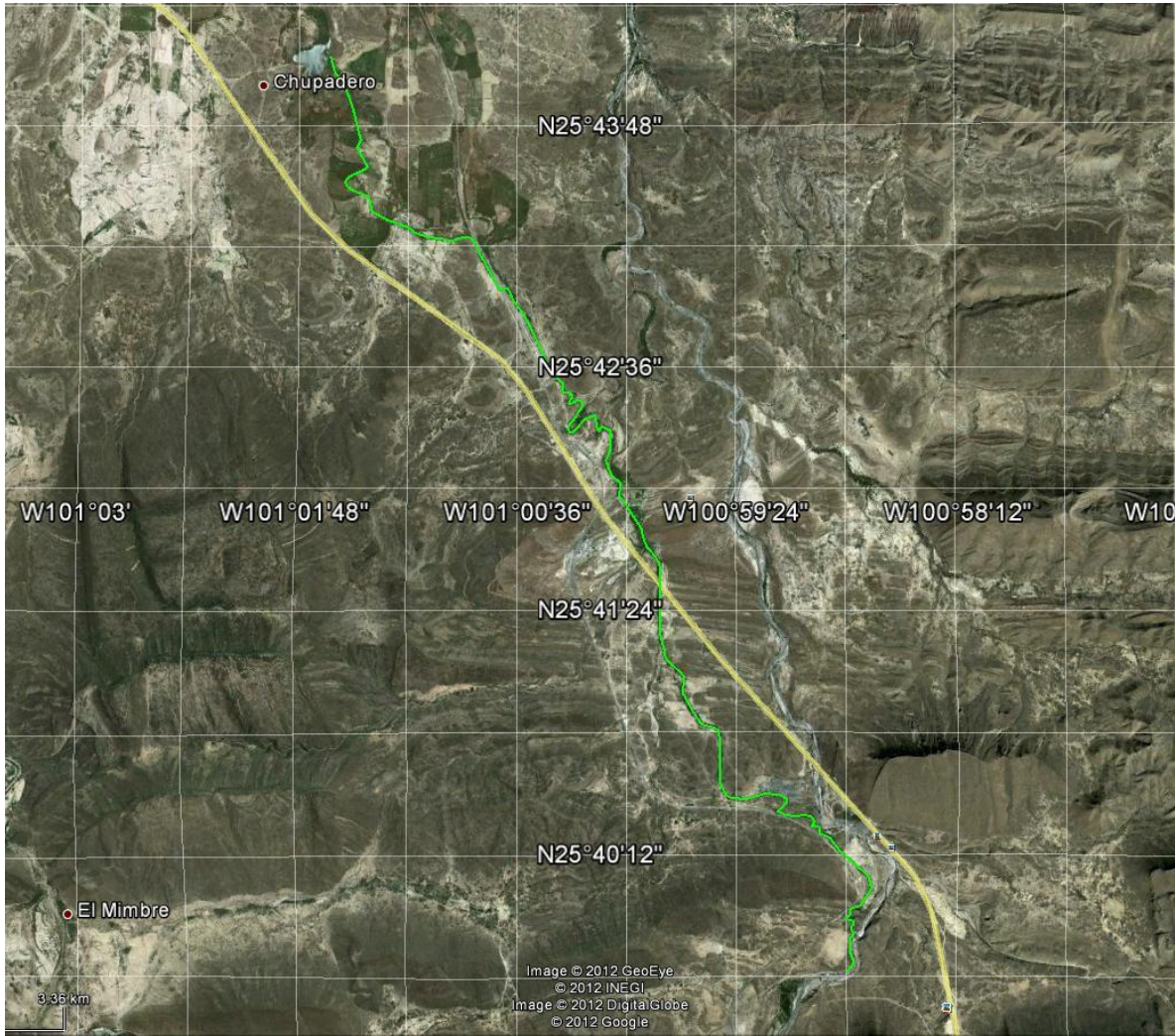
#### **4.3.4 Ejido Higo**

En este ejido existen 23 agricultores que utilizan agua del arroyo La Encantada para el riego de 20 hectáreas cada uno (460 hectáreas en total). Cada agricultor recibe 48 horas directamente del canal por mes, y otras 48 de una presa de derivación, en caso de que ésta tenga agua.

- No. de ejidatarios que usan agua del arroyo: 23
- Has. / ejidatario: 20
- Has. Totales de riego: 460
- Días de riego / mes: 2
- Horas por riego: 12
- Horas de riego / ejidatario al mes: 24
- Cultivos de invierno: alfalfa, zacate, sorgo, avena; de verano: sorgo

La toma para el agua del arroyo La Encantada que utilizan los agricultores del ejido Higo está localizada al frente del ejido Zertuche. El canal correspondiente tiene una longitud de 12 kms. aproximadamente (Foto 4.10), y sus dimensiones aproximadas son 2 metros de ancho por 1 metro de profundidad; actualmente se encuentra muy azolvado. Los agricultores de Higo deben realizar el desazolve del canal y otras actividades de mantenimiento (4 faenas al año por ejidatario), con el fin de asegurar que sigan recibiendo las cantidades de agua que requieren sus cultivos.





**Foto 4.10.- Trazo del canal que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Higo**

El gasto estimado por el Dr. Luis Samaniego en el canal de riego del ejido Higo, sobre la base de mediciones de ancho (170 cms) y profundidad (43 cms) del canal, velocidad superficial del agua (88.8 cm/seg, promedio de 4 mediciones), y coeficiente para un canal de tierra (0.7), es del orden de 454 litros/segundo. Este valor es muy superior al flujo que reciben otros ejidos (en general <100 Lps). Es necesario tener en cuenta que llovió en los días previos al aforo, aunque no en forma muy intensa, lo que pudo dar lugar a un flujo mayor al que se tiene en época de secas.

Dos o tres ejidatarios locales usan también agua de pozos, que extraen a profundidades de 50-100 metros, para riego de hortalizas y papa, principalmente.

Las fotos 4.11 (tomadas a fines de marzo de 2012) muestran la salida del canal de derivación del arroyo La Encantada al ejido Higo, a la altura del ejido Zertuche.





**Foto 4.11a.- Salida del canal de derivación al ejido Higo, en el arroyo La Encantada a la altura del ejido Zertuche.**



**Foto 4.11b.- Otra vista de la salida del canal de derivación al ejido Higo, en el arroyo La Encantada a la altura del ejido Zertuche.**



Las fotos 4.12 (tomadas a fines de marzo de 2012) muestran dos vistas diferentes del canal de derivación al ejido Higo.



**Fotos 4.12.- Canal de derivación al ejido Higo. Obsérvese fuga de agua al lado izquierdo del canal, la cual retorna al arroyo La Encantada.**

Las fotos 13 y 14 muestran el canal de riego que va desde el arroyo La Encantada al ejido Higo y la foto 15 una vista del arroyo La Encantada entre Higo y Mesillas.



**Foto 4.13.- Canal de riego que va al ejido Higo (cerca de Zertuche).**





**Foto 4.14.- Canal de riego en el ejido Higo**



**Foto 4.15.- Arroyo La Encantada entre Higo y Mesillas.**

#### **4.3.5 Estación Higo y Ejido San Rafael**

De acuerdo al Comisariado Ejidal de Higo, también estas comunidades utilizan agua de La Encantada para riego agrícola.

#### **4.3.6 Ejido Mesillas**

En este ejido existen 50 agricultores que utilizan agua del arroyo La Encantada para el riego de 3 hectáreas cada uno (150 hectáreas en total).

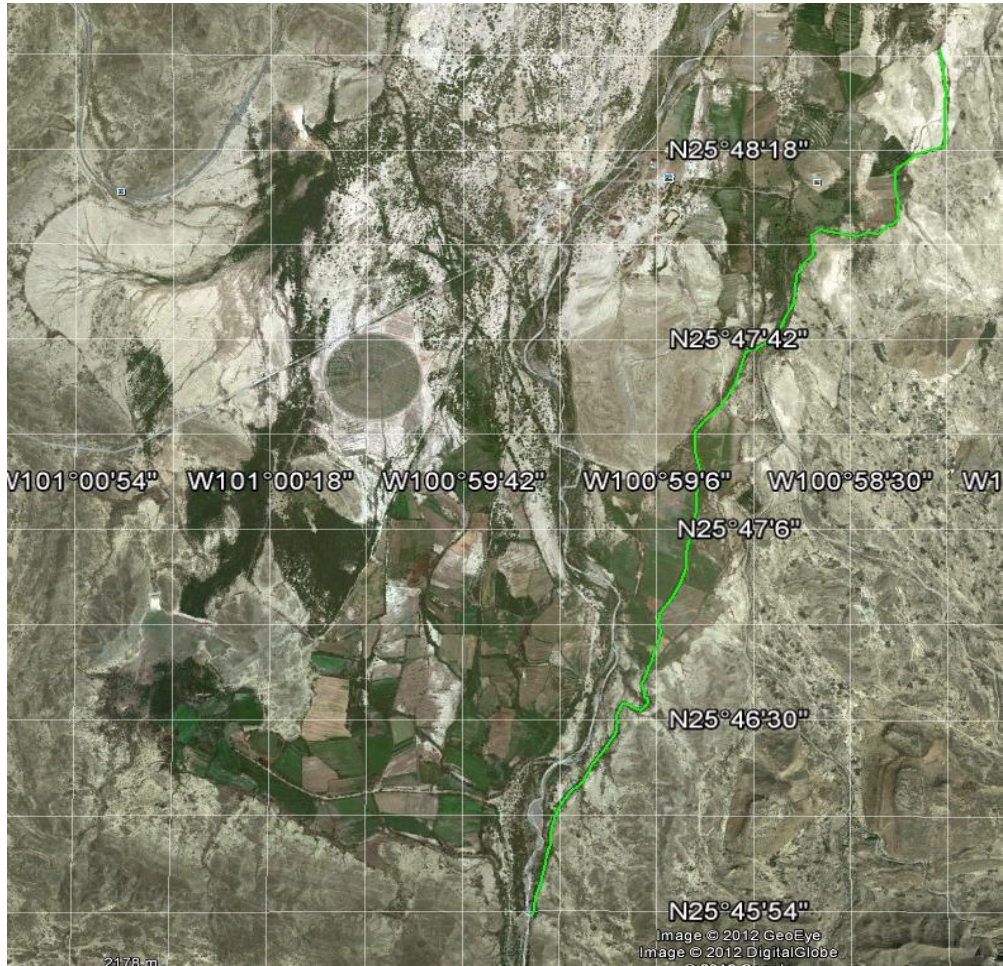
- No. de ejidatarios que usan agua del arroyo: 50
- Has. / ejidatario: 3
- Has. Totales de riego: 150
- Días de riego / mes: 1
- Horas por riego: 36
- Horas de riego / ejidatario al mes: 36
- Cultivos de invierno: alfalfa, zacate, sorgo, avena; de verano: sorgo, maíz, frijol

Los canales que transporta el agua desde el arroyo al ejido tiene una longitud de 3.5 y 6.2 kms. (Fotos 4.16 y 4.17), y sus dimensiones aproximadas son 1.7 metros de ancho por no más de un metro de profundidad; el tirante por lo general es del orden de 10 cm. Actualmente se encuentra en buenas condiciones.



**Foto 4.16.- Trazo de uno de los canales que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Mesillas**





**Foto 4.17.- Trazo de otro de los canales que transporta agua del arroyo La Encantada al ejido Mesillas**

El gasto estimado por el Dr. Luis Samaniego en el canal de riego del ejido Mesillas, sobre la base de mediciones de ancho (170 cms) y profundidad (11 cms) del canal, velocidad superficial del agua (57.7 cm/seg, promedio de 4 mediciones), y coeficiente para un canal de tierra (0.7), es del orden de 76 litros/segundo. Cabe anotar que llovió en los días previos al aforo, aunque no en forma intensa, lo que pudo dar lugar a un flujo mayor al que se tiene en época de secas.

La foto 4.18 muestra un campo de forraje regado con agua del arroyo La Encantada en el ejido Mesillas, y vacas que pastan y beben agua en el sembradío. La foto 4.19 es un acercamiento de la vista anterior, en que se aprecia el riego por aniego



**Foto 4.18.- Campo de forraje regado con agua del arroyo La Encantada en el ejido Mesillas.**



**Foto 4.19.- Acercamiento de la vista anterior, en que se aprecia el riego por aniego con agua del arroyo La Encantada en el ejido Mesillas.**

La foto 4.20 muestra un tiradero de agua excedente en el ejido Mesillas, y la foto 4.21, una vista del arroyo La Encantada a la altura de este poblado.





**Foto 4.20.- Tiradero de agua en Mesillas.**



**Foto 4.21.- Arroyo La Encantada a la altura de Mesillas.**

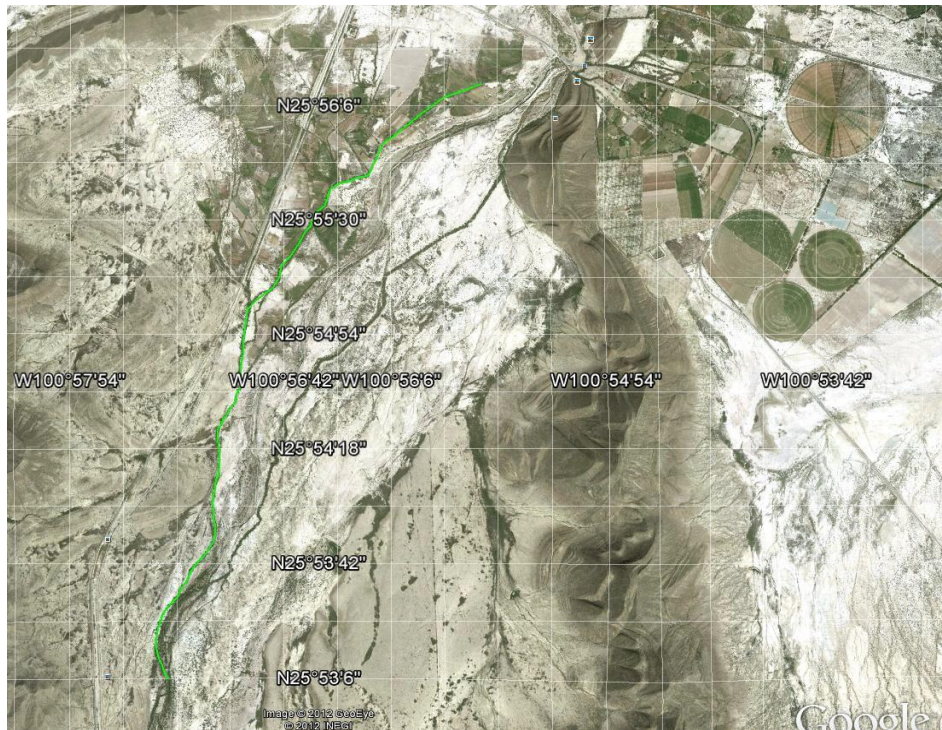
#### **4.3.7 Ejidos Paredón y San Francisco Paredón**

En estos ejidos existen 160-180 agricultores, pero no todos ellos utilizan agua del arroyo La Encantada para el riego de sus parcelas. El ejido tiene, además, derechos de extracción para un pozo.

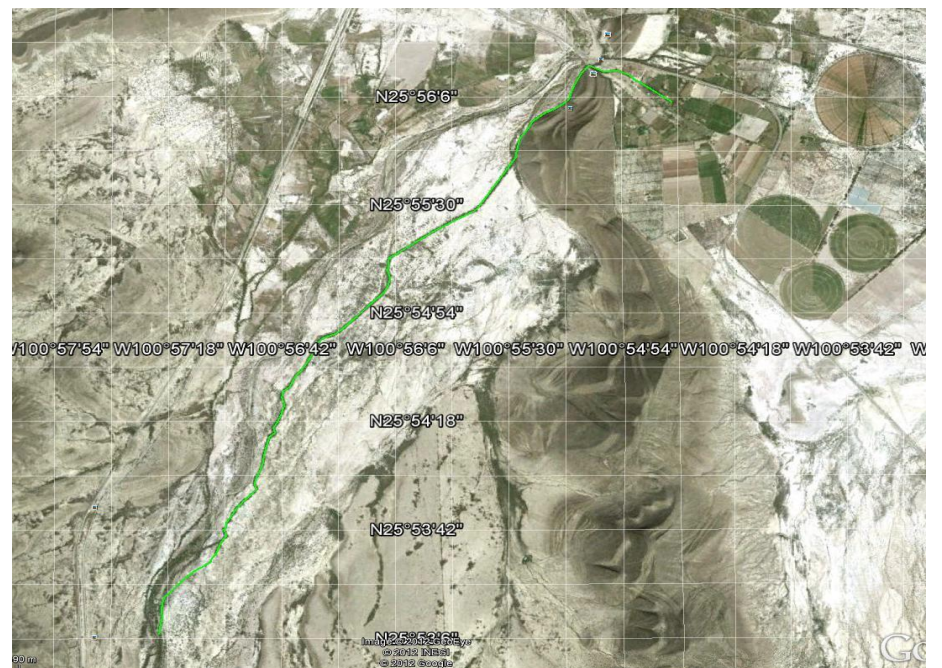
Hay dos canales que transportan el agua desde el arroyo al ejido, los cuales tienen una longitud 7 y 8 kms. (Foto 4.22 y 4.23), 0.9 metros de ancho y no más de ½ metro de



profundidad aproximadamente, pero el tirante no pasa de 10 cm por lo general. Los canales están en buenas condiciones.



**Foto 4.22.- Trazo de uno de los canales que transporta agua del arroyo La Encantada a los ejidos Paredón y San Francisco Paredón**



**Foto 4.23.- Trazo de otro de los canales que transporta agua del arroyo La Encantada a los ejidos Paredón y San Francisco Paredón**



- No. de ejidatarios que usan agua del arroyo: mucho menos que los 160-180 que tienen los dos ejidos.
- Has. / ejidatario: 9
- Has. Totales de riego: 1440- 1620
- Días de riego / mes: 1
- Horas por riego/ ejidatario al mes: 12
- Horas de riego: 12
- Cultivos de invierno: cebada, avena; de verano: maíz, sorgo, frijol.

**Nota:** El número total de hectáreas de Paredón (y San Francisco Paredón) –en color rojo- es muy alto en relación al flujo que les llega de agua del arroyo. Puede haber varias explicaciones para esto, p. ej. se deja descansar un buen número de hectáreas cada año, se utiliza agua de pozo, etc.

El gasto estimado por el Dr. Luis Samaniego para uno de los canales de riego del ejido Paredón (el que estaba en operación cuando se hizo el aforo), sobre la base de mediciones de ancho (90 cms) y profundidad (8 cms) del canal, velocidad superficial del agua (38.2 cm/seg, promedio de 4 mediciones), y coeficiente para un canal de tierra (0.7), es del orden de 19 litros/segundo. Este valor parece muy bajo en comparación con las hectáreas de irrigadas, y aún más teniendo en cuenta que llovió en los días previos al aforo, aunque no en forma muy intensa.

Algunos agricultores locales (pequeños propietarios) usan también agua de pozo, para riego de nogales principalmente. Se ha empezado a popularizar el uso de riego por goteo entre estos agricultores.

Las fotos 4.24 y 4.25 muestran sendas vistas de los canales de riego que distribuyen el agua del arroyo La Encantada a los ejidos Paredón y San Francisco Paredón.



**Foto 4.24.- Uno de los dos canales de riego aguas arriba del ejido Paredón.**



**Foto 4.25.- Otro canal de riego aguas arriba del ejido Paredón, en el que se muestra la forma en que se separa el agua para los ejidatarios de Paredón (a la izquierda) y a San Francisco Paredón (a la derecha).**

Las fotos 4.26 y 4.27 –tomadas en San Francisco Paredón- son vistas de los canales cerca a los campos de riego.



**Fotos 4.26.- Canal de riego en el ejido San Francisco Paredón.**





**Fotos 4.27.- Canal de riego en el ejido Paredón.**

Las fotos 4.28 y 4.29 muestran dos aspectos de los campos de riego; la 4.28 avena a punto de cosecharse y la 4.29 muestra la forma en que se aniega el campo con agua del arroyo.



**Foto 4.28.- Avena irrigada con aguas del arroyo La Encantada en el ejido San Francisco Paredón.**



**Foto 4.29.- Riego por aniego con aguas del arroyo La Encantada en el ejido San Francisco Paredón.**



## 5. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA TOMADOS EN VARIOS PUNTOS DEL ARROYO LA ENCANTADA

El 10/7/09 se hizo un muestreo de las aguas del arroyo La Encantada en varios puntos. El día 26/3/12 se hizo un nuevo muestreo. Las secciones siguientes presentan los resultados de los análisis realizados.

### 5.1 Arroyo Cárdenas, antes de llegar a PTAR Principal de Saltillo

El flujo de agua de este arroyo, muestreado el 13/7/09, era relativamente pequeño, pero su calidad aparente no era buena. La tabla 5.1 presenta los resultados de los análisis realizados a la muestra correspondiente.

**Tabla 5.1.- Análisis de agua del arroyo Cárdenas aguas arriba de la Planta Tratadora Principal de Saltillo (Muestra tomada el 13/7/2009)**

Parámetro	Unidades	Concentración (1)
DQO	mg/L	1,290
SDT	mg/L	1,319
SST	mg/L	417
Sólidos totales	mg/L	1,736

(1) Los análisis se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

### 5.2 Arroyo El Pueblo, en el cruce con la carretera Antigua a Monclova

El 18/4/12 se hizo un muestreo del agua del arroyo El Pueblo (Foto 5.1). La tabla 5.2 presenta los resultados de los análisis realizados a la muestra.



**Foto 5.1.- Arroyo El Pueblo, bajo el puente en la carretera antigua a Monclova, al poniente de la PTAR Principal de Saltillo.**

**Tabla 5.2.- Análisis de agua del arroyo El Pueblo, al poniente de la Planta Tratadora Principal de Saltillo (Muestra tomada el 18/4/2012)**

Parámetro	Unidades	Concentración
Conductividad	μS/cm	1940 (1) / 1893 (2)
Temperatura	°C	24.4 (1)
pH	Unid. pH	7.89 (1) / 7.92 (2)
SDT	mg/L	970 (2)
Oxígeno disuelto	mg/L	1.67 (1)
SST (2)	mg/L	47 (2)
SDT	mg/L	1149 (2)
Coliformes totales	(NMP/100 ml)	>240000 (2)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	163 (2)
DQO	mg/L	261 (2)

(1) Análisis realizados en campo.

(2) Análisis realizados en el Laboratorio Químico de Patricia Portillo.

### 5.3 Descarga de la PTAR Principal de Saltillo al Arroyo La Encantada

La descarga de la PTAR Principal de Saltillo ha sido del orden de 600-900 litros por segundo, desde el inicio de sus operaciones a la fecha. La tabla 5.3 presenta los resultados de los análisis realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA a una muestra tomada el 13/7/09.

**Tabla 5.3.- Análisis de agua del efluente de la Planta Tratadora Principal de Saltillo (Muestra tomada el 13/7/2009)**

Parámetro	Unidades	Concentración (1)
DQO	mg/L	121
SDT	mg/L	20
SST	mg/L	437
Sólidos totales	mg/L	457

(1) Los análisis se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

### 5.4 Arroyo La Encantada en el Puente camino a Los Pinos (después de la descarga de la PTAR Principal de Saltillo y del Arroyo El Pueblo)

El arroyo La Encantada, después de la descarga de la PTAR Principal de Saltillo y de la descarga del Arroyo El Pueblo, conduce actualmente un flujo de agua de 800-1,100 litros por segundo, La contaminación orgánica y los sólidos suspendidos totales no eran muy altos el día el 13/7/2009, como lo indican los análisis realizados (Tabla 5.4).

**Tabla 5.4.- Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 13/7/2009 a la altura de la Carretera a Los Pinos en Ramos Arizpe**

Parámetro	Unidades	Concentración (1)
DQO:	mg/L	201.6
SST:	mg/L	22
SDT:	mg/L	484
Sólidos totales	mg/L	506

(1) Los análisis se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

El 18/4/12 se hizo un nuevo muestreo del agua del arroyo La Encantada (Foto 5.2). La tabla 5.5 presenta los resultados obtenidos de análisis de esta muestra.



**Foto 5.2.- Arroyo La Encantada, bajo el puente del camino a Los Pinos**

**Tabla 5.5.- Análisis de agua del arroyo La Encantada, bajo el puente del camino a Los Pinos ( Muestra tomada el 18/4/2012)**

Parámetro	Unidades	Concentración
Conductividad	μS/cm	1771 (1) / 1771 (2)
Temperatura	°C	25.5 (1)
pH	Unid. pH	8.0 (1) / 8.06 (2)
SDT	mg/L	910 (2)
Oxígeno disuelto	mg/L	5.67 (1)
SST (2)	mg/L	21 (2)
SDT	mg/L	943 (2)
Coliformes totales	(NMP/100 ml)	230 (2)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	77 (2)
DQO	mg/L	117 (2)

(1) Análisis realizados en campo.

(2) Análisis realizados en el Laboratorio Químico de Patricia Portillo.

#### 5.4 Influyente a la PTAR de Ramos Arizpe

El flujo de influente a la Planta Tratadora de Ramos Arizpe ha sido del orden de 60-100 litros por segundo. La contaminación orgánica y el contenido de sales son relativamente altos, como lo indican los análisis que se presentan en la tabla 5.6 (muestreo efectuado el 13/7/2009).

**Tabla 5.6.- Análisis del influente a la PTAR de Ramos Arizpe para una muestra tomada el 13/7/2009**

Parámetro	Unidades	Concentración (1)
DQO	mg/L	1,068.5
SST	mg/L	108
SDT	mg/L	722
Sólidos totales	mg/L	830

(1) Los análisis se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

#### 5.5 Descarga de la PTAR de Ramos Arizpe

Los análisis realizados al efluente de la Planta Tratadora de Ramos Arizpe (muestreo efectuado el 13/7/2009) arrojaron los resultados que se presentan en la tabla 5.7.

**Tabla 5.7.- Análisis del efluente a la PTAR de Ramos Arizpe para una muestra tomada el 13/7/2009**

Parámetro	Unidades	Concentración (1)
DQO	mg/L	181.4
SST	mg/L	36
SDT	mg/L	716
Sólidos totales	mg/L	752

(1) Los análisis se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

#### 5.6 Arroyo La Encantada a la altura de la PTAR de Ramos Arizpe

Los análisis realizados al agua del arroyo La Encantada a la altura de la Planta Tratadora de Ramos Arizpe (muestreo efectuado el 13/7/2009) arrojaron los resultados que se presentan en la tabla 5.8.

**Tabla 5.8.- Análisis del arroyo La Encantada a la altura de la PTAR de Ramos Arizpe para una muestra tomada el 13/7/2009**

Parámetro	Unidades	Concentración (1)
DQO	mg/L	423.4
SST	mg/L	60
SDT	mg/L	777
Sólidos totales	mg/L	837

(1) Los análisis se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.



El 18/4/12 se muestreó el agua del arroyo La Encantada, antes y después de la descarga de la planta tratadora de Ramos Arizpe (Fotos 5.3 y 5.4). Las tablas 5.9 y 5.10 presentan los resultados de los análisis correspondientes.



**Foto 5.3.- Cascada en arroyo La Encantada, antes de la planta tratadora de Ramos Arizpe**



**Foto 5.4.- Arroyo La Encantada, bajo puente en la autopista Monterrey-Saltillo, después de la planta tratadora de Ramos Arizpe**

**Tabla 5.9.- Análisis de agua del arroyo La Encantada, antes de la planta tratadora de Ramos Arizpe (Muestra tomada el 18/4/2012)**

Parámetro	Unidades	Concentración
Conductividad	μS/cm	2420 (1) / 2320 (2)
Temperatura	°C	24.7 (1)
pH	Unid. pH	8.92 (1) / 7.81 (2)
SDT	mg/L	1460 (1)
Oxígeno disuelto	mg/L	0.29 (1)
SST (2)	mg/L	60 (2)
SDT	mg/L	1460 (2)
Coliformes totales	(NMP/100 ml)	>240,000 (2)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	163 (2)
DQO	mg/L	297 (2)

(1) Análisis realizados en campo.

(2) Análisis realizados en el Laboratorio Químico de Patricia Portillo.

**Tabla 5.10.- Análisis de agua del arroyo La Encantada, después de la planta tratadora de Ramos Arizpe (Muestra tomada el 18/4/2012)**

Parámetro	Unidades	Concentración
Conductividad	μS/cm	2450 (1) / 2340 (2)
Temperatura	°C	24.5
pH	Unid. pH	7.98 (1) / 7.98 (2)
SDT	mg/L	1470 (2)
Oxígeno disuelto	mg/L	4.39 (1)
SST (2)	mg/L	50 (2)
SDT	mg/L	1470 (2)
Coliformes totales	(NMP/100 ml)	160,000 (2)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	105 (2)
DQO	mg/L	225 (2)

(1) Análisis realizados en campo.

(2) Análisis realizados en el Laboratorio Químico de Patricia Portillo.

## 5.7 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Mesón del Norte

El arroyo La Encantada, a la altura de Mesón del Norte no tiene mucha contaminación orgánica, pero sí un contenido de sales relativamente alto, como lo indican los análisis que se presentan en la tabla 5.11a.

**Tabla 5.11a.- Análisis del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 13/7/2009 a la altura de Mesón del Norte**

Parámetro	Unidades	Concentración (1)
DQO	mg/L	181.4
SST	mg/L	32
SDT	mg/L	726
Sólidos totales	mg/L	758

(1) Los análisis se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

El 26/3/12 se hizo un nuevo muestreo. La tabla 5.11b presenta los resultados de los análisis realizados.

**Tabla 5.11b.- Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura de Mesón del Norte**

Parámetro	Unidades	Concentración
pH	Unid. pH	7.79 (1)
Conductividad	μS/cm	2175 (1)
Sólidos totales	mg/L	1865 (1)
SST	mg/L	225 (1)
SDT	mg/L	1640 (1)
Grasas y aceites	mg/L	8.23 (1)
Alcalinidad al AM	mg/L	736 (1)
Alcalinidad a la FF	mg/L	0.0 (1)
<b>Metales pesados (2)</b>		
Arsénico	mg/L	<0.010
Cadmio	mg/L	<0.003
Cobre	mg/L	<0.005
Cromo	mg/L	<0.020
Mercurio	mg/L	<0.005
Níquel	mg/L	<0.032
Plomo	mg/L	<0.020
Zinc	mg/L	0.019

(1) Análisis realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

(2) Análisis realizados en el Laboratorio de Análisis Químico de Cinvestav- Ramos Arizpe.

## 5.8 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Zertuche

El 26/3/12 se hizo un muestreo del agua del arroyo a la altura del ejido Zertuche. En la tabla 5.12 se presentan los resultados de los análisis realizados a la muestra.

**Tabla 5.12.- Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura del ejido Zertuche**

Parámetro	Unidades	Concentración
pH	Unid. pH	8.73
Conductividad	μS/cm	2053
Sólidos totales	mg/L	1830
SST	mg/L	20
SDT	mg/L	1810
Grasas y aceites	mg/L	2.26
Alcalinidad al AM	mg/L	588.8
Alcalinidad a la FF	mg/L	0.0
Cianuros	mg/L	
<b>Metales pesados (2)</b>		
Arsénico	mg/L	<0.010
Cadmio	mg/L	<0.003
Cobre	mg/L	<0.005



Cromo	mg/L	<0.020
Mercurio	mg/L	<0.005
Níquel	mg/L	<0.032
Plomo	mg/L	<0.020
Zinc	mg/L	0.021

(1) Análisis realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

(2) Análisis realizados en el Laboratorio de Análisis Químico de Cinvestav- Ramos Arizpe.

## 5.9 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Higo

El 26/3/12 se hizo un muestreo del agua del arroyo a la altura del ejido Higo. La tabla 5.13 presenta los resultados de los análisis de calidad realizados.

**Tabla 5.13.- Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura del ejido Higo**

Parámetro	Unidades	Concentración
pH	Unid. pH	8.30
Conductividad	μS/cm	2090
Sólidos totales	mg/L	1865
SST	mg/L	275
SDT	mg/L	1590
Grasas y aceites	mg/L	4.95
Alcalinidad al AM	mg/L	690.0
Alcalinidad a la FF	mg/L	0.0
Cianuros	mg/L	
<b>Metales pesados (2)</b>		
Arsénico	mg/L	<0.010
Cadmio	mg/L	<0.003
Cobre	mg/L	<0.005
Cromo	mg/L	<0.020
Mercurio	mg/L	<0.005
Níquel	mg/L	<0.032
Plomo	mg/L	<0.020
Zinc	mg/L	0.251

(1) Análisis realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

(2) Análisis realizados en el Laboratorio de Análisis Químico de Cinvestav- Ramos Arizpe.

## 5.10 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Mesillas

El 26/3/12 se hizo un muestreo del agua del arroyo a la altura del ejido Mesillas. En la tabla 5.14 se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 5.14.- Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura del ejido Mesillas**

Parámetro	Unidades	Concentración
pH	Unid. pH	8.89
Conductividad	μS/cm	2607
Sólidos totales	mg/L	1825
SST	mg/L	10
SDT	mg/L	1815
Grasas y aceites	mg/L	1.46
Alcalinidad al AM	mg/L	280.6
Alcalinidad a la FF	mg/L	0.0
Cianuros	mg/L	
<b>Metales pesados (2)</b>		
Arsénico	mg/L	<0.010
Cadmio	mg/L	<0.003
Cobre	mg/L	<0.005
Cromo	mg/L	<0.020
Mercurio	mg/L	<0.005
Níquel	mg/L	<0.032
Plomo	mg/L	<0.020
Zinc	mg/L	0.019

(1) Análisis realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

(2) Análisis realizados en el Laboratorio de Análisis Químico de Cinvestav- Ramos Arizpe.

### 5.11 Arroyo La Encantada a la altura del ejido Paredón

El 26/3/12 se hizo un muestreo del agua del arroyo a la altura del ejido Paredón. La tabla 5.15 presenta los resultados de los análisis realizados.

**Tabla 5.15.- Análisis de agua del arroyo La Encantada para una muestra tomada el 26/3/2012 a la altura del ejido Paredón**

Parámetro	Unidades	Concentración
pH	Unid. pH	7.79
Conductividad	μS/cm	2175
Sólidos totales	mg/L	1865
SST	mg/L	225
SDT	mg/L	1640
Grasas y aceites	mg/L	8.23
Alcalinidad al AM	mg/L	736
Alcalinidad a la FF	mg/L	0.0
Cianuros	mg/L	

Parámetro	Unidades	Concentración
<b>Metales pesados (2)</b>		
Arsénico	mg/L	<0.010
Cadmio	mg/L	<0.003
Cobre	mg/L	<0.005
Cromo	mg/L	<0.020
Mercurio	mg/L	<0.005
Níquel	mg/L	<0.032
Plomo	mg/L	<0.020
Zinc	mg/L	0.119

(1) Análisis realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.

(2) Análisis realizados en el Laboratorio de Análisis Químico de Cinvestav- Ramos Arizpe.

### 5.12 Apariencia de muestras de agua del arroyo la Encantada tomadas en diferentes puntos a lo largo de su trayectoria

La foto 5.1 muestra la diferencia aparente entre agua normal de la llave (derecha) y una muestra del agua del arroyo La Encantada (izquierda), tomada a la altura del ejido Mesón del Norte el día 13/7/09.

La foto 5.2 permite comparar el color y la transparencia de una muestra de agua de la llave (derecha) con cinco muestras del arroyo La Encantada –tomadas el 26 de marzo de 2012- a la altura de los ejidos Paredón, Mesillas, Higo, Zertuche, y Mesón del Norte.



**Foto 5.5.- Muestra de agua del arroyo La Encantada –tomada el 13 de julio de 2009- a la altura de Mesón del Norte (izquierda), y de un agua normal de la llave (derecha)**





**Foto 5.6.- Muestras de agua del arroyo La Encantada –tomadas el 26 marzo de 2012- a la altura de los ejidos Paredón, Mesillas, Higo, Zertuche, y Mesón del Norte.**

## 6. CALIDAD DEL AGUA DEL ARROYO LA ENCANTADA

### 6.1 Cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales”.

Básicamente, las descargas de agua al arroyo La Encantada deben cumplir con los límites indicados en las seis columnas que aparecen bajo el título “RÍOS” en la tablas 6.1a y 6.1b (tomadas de la tabla 1 de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, y el agua del arroyo que se usa directamente para riego agrícola debe cumplir con los que se presentan en las dos columnas bajo el título “SUELO”.

Para riego agrícola directo (aplicación al suelo), la norma NOM-001 sólo exige el cumplimiento con los límites para Grasas y Aceites (15 mg/L para el promedio mensual y 25 m/L para el promedio diario); materia flotante (ausente), cianuros y metales pesados, que se presentan en las tablas 6.1a y 6.1b para “SUELO”. Pero si el agua residual se descarga a un arroyo, el cual se utiliza posteriormente para riego agrícola, debe cumplir con los límites que se indican en las dos columnas bajo el título “Uso en riego agrícola”.

**Tabla 6.1a.- Límites Máximos Permisibles de Contaminantes establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 para descarga en ríos o al suelo**

PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS						SUELO	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (A)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura, °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	N.A.	N.A.
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables (m/l)	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	N.A.	N.A.
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>5</sup>	150	200	75	150	30	60	N.A.	N.A.
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	N.A.	N.A.

*P.D. =Promedio Diario*

*P.M. = Promedio mensual;*

*N.A. = No es aplicable*

*(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos*

*(1) Instantáneo*

*(2) Muestra Simple Promedio Ponderado*

*(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006*

**Tabla 6.1b.- Límites Máximos Permisibles para Contaminantes Básicos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 para descarga en ríos o al suelo**

PARAMETROS (*) (miligramos por litro)	RIOS						SUELO	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (A)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5	0.1
Cianuro	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	5	10
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20

(\*) Medidos de manera total.

P.D. = Promedio Diario

P.M. = Promedio Mensual

N.A. = No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

Además:

- El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.
- Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 mL para el promedio mensual y diario, respectivamente.
- Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

**Tabla 6.2.- Comparación de los análisis de agua de los canales de riego de los diferentes ejidos que usan agua del arroyo La Encantada, con los límites de la NOM-001.**

PARAMETROS (miligramos por litro, excepto para pH y cond.)	Límites - SUELO Uso en riego agrícola (A)		Análisis de agua de canales de riego de los diferentes ejidos que usan agua del arroyo La Encantada				
	P.M.	P.M.	Paredón	Mesillas	Higo	Zertuche	Mesón del Norte
(1)							
pH	5-10	5-10	7.79	8.89	8.30	8.73	7.79
Conductividad	N.A.	N.A.	2175	2607	2090	2053	2175
Sólidos totales	N.A.	N.A.	1865	1825	1865	1830	1865
SST			225	10	275	20	225
SDT			1640	1815	1590	1810	1640
Grasas y Aceites	15	25	8.23	1.46	4.95	2.26	8.23
Alcalinid. AM	N.A.	N.A.	736	280.6	690.0	588.8	736
Alcalinid. FF	N.A.	N.A.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Metales pesados (2)</b>							
Arsénico	0.1	0.2	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cadmio	0.1	0.2	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Cobre	4.0	6.0	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cromo	0.5	1.0	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Mercurio	0.005	0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Níquel	2	4	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032
Plomo	0.2	0.4	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Zinc	10	20	0.119	0.019	0.251	0.021	0.019
Colif. fecales	1,000	2,000	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
Huevos de helminto	1/5 (4)	1/5 (4)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)

- (1) Análisis realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de COMIMSA.
- (2) Análisis realizados en el Laboratorio de Análisis Químico de Cinvestav- Ramos Arizpe.
- (3) No fue posible obtener estos resultados por problemas técnicos. Se recomienda repetir el muestreo en la segunda etapa, ya que concentraciones altas de estos parámetros podrían afectar la salud de las personas y animales que entren en contacto con el agua.
- (4) Un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y cinco huevos por litro para riego restringido

De la tabla anterior resulta evidente que:

- La calidad del agua del arroyo La Encantada varía a lo largo del mismo. En especial, se observan los siguientes cambios en la dirección del flujo:
  - La conductividad y el contenido de SDT aumentan, en especial a la altura del arroyo Mesillas.
  - Los SST y la turbiedad disminuyen. El agua, que se ve muy turbia a la altura de Mesón del Norte, se va aclarando a medida que el agua fluye, y es bastante clara a la altura de Paredón.
- Ninguno de los metales pesados sobrepasa los límites de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, en ninguno de los puntos del arroyo.



**6.2 Cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.**

La NOM-001-SEMARNAT-1996 exige que el agua de reúso cumpla con los límites que se presentan en las tablas 6.3, dependiendo del contacto que pueda tener el público con este tipo de agua.

**Tabla 6.3  
Límites Máximos Permisibles de Contaminantes establecidos en la NOM-003**

TIPOS DE REUSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes fecales NMP/100 mL	Huevos de Helminto (h/L)	Grasas y aceites m/L	DBO <sub>5</sub> mg/L	SST mg/L
Servicios al público con contacto directo	240	≤ 1	15	20	20
Servicios al público con contacto indirecto u ocasional	1,000	≤ 5	15	30	30

Además:

- La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada.
- La NOM-003 no menciona el rango permisible de pH.
- El agua residual tratada reusada en servicios al público, no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.
- Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que reúsen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas en los términos de la presente Norma Oficial Mexicana y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente.

**Tabla 6.4.- Comparación de los análisis de agua de canales de riego de los diferentes ejidos que usan agua del arroyo La Encantada, con los límites de la NOM-003-SEMARNAT-1997.**

PARAMETROS (*) (miligramos por litro)	Servicios al Público con Contacto Directo	Servicios al Público con Contacto Indirecto u Ocasional	Análisis de agua de canales de riego de los diferentes ejidos que usan agua del arroyo La Encantada				
			Pa-redón	Me-sillas	Higo	Zer-tuche	Mesón del Norte
pH			8.49	8.89	8.30	8.73	7.79
Conductividad	N.A.	N.A.	3190	2607	2090	2053	2175
Sólidos totales	N.A.	N.A.	3250	1825	1865	1830	1865
SST (1)	20	30	20	10	275	20	225
SDT	N.A.	N.A.	3230	1815	1590	1810	1640
Grasas y Aceites	15	15	3.0	1.46	4.95	2.26	8.23
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	240	1,000	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Huevos de helminto (h/l)	≤ 1	≤ 5	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
DBO <sub>5</sub>	20	30	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Alcalinidad AM	-	-	349.6	280.6	690.0	588.8	736
Alcalinidad FF	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(1) Los valores de SST que se marcan en rojo son demasiado altos. Se recomienda repetir el muestreo y análisis.

(2) No fue posible obtener estos resultados, debido a problemas técnicos. Se recomienda repetir el muestreo en la segunda etapa, en especial los coliformes y los huevos de helminto, ya que concentraciones altas de estos parámetros podrían afectar la salud de las personas y animales que entren en contacto con el agua.

De la tabla anterior resulta evidente que sólo las concentraciones de sólidos suspendidos a la altura de los ejidos Higo y Mesón del Norte sobrepasan los límites de la norma NOM-003-SEMARNAT-1997. Sería conveniente repetir el muestreo, tratando de encontrar puntos donde el agua de los canales esté menos revuelta.

Los límites para metales pesados de la NOM-003 son iguales a los de la NOM-001 para descarga a ríos que se usan para riego. Los análisis que se presentan en la tabla 6.2, y los comentarios correspondientes también aplican en este caso.

## 7. CONCLUSIONES

- Al arroyo La Encantada, durante su recorrido por las zonas urbanas de los municipios de Saltillo y Ramos Arizpe, descargan: a) las aguas residuales municipales tratadas de los dos municipios; b) las aguas residuales de varios fraccionamientos cuyos drenajes no están todavía conectados a los colectores que llegan a las plantas tratadoras; y c) las aguas residuales industriales y/o sanitarias –total o parcialmente tratadas, o sin tratamiento alguno- de algunas empresas localizadas en zonas cercanas a los márgenes del arroyo.
- La calidad del agua del arroyo La Encantada varía a lo largo del mismo. Análisis realizados a muestras tomadas en varios puntos del arroyo (Fig. 7.1 y tabla 7.11) nos permiten concluir que (continúa después de la tabla 7.1):

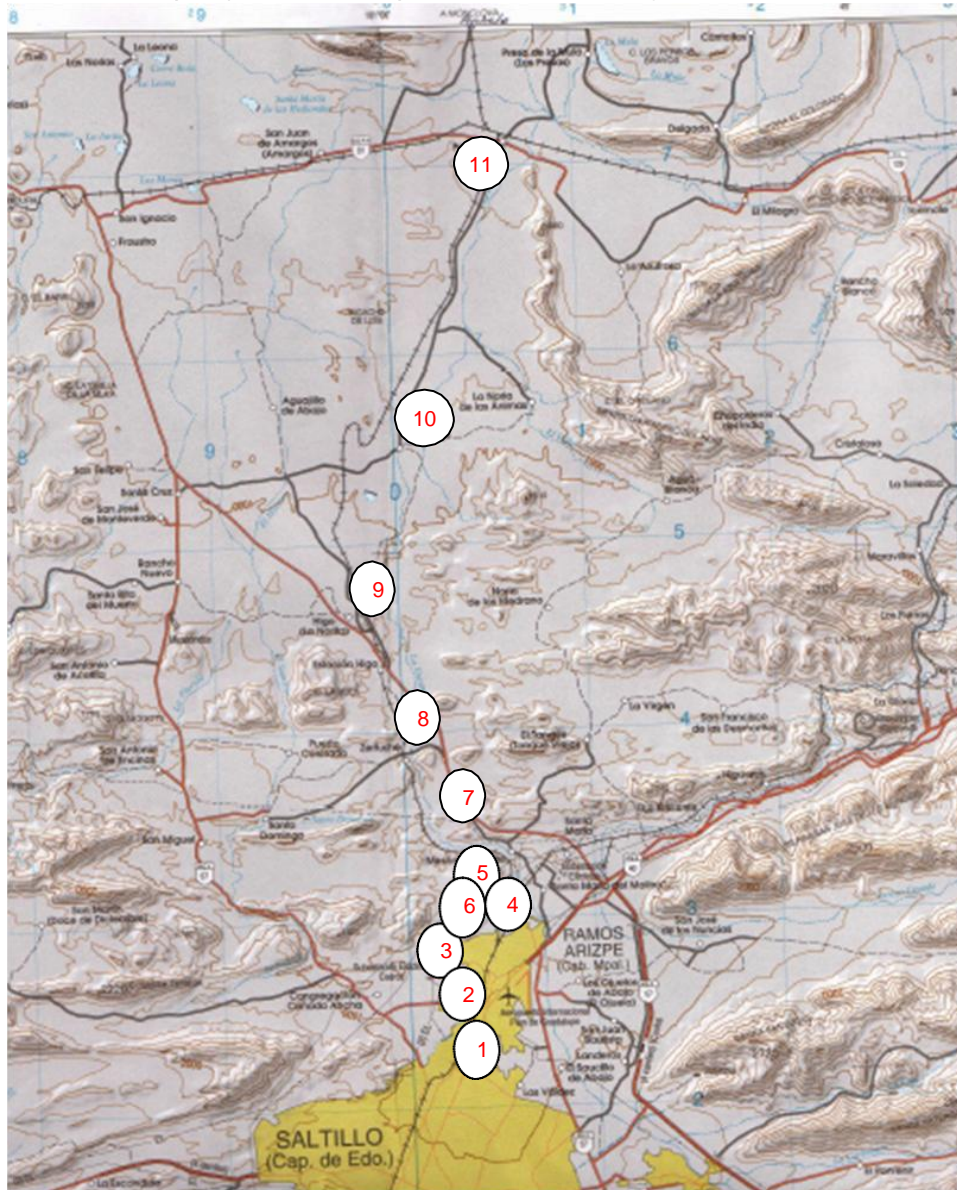


Fig. 7.1.-Puntos muestreados a lo largo del arroyo La Encantada.

**Tabla 7.1.- Puntos muestreados a lo largo del arroyo La Encantada y valores correspondientes de coliformes fecales, huevos de helminto, DBO<sub>5</sub>, SST, G&A, cianuros y metales pesados.**

PARAMETROS (*) (miligramos por litro)	Arroyo El Pueblo (Puente Carr. vieja Moncl.	La Enc. Puente Los Pinos (1)	La Enc. antes de la PTAR de RA	La Enc. desp. de la PTAR de RA	Análisis de agua de canales de riego de los diferentes ejidos que usan agua del arroyo La Encantada				
					Mesón del Norte	Zer-tuche	Higo	Me-sillas	Pa-redón
pH	7.92	8.06	7.81	7.98	7.79	8.73	8.3	8.89	8.49
Conductividad	1893	1771	2320	2340	2175	2053	2090	2607	3190
Sólidos totales	1196	964	1520	1520	1865	1830	1865	1825	3250
SST (2)	47	21	60	50	225	20	275	10	20
SDT	1149	943	1460	1470	1640	1810	1590	1815	3230
Grasas y Aceites	-	-	-	-	8.23	2.26	4.95	1.46	3.00
Coliformes totales (NMP/100 ml)	>240000	230	>240000	160000	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
Huevos de helminto (h/l)	-	-	-	-	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
DBO <sub>5</sub>	163	77	163	105	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
DQO	261	117	297	225					
Alcalinidad AM	-	-	-	-	736	588.8	690	280.6	349.6
Alcalinidad FF	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Metales pesados	-	-	-	-	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)

- (1) En el lugar en que se tomó esta muestra, se recibe una mezcla de las aguas residuales del arroyo El Pueblo, más la descarga de la PTAR Principal de Saltillo, más otras aguas residuales que recibe el arroyo La Encantada aguas arriba.
- (2) Los valores de SST que se marcan en rojo son demasiado altos. Se recomienda repetir el muestreo y análisis.
- (3) No fue posible obtener estos resultados, debido a un problema en el laboratorio. Se recomienda repetir el muestreo en la segunda etapa del proyecto de "Reúso Integral de ARMT de SRAyA, en especial los coliformes y los huevos de helminto, ya que concentraciones altas de estos parámetros podrían afectar la salud de las personas y animales que entren en contacto con el agua
- (4) Todas las concentraciones de metales pesados estuvieron dentro de los límites de las normas NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997.

- De la tabla 7.1 resulta evidente que la calidad del agua del arroyo La Encantada varía a lo largo del mismo. En especial, se observan los siguientes cambios en la dirección del flujo:
  - La conductividad y el contenido de SDT aumentan, en especial a la altura del arroyo en Mesillas.
  - Los SST y la turbiedad disminuyen. El agua, que se ve muy turbia a la altura de Mesón del Norte, se va aclarando a medida que el agua fluye, y es bastante clara a la altura de Paredón.
  - Los metales pesados estuvieron dentro de límites en todos los puntos muestreados.
  - El arroyo El Pueblo tiene un contenido alto de coliformes totales, lo mismo el arroyo La Encantada antes y después de la PTAR de Ramos Arizpe. Se recomienda realizar más mediciones de este parámetro, ya que posiblemente los ejidatorios del norte de Ramos Arizpe estén recibiendo agua contaminada con coliformes, que dan de beber a sus animales, y con la que ellos entran en contacto directo.



- Desde hace muchos años (Las accesiones correspondientes para el ejido Mesón del Norte y la Hacienda Santa María datan de 1942, casi 70 años), los agricultores de la Hacienda Santa María y los ejidos Mesón del Norte, Zertuche, Higo y Mesillas han estado usando aguas del arroyo La Encantada, el cual hasta el año 2008 estuvo recibiendo la totalidad de las aguas residuales municipales de Saltillo y Ramos Arizpe sin tratamiento alguno. El uso agrícola en los ejidos Paredón y San Francisco Paredón es mucho más reciente, dado que estos ejidos sólo empezaron a recibir aguas del arroyo en forma permanente a partir de los años noventas, a medida que fueron creciendo las poblaciones de Saltillo y Ramos Arizpe, y la descarga de sus aguas residuales al arroyo La Encantada.
- En 2008 empezaron a operar las tres plantas tratadoras de aguas residuales municipales de las dos ciudades (Principal y Gran Bosque Urbano en Saltillo y la de Ramos Arizpe). La calidad de agua del arroyo mejoró sensiblemente, pero aunque actualmente cumple con los límites de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 para riego agrícola, no lo hace con los establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997 para reúso en servicios al público.
- Gran parte del agua que conduce el arroyo La Encantada se pierde por evaporación o infiltración en el trayecto de 70 kms. aproximadamente que mide el tramo comprendido entre el sitio donde se ubica la Planta Tratadora Principal de Saltillo y el ejido Paredón; y en los canales de riego de los ejidos. Además, el riego se hace por aniego (inundando los terrenos), lo cual es un método poco eficiente de uso de agua. La forma en que se conduce y distribuye el agua del arroyo no es la mejor para su utilización sustentable.
- Los gastos estimados en los canales de riego de los ejidos Mesón del Norte, Zertuche, Higo, Mesillas y Paredón, sobre la base de mediciones de ancho y profundidad del canal, velocidad superficial del agua (promedio de 4 mediciones), y coeficiente para canales de tierra (0.7), se indican en la tabla 7.2. Es necesario tener en cuenta que llovió en los días previos al aforo, aunque no en forma muy intensa, lo que pudo dar lugar a un flujo mayor al que se tiene en época de secas.

**Tabla 7.2.- Gastos estimados en los canales de riego de los ejidos Mesón del Norte, Zertuche, Higo, Mesillas y Paredón**

Ejido	Mediciones de campo			Coef. canal de tierra	Gasto calculado (Lps)
	Ancho (cm)	Tirante (cm)	Veloc. (cm/s)		
Mesón del Norte	100	12	132	0.7	111
Zertuche	180	19	84	0.7	202
Higo	170	43	89	0.7	454
Mesillas	170	11	58	0.7	76
Paredón	90	8	38	0.7	19
<b>Gasto total estimado</b>					<b>863</b>

Se recomienda repetir los aforos en época de secas, ya que es difícil estimar qué porcentaje de los gastos anteriores se deben al aporte de las lluvias. Para tener una referencia de la gran variación que puede haber en el flujo del en el arroyo La Encantada, es suficiente mencionar el caudal máximo que se ha estimado en Ramos Arizpe (780 m<sup>3</sup>/s aproximadamente), es decir casi 800 veces más de lo que lleva en épocas de secas. En comparación con el flujo máximo, el caudal en época de secas (constituido por las aguas residuales de Saltillo y Ramos Arizpe) es despreciable.

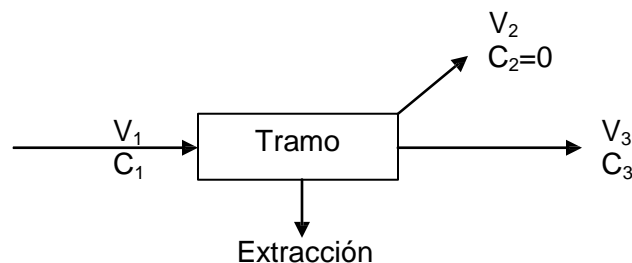
- La evaporación calculada en el arroyo (teniendo en cuenta una longitud aproximada de 50 kilómetros, un ancho promedio de 20 metros) y una evaporación promedio de 4.4 mm/día (1600 mm/año) es de 2,200 m<sup>3</sup> /día = 50 Lps. A esta evaporación hay que agregar la que se produce en los canales de riego (tabla 7.3), y el agua que se infiltra al suelo. Se estima que las pérdidas totales por evaporación e infiltración no pasan de 100 Lps.

**Tabla 7.3.- Evaporación estimada en los canales de riego de los ejidos Mesón del Norte, Zertuche, Higo, Mesillas y Paredón**

Ejido	Mediciones de campo		Área del canal (m <sup>2</sup> )	Evap. anual (mm)	Evap. diaria (mm prom.)	Evap. calculada (Lps)
	Ancho (m)	Long. (m)				
Mesón del Norte	1	2,910	2,910	2200	6.03	0.20
Zertuche	1.8	890	1,602	2200	6.03	0.11
Higo	1.7	12,400	21,080	2200	6.03	1.47
Mesillas 1	1.7	3,480	5,916	2200	6.03	0.41
Mesillas 2	1.7	6,210	10,557	2200	6.03	0.74
Paredón 1	0.9	8,260	7,434	2200	6.03	0.52
Paredón 2	0.9	7,140	6,426	2200	6.03	0.45
<b>Evaporación total estimada</b>						<b>3.90</b>

De acuerdo a la tabla anterior, la evaporación en los canales de riego no es significativa. Las pérdidas por infiltración podrían ser mayores, pero la única forma de determinar las pérdidas combinadas por evaporación e infiltración es mediante aforos a la entrada y salida de los canales de riego.

- Una forma de comprobar las pérdidas por evaporación es mediante cálculos sobre la base de la concentración de sólidos disueltos totales, o de algún ion o sal. La tabla 7.4 presenta los resultados obtenidos.



**Tabla 7.4.- Evaporación estimada en el arroyo La Encantada sobre la base de los cambios en la concentración de sólidos disueltos totales (1)**

Tramo	C (SDT)	V <sub>1</sub>	Extracción	F <sub>1</sub> = (C <sub>3</sub> -C <sub>1</sub> )/C <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> = V <sub>1</sub> *F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> = C <sub>1</sub> /C <sub>3</sub>	V <sub>3</sub> = V <sub>1</sub> *F <sub>2</sub>
Mesón del Norte-Higo	1640	1100	400	0.10	106	0.90	994
Higo-Mesillas	1815	594	300	0.44	260	0.56	334
Mesillas-Paredón	3230	34					
Totales	-	-	700	-	366	-	-

(1) Los flujos están en Lps.

- En todo caso, la mejor forma de determinar estas pérdidas es mediante aforos del caudal del arroyo, lo cual constituye una de las actividades previstas para la segunda etapa del proyecto "Reúso Integral de las Aguas Residuales Tratadas de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga".
- Los ejidatarios del norte de Ramos Arizpe utilizan agua del arroyo principalmente para riego de forrajes que sirven de alimento a sus pequeños rebaños. Despojarlos de dicha agua podría crear un problema social.
- Actualmente sólo el Mpio. de Saltillo reúsa parte del agua que se trata en la planta del Gran Bosque Urbano y una cantidad mínima (10 Lps) de la planta tratadora Principal. Tanto Saltillo como Ramos Arizpe tienen en la actualidad compromisos y/o planes para comercializar una parte importante del efluente de sus plantas tratadoras (150 Lps en Saltillo y 40 Lps en Ramos Arizpe). Cuando esto se materialice, se reducirá en una porción equivalente el caudal que conduce el arroyo La Encantada en época de secas, lo cual podría afectar en forma significativa a los ejidatarios al norte de Ramos Arizpe.
- Existen otros usos (industriales y urbanos principalmente) para el agua residual tratada, tal vez más sustentables, en el sentido de que las pérdidas por evaporación e infiltración que actualmente se tienen en el arroyo se reducirían apreciablemente, ya que el agua iría entubada desde las plantas tratadoras hasta los usuarios finales, por ejemplo las industrias o los parques y jardines urbanos.

## 8. RECOMENDACIONES

Sobre la base del estudio presentado en el presente documento, se recomienda:

- Conectar todas las descargas de los fraccionamientos de Saltillo y Ramos Arizpe, que en la actualidad se descargan al arroyo La Encantada sin tratamiento alguno, a los colectores que alimentan a las plantas tratadoras de aguas residuales de las dos ciudades. Estas plantas tienen todavía bastante capacidad disponible, en especial la Principal de Saltillo.
- Exigir a las industrias y parques industriales que den debido tratamiento a sus aguas residuales.
- Establecer un reglamento para el reúso de aguas residuales municipales tratadas.
- No se puede seguir considerando el manejo del agua residual, similar al manejo del agua de primer uso en zonas de riego, por los riesgos que están latentes en este uso y por el acondicionamiento del agua y suelo que se realiza. La creación de un “Distrito de Riego con Aguas Residuales” (DIRAR), que comprenda todos los usuarios de las aguas del arroyo La Encantada, podría permitir eficientar el uso del agua y tener un mejor control sanitario de su utilización agrícola y pecuaria.
- Plantear alternativas que permitan asegurar la subsistencia de los ejidatarios al norte de Ramos Arizpe que actualmente utilizan agua del arroyo La Encantada, no sólo cuando se dé el reúso actualmente comprometido y/o planeado en las dos ciudades, sino también para el caso en que consideren otras posibilidades de reúso en las áreas urbanas.
- Realizar aforos del arroyo La Encantada en diferentes puntos en el tramo comprendido entre los ejidos Mesón del Norte y Paredón, en época de secas.
- Realizar aforos de los canales de riego de los ejidos Mesón del Norte, Zertuche, Higo, Mesillas, San Rafael y Paredón, en época de secas.
- Llevar a cabo un estudio-socio-económico de los ejidos que utilizan agua del arroyo La Encantada, para determinar sus necesidades reales de agua de riego, y buscar alternativas de medios de vida para los ejidatarios, en caso de que se reduzca el caudal disponible de agua del arroyo.
- Los estudios que se lleven a cabo deben considerar la forma en que se compensaría la reducción del caudal de agua de que actualmente disponen los ejidatarios. Para ello se propone tomar en cuenta las siguientes sugerencias:
  - a) Las industrias y usuarios urbanos (p.ej. fraccionamientos) reducirían su extracción de agua de pozo al usar aguas residuales municipales tratadas, por lo que no requerirían de la totalidad de los derechos que tienen actualmente. Se podría intercambiar -a los ejidatarios que requieran de agua para riego de forrajes- agua del arroyo por agua de pozo. Esto implicaría dotarlos de los derechos de extracción



correspondientes. Sin embargo, hay que tener en cuenta que es difícil la transmisión de derechos de un acuífero a otro.

- b) Las pérdidas por evaporación e infiltración que actualmente se dan en el arroyo La Encantada podrían reducirse mediante el recubrimiento de los canales de riego, o – lo que sería mejor desde el punto de vista del aprovechamiento del agua, pero mucho más costoso- la construcción de una tubería para conducir el agua a los ejidos;
  - c) Se debe considerar la implementación de métodos más eficientes para aplicar el agua a los campos de cultivo; y/o
  - d) Buscar otras actividades en que pudieran ocuparse los ejidatarios, que les permitan obtener ingresos para comprar los forrajes que actualmente consumen sus pequeños rebaños.
- La componente ambiental del reúso de aguas residuales tratadas es tema del Anexo G “Uso Urbano, Ambiental y Recreativo de las Aguas Residuales Tratadas en las Plantas Municipales Principal y Gran Bosque Urbano de Saltillo y la de Ramos Arizpe”.

## 9. REFERENCIAS

- Determinación de la disponibilidad del agua en el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica; Abril del 2002.
- Reportes de varios análisis del efluente de las PTAR's de Saltillo y Ramos Arizpe realizados por el laboratorio PECEI de Monterrey.
- Reporte del Depto. de Ingeniería Ambiental de COMIMSA para varias muestras tomadas en el arroyo La Encantada y las PTAR Principal de Saltillo y la de Ramos Arizpe (Análisis realizados por Odette Gutiérrez, revisados por Raúl Herrera).
- Manifiesto de Impacto Ambiental de la Empresa DeAcero del Norte.
- Universidad Autónoma de Nuevo León (Mayo del 2004), Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica, "Análisis Hidrológico – Hidráulico y Delimitación Federal del Arroyo La Encantada a la Altura de la PTARM Principal en el Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila".
- Comisión Nacional del Agua (Marzo de 2010), "Manual para el Manejo de Zonas de Riego con Aguas Residuales".
- CIMMYT (Centro Internacional para Mejoramiento de Maíz y Trigo), "Aguas negras: surge una revolución agrícola en México", consultado en [http://www.agropanorama.com/news/2012/03\\_Marzo/01\\_05a109/03\\_agricultura\\_CIMMYT\\_2011\\_Nota04\\_Aguas-negras-surge-una-revolucion-agricola-en-Mexico.htm](http://www.agropanorama.com/news/2012/03_Marzo/01_05a109/03_agricultura_CIMMYT_2011_Nota04_Aguas-negras-surge-una-revolucion-agricola-en-Mexico.htm) el 17 de abril de 2012.
- Silva, Jorge; Torres, Patricia; Madera, Carlos (2008), "Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión", *Agronomía Colombiana*, vol. 26, núm. 2, 2008, pp. 347-359, Universidad Nacional de Colombia.
- Jesús Jiménez, Vanguardia (2005), "Inquieta a campesinos construcción de tratadora", consultado en <http://www.pa.gob.mx/Noticias/2005/abril/042205.htm> el 10 de abril de 2012.
- Rascón Alvarado, Emilio; Peña Cervantes, Edmundo; López Cervantes, Rubén; Cantú Sifuentes, Mario; Narro Farías, Eduardo Alberto (2008), "Impacto en Algunas Propiedades Físicas del Suelo por Aplicación de Aguas Residuales", *TERRA Latinoamericana*, Vol. 26, Núm. 1, enero-marzo, 2008, pp. 69-74, Universidad Autónoma Chapingo, México, Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57311561009>.